



CK.0000074086

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

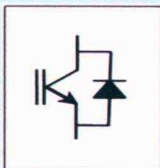
NGÔ ĐỨC MINH, LÊ TIÊN PHONG

# NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

## BỘ BIẾN ĐỔI



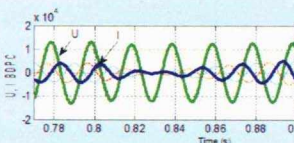
AC/DC  
DC/DC



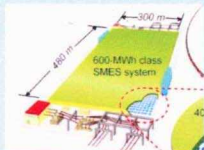
DC/AC



DC/DC



## LƯU TRỮ ĐIỆN NĂNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

NGÔ ĐỨC MINH, LÊ TIÊN PHONG

NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO  
**TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
NĂM 2016

**MÃ SỐ:**  $\frac{01 - 32}{\text{ĐHTN} - 2016}$

# MỤC LỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

## CHƯƠNG 1. KIẾN THỨC NỀN TẢNG

|  |    |
|--|----|
| 1.1. VẤN ĐỀ PHÁT VÀ TIÊU THỤ ĐIỆN NĂNG .....                       | 9  |
| 1.1.1. Mạng điện một chiều .....                                   | 9  |
| 1.1.2. Mạng điện xoay chiều .....                                  | 10 |
| 1.2. CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN .....                           | 11 |
| 1.3. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT VÀ TẦN SỐ .....                          | 12 |
| 1.4. CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN .....                       | 13 |
| 1.5. BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT .....                           | 14 |
| 1.5.1. Giới thiệu .....  | 14 |
| 1.5.2. Vai trò của các bộ biến đổi .....                           | 15 |
| 1.5.3. Các phần tử chuyển mạch cơ bản dùng trong bộ biến đổi ..... | 15 |
| 1.5.4. Một số bộ biến đổi AC/DC .....                              | 21 |
| 1.5.5. Một số bộ biến đổi DC/DC .....                              | 27 |

## CHƯƠNG 2. HỆ THỐNG ĐIỆN PIN MẶT TRỜI

|   |    |
|---|----|
| 2.1. TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI .....                               | 37 |
| 2.1.1. Quang phổ mặt trời .....   | 37 |
| 2.1.2. Quỹ đạo của trái đất .....   | 41 |
| 2.1.3. Góc độ cao của mặt trời lúc buổi trưa .....                        | 42 |
| 2.1.4. Vị trí mặt trời tại các thời điểm trong ngày .....                 | 46 |
| 2.1.5. Bức xạ mặt trời .....  | 48 |
| 2.1.6. Tổng bức xạ trên bề mặt bộ thu trong ngày khô ráo, không mây ..... | 50 |
| 2.2. CÔNG NGHỆ KHAI THÁC NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI .....                        | 55 |
| 2.2.1. Gia nhiệt nước nóng .....  | 56 |
| 2.2.2. Sưởi ấm, làm mát và thông gió .....                                | 56 |
| 2.2.3. Gia nhiệt xử lý nước .....   | 57 |
| 2.2.4. Gia nhiệt đun nấu, sấy khô, khử trùng .....                        | 58 |
| 2.2.5. Gia nhiệt xúc tác cho phản ứng hóa học .....                       | 59 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.2.6. Điện mặt trời .....  | 59  |
| 2.3. PIN MẶT TRỜI.....  | 63  |
| 2.3.1. Cơ sở vật lý bán dẫn.....  | 63  |
| 2.3.2. Khoảng trống năng lượng.....                                       | 64  |
| 2.3.3. Quang phổ mặt trời tác động đến PV cell .....                      | 67  |
| 2.3.4. Cấu trúc vật lý của PV cell .....                                  | 68  |
| 2.3.5. Sơ đồ mạch điện tương đương của một PV cell.....                   | 71  |
| 2.3.6. Chế độ làm việc nguồn bị che khuất một phần .....                  | 72  |
| 2.3.7. Ghép nối các PV cell.....  | 73  |
| 2.3.8. Đặc tính V-I của nguồn PV trong điều kiện tiêu chuẩn .....         | 77  |
| 2.3.9. Ảnh hưởng của nhiệt độ và cường độ ánh sáng đến đặc tính V-I ..... | 79  |
| 2.3.10. Phương pháp xác định điểm công suất cực đại .....                 | 80  |
| 2.4. MÔ HÌNH KHAI THÁC NGUỒN PV TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN .....                 | 93  |
| 2.4.1. Kết nối trực tiếp nguồn PV với phụ tải điện.....                   | 93  |
| 2.4.2. Nguồn PV trong mạng điện độc lập với lưới điện.....                | 95  |
| 2.4.3. Nguồn PV kết nối lưới .....  | 100 |
| <b>CHƯƠNG 3. HỆ THỐNG ĐIỆN GIÓ</b>  |     |
| 3.1. SỰ PHÁT TRIỂN NGUỒN ĐIỆN GIÓ .....                                   | 102 |
| 3.2. CÔNG SUẤT GIÓ.....   | 104 |
| 3.2.1. Công suất gió sơ bộ .....  | 104 |
| 3.2.2. Hiệu chỉnh mật độ không khí theo nhiệt độ .....                    | 106 |
| 3.2.3. Hiệu chỉnh mật độ không khí theo độ cao.....                       | 107 |
| 3.2.4. Ảnh hưởng của độ cao thấp (cột) tới vận tốc gió .....              | 109 |
| 3.3. TURBINE GIÓ .....  | 112 |
| 3.3.1. Phân loại turbine.....   | 112 |
| 3.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng làm việc của turbine gió.....    | 116 |
| 3.3.3. Điều khiển mức năng lượng tối ưu cho turbine gió.....              | 118 |
| 3.4. MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ .....  | 124 |
| 3.4.1. Các máy phát đồng bộ.....  | 124 |
| 3.4.2. Máy phát không đồng bộ.....  | 126 |
| 3.5. KỸ THUẬT KHAI THÁC ĐIỆN NĂNG TỪ MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ.....               | 133 |
| 3.5.1. Máy phát đồng bộ.....  | 134 |



|   |     |
|---|-----|
| 3.5.2. Máy phát điện không đồng bộ.....                           | 134 |
| 3.6. MỘT SỐ ỨNG DỤNG NGUỒN ĐIỆN GIÓ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN..         | 136 |
| 3.6.1. Hệ thống cô lập cỡ nhỏ.....                                | 136 |
| 3.6.2. Hệ thống kết nối lưới cỡ nhỏ.....                          | 137 |
| 3.6.3. Cảnh đồng điện gió .....                                   | 138 |
| 3.7. CÁC ĐẶC ĐIỂM CỦA NGUỒN ĐIỆN GIÓ .....                        | 142 |
| 3.7.1. Thông số định mức.....                                     | 142 |
| 3.7.2. Công suất lớn nhất cho phép .....                          | 142 |
| 3.7.3. Công suất đo được lớn nhất.....                            | 142 |
| 3.7.4. Công suất phản kháng .....                                 | 142 |
| 3.7.5. Hệ số chập chòn .....                                      | 143 |
| 3.7.6. Số lần chuyển đổi chế độ vận hành tối đa .....             | 143 |
| 3.7.7. Hệ số thay đổi điện áp.....                                | 144 |
| 3.7.8. Sóng hài.....  | 144 |
| 3.7.9. Khả năng dự báo điện gió.....                              | 144 |
| 3.8. VẬN HÀNH NGUỒN ĐIỆN GIÓ KHI LƯỚI CÓ SỰ CỐ .....              | 145 |
| 3.8.1. Yêu cầu chung.....   | 145 |
| 3.8.2. Bảo vệ máy phát điện gió đồng bộ khi lưới có sự cố .....   | 147 |
| 3.8.3. Bảo vệ máy phát điện không đồng bộ khi lưới có sự cố ..... | 148 |
| <b>CHƯƠNG 4. THỦY ĐIỆN NHỎ</b>                                    |     |
| 4.1. THỦY NĂNG VÀ CÔNG NGHỆ KHAI THÁC .....                       | 150 |
| 4.2. NGUỒN THỦY ĐIỆN NHỎ .....                                    | 151 |
| 4.2.1. Điện thủy triều.....                                       | 154 |
| 4.2.2. Thủy điện hải lưu .....                                    | 157 |
| 4.2.3. Thủy điện sóng biển.....                                   | 159 |
| 4.2.4. Thủy điện dòng suối.....                                   | 162 |
| 4.2.5. Thủy điện nhỏ kiểu kênh dẫn .....                          | 165 |
| 4.3. CẤU TRÚC MẠNG ĐIỆN KHAI THÁC NGUỒN THỦY ĐIỆN NHỎ .....       | 173 |
| <b>CHƯƠNG 5. MỘT SỐ DẠNG NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO KHÁC</b>              |     |
| 5.1. NĂNG LƯỢNG ĐỊA NHIỆT .....                                   | 176 |
| 5.1.1. Giới thiệu chung.....                                      | 176 |
| 5.1.2. Các dạng năng lượng địa nhiệt.....                         | 177 |

|  |            |
|--|------------|
| 5.1.3. Công nghệ khai thác năng lượng địa nhiệt..... | 180        |
| 5.1.4. Tiềm năng địa nhiệt.....                      | 187        |
| 5.1.5. Tác động môi trường.....                      | 189        |
| <b>5.2. NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI.....</b>                | <b>191</b> |
| 5.2.1. Giới thiệu chung.....                         | 191        |
| 5.2.2. Nguồn gốc biomass.....                        | 193        |
| 5.2.3. Công nghệ khai thác năng lượng biomass.....   | 197        |
| 5.2.4. Tiềm năng điện biomass.....                   | 201        |
| 5.2.5. Tác động môi trường.....                      | 205        |
| <b>PHỤ LỤC QUY ĐỔI ĐƠN VỊ.....</b>                   | <b>208</b> |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>                       | <b>210</b> |

## LỜI NÓI ĐẦU

Bước vào thế kỷ XXI, một trong những tiêu chuẩn được quan tâm hàng đầu cho sự phát triển bền vững hệ thống năng lượng là bảo vệ môi trường toàn cầu. Trong một khoảng thời gian dài trước đây, con người sử dụng những dạng năng lượng truyền thống, để lại nhiều hệ quả tác động xấu đến môi trường, kể từ khâu khai thác, vận chuyển đến sử dụng và sau sử dụng. Đứng trước tình hình này, các nhà máy điện truyền thống sử dụng năng lượng hóa thạch cần thiết phải thay đổi công nghệ để phù hợp các tiêu chuẩn về môi trường; việc xây dựng những con đập cho các nhà máy thủy điện lớn cũng phải được kiểm soát kỹ lưỡng, bởi nó sẽ làm thay đổi căn bản lưu vực những dòng chảy tự nhiên, dẫn đến biến đổi tổng thể hệ sinh thái trong một phạm vi rộng, tác động xấu không những đến thủy quyển mà cả khí quyển, địa quyển và sinh quyển. Mặt khác, các nhà khoa học cần nghiên cứu ứng dụng những dạng năng lượng thay thế, trong số có năng lượng tái tạo (NLTT), ví dụ như: năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng địa nhiệt, năng lượng sinh khối.v.v.. và các dạng thủy điện nhỏ bao gồm: điện thủy triều, điện sóng biển, điện hải lưu.

Hiện tại, các hệ thống điện truyền thống của nhiều quốc gia (trong đó có các nhà máy điện tập trung, công suất lớn với hệ thống truyền tải xa hàng trăm, hàng ngàn km) được đánh giá là đã lỗi thời. Cần thiết phải có một cách mạng về kỹ thuật nhằm cấu trúc lại hệ thống điện. Trong khi đó, các nguồn NLTT lại có chung một đặc điểm là phân tán rộng khắp trên địa cầu, sự tham gia của nguồn phân tán sử dụng NLTT trong lưới điện phân phối được xem như một giải pháp tốt nhất hiện nay để thay đổi cấu trúc hệ thống điện. Đặc biệt, đối với những quốc gia đang phát triển (chiếm khoảng khoảng 2 tỷ người trên thế giới), việc hình thành các mạng điện phân tán có quy mô nhỏ rõ ràng là hoàn toàn phù hợp với khả năng kinh tế và trình độ quản lý của quốc gia đó. Đồng thời, mạng điện phân tán cũng là cấu trúc cơ bản của mạng điện thông minh đang được nhiều quốc gia trên thế giới áp dụng.

Trong khuôn khổ cuốn sách này, nhóm tác giả không đề cập một cách chi tiết cho tất cả các dạng NLTT. Mục tiêu đề ra của chúng tôi là giới thiệu về năm dạng NLTT điển hình, công nghệ khai thác NLTT chủ yếu định hướng



cho phát triển các nguồn điện phân tán, đề xuất một số mô hình mạng điện sử dụng nguồn điện từ NLTT. Nội dung cuốn sách được bố cục thành 5 chương.

Chương 1 giới thiệu một số kiến thức có tính chất nền tảng (cơ sở) thuộc về lĩnh vực kỹ thuật điện, điện tử, tạo tiền đề thuận lợi cho nghiên cứu các mô hình mạng điện phân tán có nguồn sử dụng NLTT.

Chương 2 và chương 3 giới thiệu về pin mặt trời và nguồn điện sức gió, nhằm xây dựng được một hệ nguồn ứng dụng trong hệ thống điện.

Chương 4 giới thiệu các công nghệ khai thác nguồn thủy điện nhỏ trên đất liền và thủy điện đại dương ứng dụng trong hệ thống điện.

Chương 5 giới thiệu khái quát về dạng NLTT là địa nhiệt và năng lượng sinh khối, một số công nghệ khai thác ứng dụng cho các nhà máy điện.

Nhóm tác giả chúng tôi đã rất cố gắng sưu tầm tài liệu và nghiên cứu để trình bày cuốn sách đạt được mục tiêu đề ra là phục vụ cho công tác học tập và giảng dạy chương trình đại học, cao học ngành kỹ thuật điện. Tuy nhiên, trước một vấn đề nội dung phức tạp (cuốn sách đề cập đến nhiều dạng năng lượng khác nhau về bản chất, công nghệ khai thác và mô hình ứng dụng), chắc chắn rằng cuốn sách còn có những thiếu sót. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến từ phía người đọc (địa chỉ email tác giả: [ngoducminh@tnut.edu.vn](mailto:ngoducminh@tnut.edu.vn)).

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự đóng góp quý báu của các thầy cô bộ môn Hệ thống điện, khoa Điện, trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, cảm ơn những người phản biện đã có nhiều đóng góp giúp chúng tôi hoàn thành cuốn sách này.

*Thái Nguyên, tháng 3 năm 2016*

**Nhóm tác giả**

# CHƯƠNG 1

## KIẾN THỨC NỀN TẢNG

### 1.1. VẤN ĐỀ PHÁT VÀ TIÊU THỤ ĐIỆN NĂNG

Hệ thống điện luôn luôn tồn tại cả các nguồn và tải điện một chiều DC (Direct Current), xoay chiều AC (Alternative Current). Phần tử phát điện (máy phát điện), phần tử tiêu thụ điện (phụ tải điện) luôn tồn tại song song và cân bằng thu phát trong một mạch điện. Đáp ứng của các phần tử trong mạng điện một chiều và xoay chiều hoàn toàn khác nhau do phụ thuộc bản chất của loại dòng điện và các phần tử trong mạng điện đó.

#### 1.1.1. Mạng điện một chiều

Dòng DC chỉ chạy theo một hướng nhất định từ cực (+) đến cực (-). Phụ tải DC chỉ mang tính thuần trở trong khi nguồn DC rất đa dạng như ắc quy, máy phát điện một chiều,... Hình 1.1 mô tả định nghĩa phần tử phát và tiêu thụ điện trong mạng điện DC.



a. Phần tử tiêu thụ điện (phụ tải điện)

b. Phần tử phát điện (máy phát điện)

Hình 1.1. Định nghĩa máy phát điện và phụ tải điện

Trong đó: điện áp  $V_{AB}$  được hiểu là sự chênh lệch về điện thế giữa nút A và nút B trong khi dòng điện  $I_{AB}$  là dòng chạy từ A đến B qua tải tiêu thụ.

Công suất tiêu thụ trong mạch điện này được xác định theo (1.1):

$$P_{AB} = V_{AB} \cdot I_{AB} \quad (1.1)$$

Nếu  $V_{AB}$  và  $I_{AB}$  đều dương thì  $P_{AB}$  cũng dương và nhánh có dòng  $I_{AB}$  chạy qua được coi là tải tiêu thụ. Ngược lại, khi  $P_{AB}$  âm thì nhánh có dòng  $I_{AB}$  được gọi là nguồn.