

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**  
**KHOA CƠ KHÍ**

\*\*\*



**BÁO CÁO THỰC TẬP TỐT NGHIỆP**

**Đề tài**

**Tìm hiểu tổng quan và thiết kế điện cho turbine gió cỡ nhỏ  
dùng cho mục đích sinh hoạt**

**Đơn vị thực tập: Công ty TNHH Thiết kế xây dựng thương mại dịch vụ  
An Thịnh Phát**

**Giáo viên hướng dẫn: PGS. TS. Nguyễn Quốc Chí**

**Sinh viên thực hiện: Phạm Đoàn Minh Duy**

**MSSV: 1710044**

**THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH, 2020**

## **LỜI CẢM ƠN**

Tác giả xin được cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh đã giới thiệu và tạo điều kiện để tác giả có thể được thực tập tốt nghiệp trong 6 tuần ở doanh nghiệp. Tác giả cũng xin chân thành cảm ơn Bộ môn Cơ Điện Tử thuộc khoa Cơ Khí mà đặc biệt là PGS. TS. Nguyễn Quốc Chí đã chấp thuận nguyện vọng của tác giả cũng như tạo cơ hội cho tác giả có được một kỳ thực tập vô cùng bổ ích.

Về phía doanh nghiệp, tác giả xin được gửi lời cảm ơn chân thành đến Công ty THHH Thiết kế xây dựng thương mại dịch vụ An Thịnh Phát, đặc biệt là anh Đỗ Anh Tám, PGĐ công ty, đã cho tác giả cơ hội được thực tập tại quý công ty cũng như hỗ trợ và chỉ bảo tận tình cho tác giả trong công việc hàng ngày suốt kỳ thực tập. Tác giả vô cùng hào hứng với môi trường làm việc tại công ty và những dự án mà công ty đã và đang thực hiện. Tác giả hy vọng trong tương lai gần có thể được trở lại làm việc trong các dự án tiếp theo ở công ty.

Thông qua kỳ thực tập, tác giả đã học hỏi được nhiều kiến thức cũng như là kinh nghiệm thực tiễn mà qua đó sẽ giúp ích rất nhiều cho tác giả trong chặng đường tương lai phía trước. Tác giả cũng đã có những nỗ lực nhất định trong suốt kỳ thực tập để đạt được các mục tiêu mà công ty và bản thân tác giả đã đề ra về kiến thức và kỹ năng cần thiết trong công việc, được thể hiện xuyên suốt bài báo cáo này. Tuy vậy, tác giả cũng tin rằng bài báo cáo sẽ có những sai sót về nhiều mặt và qua đó, tác giả cũng mong muốn nhận được sự góp ý của mọi người để hoàn thiện hơn trong công việc.

Trân trọng.

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 25 tháng 09 năm 2020

Sinh viên thực hiện

Phạm Đoàn Minh Duy

**MỤC LỤC**

<b>I. TỔNG QUAN:</b>	<b>5</b>
1. Tổng quan về gió và điện gió ở Việt Nam:	5
2. Phạm vi đề tài:	9
3. Bài toán thiết kế:	9
<b>II. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN CHO TURBINE GIÓ:</b>	<b>11</b>
1. Máy phát cho turbine cỡ nhỏ:	11
2. Bộ chỉnh lưu, bộ biến tần và điều khiển cơ bản:	15
3. Lựa chọn dây dẫn:	21
4. Hệ thống bảo vệ mạch:	22
<b>KẾT LUẬN</b>	<b>25</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO:</b>	<b>26</b>

**DANH MỤC HÌNH ẢNH**

Hình 1. Địa điểm đặt các trạm thủy văn mà EVN lấy số liệu cho nghiên cứu.....	7
Hình 2. Bản đồ gió ở Việt Nam.....	8
Hình 3. Sơ đồ hòa lưới điện của turbine điện gió sử dụng máy phát điện PMG .....	13
Hình 4. Đường cong liên hệ giữa tốc độ và momen xoắn trong các máy điện cảm ứng .....	14
Hình 5. Sơ đồ của máy phát điện cảm ứng (IG) với hệ tụ điện để kích từ.....	15
Hình 6. Sơ đồ của bộ chỉnh lưu diode 3 pha .....	16
Hình 7. Giá trị điển hình của dòng và áp đầu ra đối với máy phát điện thông thường dùng cho turbine gió cỡ nhỏ .....	17
Hình 8. Sơ đồ của một bộ chuyển đổi tăng cường IGBT đơn giản.....	17
Hình 9. Sơ đồ của một biến tần cầu một pha đơn giản.....	18
Hình 10. Dạng sóng vuông đã qua hiệu chỉnh của điện áp tải cho biến tần một pha không có bộ lọc.....	19
Hình 11. Bộ lọc LC thông thấp được sử dụng để làm giảm tần số chuyển đổi thành phần điện áp của đầu ra biến tần cầu dẫn đến điện áp qua tải có dạng sóng gần như là hình sin .....	20
Hình 12. Độ rộng xung được điều chế bằng PWM (đường liền nét) và đường sóng sin tương ứng (đường đứt nét) .....	21
Hình 13. Hệ thống turbine gió cỡ nhỏ với bộ ngắt mạch và công tắc bảo vệ đơn giản	23

**DANH SÁCH BẢNG**

Bảng 1. Tiềm năng gió của Việt Nam ở độ cao 65 m so với mặt đất .....	5
Bảng 2. Vận tốc gió trung bình trong nghiên cứu của Tập đoàn Điện lực Việt Nam EVN so với nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới WB .....	6
Bảng 3. Hiện trạng khai thác năng lượng gió ở Việt Nam .....	9
Bảng 4. Bảng giá bán lẻ điện của Tập đoàn Điện lực Việt Nam EVN. ....	10
Bảng 5. Công suất của các thiết bị điện chính trong hộ gia đình .....	10
Bảng 6. Một số thông số chính của máy phát điện.....	13
Bảng 7. Các vấn đề có thể xảy ra và cách xử lý của hệ thống bảo vệ.....	24

## I. TỔNG QUAN:

### 1. Tổng quan về gió và điện gió ở Việt Nam:

Bên cạnh nguồn năng lượng từ mặt trời thì năng lượng gió cũng được kỳ vọng sẽ giúp Việt Nam bắt kịp tốc độ tăng trưởng nhanh chóng về nhu cầu điện cả ngắn hạn và dài hạn.

Với lợi thế về tự nhiên và địa hình, việc xây dựng các trạm điện bằng sức gió là một giải pháp có thể giúp nâng cao sản lượng điện của Việt Nam trong những năm tới. Nguồn điện gió sử dụng luồng không khí (hay luồng gió) đập vào cánh turbine làm quay máy phát điện. Nguồn điện gió cũng là nguồn điện xoay chiều như thủy điện, nhiệt điện. Thông thường, năng lượng gió của luồng gió với vận tốc dưới 4 m/s sẽ được sử dụng cho các mục đích thủy lợi, còn trên 4 m/s thì sẽ được sử dụng để tạo ra điện năng.

Nghiên cứu của tổ chức Ngân hàng Thế giới (World Bank) chỉ ra rằng, Việt Nam là nước có tiềm năng gió lớn nhất trong 4 nước khu vực, với hơn 39% tổng diện tích của Việt Nam được ước tính là có tốc độ gió trung bình hàng năm lớn hơn 6m/s, ở độ cao 65m, tương đương với tổng công suất 512 GW. Đặc biệt, hơn 8% diện tích Việt Nam được xếp hạng có tiềm năng gió rất tốt (tốc độ gió ở độ cao 65m 7 - 8 m/giây), có thể tạo ra hơn 110 GW.

Tốc độ gió trung bình	Thấp < 6 m/s	Trung bình 6-7 m/s	Tương đối cao 7-8 m/s	Cao 8-9 m/s	Rất cao > 9 m/s
Diện tích (km <sup>2</sup> )	197.242	100.367	25.679	2.178	111
Diện tích (%)	60,60%	30,80%	7,90%	0,70%	>0%
Tiềm năng (MW)		401.444	102.716	8.748	452

*Bảng 1. Tiềm năng gió của Việt Nam ở độ cao 65 m so với mặt đất*

Nguồn: TrueWind Solutions, 2000. Bản đồ tài nguyên gió Đông Nam Á

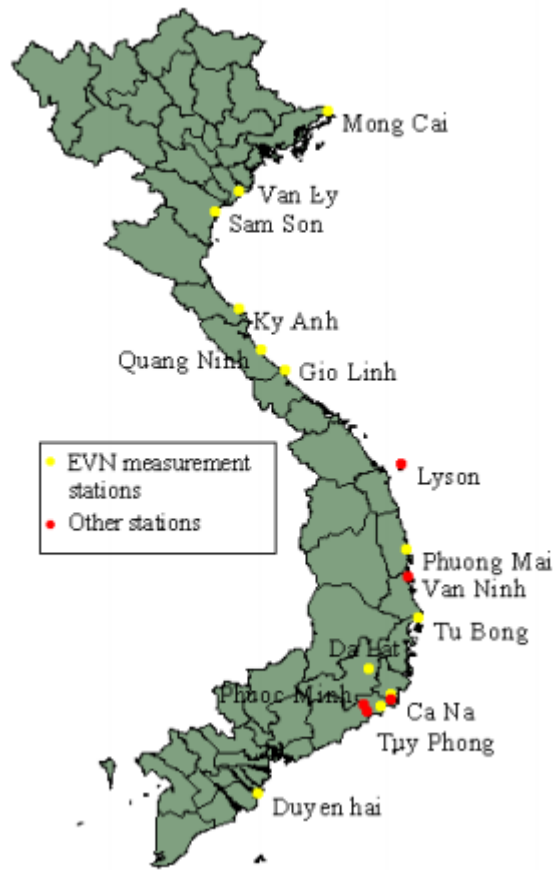
Bên cạnh nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới, Tập đoàn Điện lực Việt Nam EVN cũng thực hiện đánh giá tài nguyên gió cho sản xuất điện. So với nghiên cứu của Ngân hàng thế giới, nghiên cứu của EVN được đánh giá cao hơn do được lấy số liệu trực tiếp từ các trạm thủy văn ở Việt Nam, còn nghiên cứu của World Bank là dựa trên chương trình mô phỏng.

Nghiên cứu của tập đoàn điện lực EVN được xem là nghiên cứu chính thức đầu tiên về tài nguyên năng lượng gió ở Việt Nam. Theo đó, dữ liệu gió sẽ được đo đạc cho một

số điểm lựa chọn, sau đó sẽ được ngoại suy lên thành dữ liệu gió mang tính đại diện khu vực bằng cách lược bỏ tác động của độ nhám bề mặt, sự che khuất của các vật thể như tòa nhà và sự ảnh hưởng của địa hình. Dữ liệu gió mang tính khu vực này sau đó được sử dụng để tính toán dữ liệu gió tại điểm khác bằng cách áp dụng quy trình tương tự nhưng theo chiều ngược lại. Trên cơ sở dữ liệu đó, đề án còn xem xét đến các yếu tố ảnh hưởng (khoảng cách đầu nối với hệ thống điện, địa hình, khả năng vận chuyển thiết bị, sự chấp nhận của cộng đồng và các vấn đề liên quan đến sử dụng đất và môi trường...).

STT	Địa điểm	Vận tốc gió trung bình ở độ cao 65 m trên mặt đất (m/s)	
		EVN <sup>8</sup>	WB
1.1	Móng Cái, Quảng Ninh	5,80	7,35
1.2	Vạn Lý, Nam Định	6,88	6,39
1.3	Sầm Sơn, Thanh Hóa	5,82	6,61
1.4	Kỳ Anh, Hà Tĩnh	6,48	7,02
2.1	Quảng Ninh, Quảng Bình	6,73	7,03
2.2	Gio Linh, Quảng Trị	6,53	6,52
2.3	Phước Mai, Bình Định	7,30	6,56
2.4	Tu Bồng, Khánh Hòa	5,14	6,81
3.1	Phước Minh, Ninh Thuận	7,22	8,03
3.2	Đà Lạt, Lâm Đồng	6,88	7,57
3.3	Tuy Phong, Bình Thuận	6,89	7,79
3.4	Duyên Hải, Trà Vinh	6,47	7,24

*Bảng 2. Vận tốc gió trung bình trong nghiên cứu của Tập đoàn Điện lực Việt Nam EVN so với nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới WB*

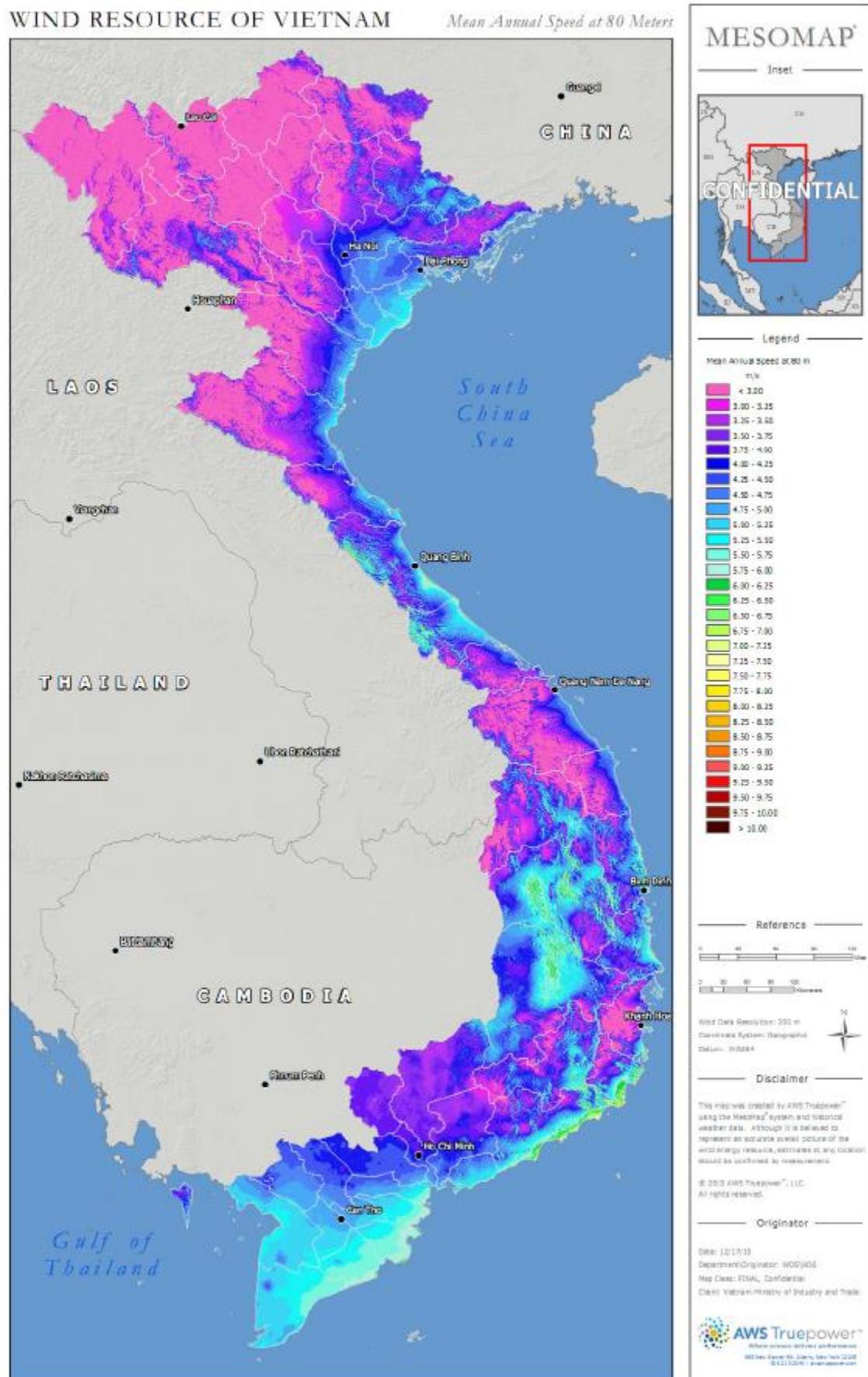


Hình 1. Địa điểm đặt các trạm thủy văn mà EVN lấy số liệu cho nghiên cứu

Ở Việt Nam thì nguồn năng lượng gió có thể khai thác được (vận tốc gió đạt khoảng 6 m/s) tập trung nhiều nhất ở vùng ven biển, đặc biệt là ở vùng duyên hải miền Trung. Ngoài ra thì còn một số vùng ở Tây Nguyên cũng cho tiềm năng lớn về khai thác năng lượng gió khi có vận tốc gió gần tương đương với vận tốc gió ở vùng ven biển.

Theo như bản đồ gió Việt Nam trên hình bên dưới đây thì những vùng có màu xanh dương nhạt và đặc biệt là màu xanh lá sẽ có tiềm năng lớn để phát triển điện gió. Vùng xanh lá cây có vận tốc gió đạt tới 7 m/s, tập trung chủ yếu ở 2 tỉnh Bình Thuận và Ninh Thuận. Đây cũng là vùng có vai trò trọng điểm trong các dự án phát triển điện gió ở Việt Nam.





Hình 2. Bản đồ gió ở Việt Nam

Về hiện trạng khai thác năng lượng gió ở Việt Nam, năng lượng gió đã được đưa vào khai thác khoảng 20 năm nay, nhưng chủ yếu ở quy mô gia đình và tập trung chủ yếu ở khu vực ven biển miền Trung. Một số dự án lớn đã và đang được triển khai ở một số địa phương như Bình Thuận, Ninh Thuận, Bạc Liêu,...

Ứng dụng	Công suất (Wp)	Số lượng	Thời gian đưa vào vận hành	Khu vực lắp đặt
Tua-bin gió loại gia đình	100-200	Khoảng 1.000	Kể từ năm 1999	Khu vực ven biển miền Trung
Hệ lai ghép tua-bin gió – máy phát diesel	30.000	1	1999	Xã Hải Thịnh, Huyện Hải Hậu, Tỉnh Nam Định
Hệ lai ghép tua-bin gió – pin mặt trời	2.000	1	2000	Huyện Đắc Hà, Tỉnh Kon Tum
Tua-bin gió loại lớn cho hải đảo	800.000	1	2004	Đảo Bạch Long Vĩ
Tua-bin gió nổi lưới	1.500.000	12	5 tua-bin năm 2009; 7 tua-bin đầu năm 2011	Tuy Phong, Bình Thuận

*Bảng 3. Hiện trạng khai thác năng lượng gió ở Việt Nam*

## 2. Phạm vi đề tài:

Đề tài hướng đến thiết kế và chế tạo những turbine gió cỡ nhỏ dùng cho hộ gia đình. Từ bảng 3 ta có thể thấy turbine gió loại này chủ yếu được lắp đặt ở khu vực ven biển miền Trung. Tuy nhiên, từ bản đồ gió Việt Nam ở hình 2, ta có thể thấy còn có một số khu vực khác mà việc khai thác nguồn năng lượng gió để chuyển đổi thành điện năng là hoàn toàn khả thi, tiêu biểu là ở khu vực Tây Nguyên như Đà Lạt, nơi có tốc độ gió đạt 6,88 m/s (theo bảng 2), tương đương với tốc độ gió ở những khu vực ven biển. Vì vậy, phạm vi thực hiện của đề tài hướng đến khu vực Đà Lạt để thiết kế và đưa vào sử dụng các turbine gió với quy mô cung cấp điện năng phục vụ cho sinh hoạt của hộ gia đình.

## 3. Bài toán thiết kế:

Lắp đặt turbine gió cho một hộ gia đình có mức tiêu thụ điện trung bình trong 1 tháng ứng với chi phí hóa đơn tiền điện là 5.000.000 VND. Tốc độ gió đo được ở vị trí lắp đặt turbine gió là 6 m/s.

Dựa vào bảng giá bán lẻ điện được quy định bởi Tập đoàn Điện lực Việt Nam EVN, ta tính được lượng điện tiêu thụ của hộ gia đình trong 1 tháng.

TT	Nhóm đối tượng khách hàng	Giá bán điện (đồng/kWh)
1	Giá bán lẻ điện sinh hoạt	
	Bậc 1: Cho kWh từ 0 - 50	1.678
	Bậc 2: Cho kWh từ 51 - 100	1.734
	Bậc 3: Cho kWh từ 101 - 200	2.014
	Bậc 4: Cho kWh từ 201 - 300	2.536
	Bậc 5: Cho kWh từ 301 - 400	2.834
	Bậc 6: Cho kWh từ 401 trở lên	2.927
2	Giá bán lẻ điện sinh hoạt dùng công tơ thẻ trả trước	2.461

Bảng 4. Bảng giá bán lẻ điện của Tập đoàn Điện lực Việt Nam EVN.

Gọi  $x$  là số kWh mà hộ gia đình tiêu thụ trong 1 tháng. Ta có:

$$50 \times 1,678 + 50 \times 1,734 + 100 \times 2,014 + 100 \times 2,536 + 100 \times 2,834 + (x - 400) \times 2,927 = 5000000$$

$$\Rightarrow x = 1797,68 \text{ (kWh)}$$

Tổng công suất của các thiết bị điện:

$$\frac{1797,68 \times 10^3}{30 \times 24} = 2496,78 \text{ (W)}$$

Công suất này tương đương với:

Thiết bị	Công suất (W)	Số lượng (cái)	Tổng (W)
TV	40	1	40
Tủ lạnh	100	1	100
Máy lạnh	800	1	800
Máy giặt	900	1	900
Quạt	40	2	80
Hệ thống đèn	10	10	100
Máy tính	150	2	300
Tổng			2320

Bảng 5. Công suất của các thiết bị điện chính trong hộ gia đình

Có sự chênh lệch giữa tổng công suất của các thiết bị điện gia dụng so với công suất tính được từ hóa đơn là do bỏ qua một số các thiết bị có tần suất sử dụng thấp cũng như

là rò rỉ, hao phí trên đường dây tải điện. Từ công suất tính toán trên, ta kết luận công suất điện mà turbine gió sản xuất ra phải có giá trị từ 2500 W trở lên.

## II. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN CHO TURBINE GIÓ:

### 1. Máy phát cho turbine cỡ nhỏ:

Trước đây, các turbine gió cỡ nhỏ sử dụng máy phát điện DC. Tuy nhiên, hiện tại thì máy phát điện AC sử dụng nam châm vĩnh cửu (PMGs), trong đó bao gồm máy phát điện cảm ứng, lại được sử dụng nhiều hơn so với máy phát điện DC truyền thống. Các máy phát điện AC này, về bản chất là những động cơ điện tiêu chuẩn thông thường được đảo ngược nguyên lý hoạt động để trở thành các máy phát điện. Sử dụng máy phát điện ba pha có thể làm tăng tỷ lệ công suất trên khối lượng (PWR), là tỷ lệ dùng để đánh giá hiệu suất thực tế của bất kỳ động cơ hoặc máy phát điện. Ngoài ra, momen xoắn trục được tạo ra bởi máy phát điện AC ba pha cũng ổn định hơn nếu so với các máy phát khác. Đối với các turbine gió kết nối với mạng lưới điện quy mô nhỏ, máy phát điện AC ba pha còn được dùng để chỉnh lưu tần số, tích trữ năng lượng điện và sau đó chuyển đổi nó thành nguồn điện AC với điện áp và tần số không đổi.

Máy phát điện DC cũng có một số những ưu điểm nhất định. Chúng được điều khiển một cách dễ dàng thông qua trường và có giá thành thấp, kích cỡ nhỏ, gọn gàng. Thậm chí, động cơ của máy khoan hoặc máy hút bụi cũng có thể được điều khiển để hoạt động như là máy phát điện. Tuy nhiên, các bộ phận của máy phát điện DC như chổi than và cổ góp sẽ bị mòn đi nhanh chóng khi hoạt động. Do đó, máy phát điện DC có hiệu suất kém hơn cũng như gây mất mát năng lượng lớn hơn so với thể hệ máy phát điện PMGs, đồng thời lại kém an toàn hơn khi có thể tạo ra dòng rò trong quá trình hoạt động.

Hiệu suất cực đại của máy phát thường xảy ra ở mức điện áp cao nhất của nó (ứng với tốc độ định mức), vì với cùng một công suất đầu ra thì dòng điện qua máy phát sẽ nhỏ hơn khi điện áp lớn hơn, do đó độ dẫn điện hay tổn thất của dòng điện thông qua các dây dẫn cũng sẽ giảm đi. Có những tổn thất khác xuất phát từ vật liệu sắt của máy phát điện bị từ hóa và khử từ nhiều lần trong một vòng quay. Những tổn thất này thì phụ thuộc vào cường độ từ trường được tạo ra cũng như tốc độ quay của máy phát.

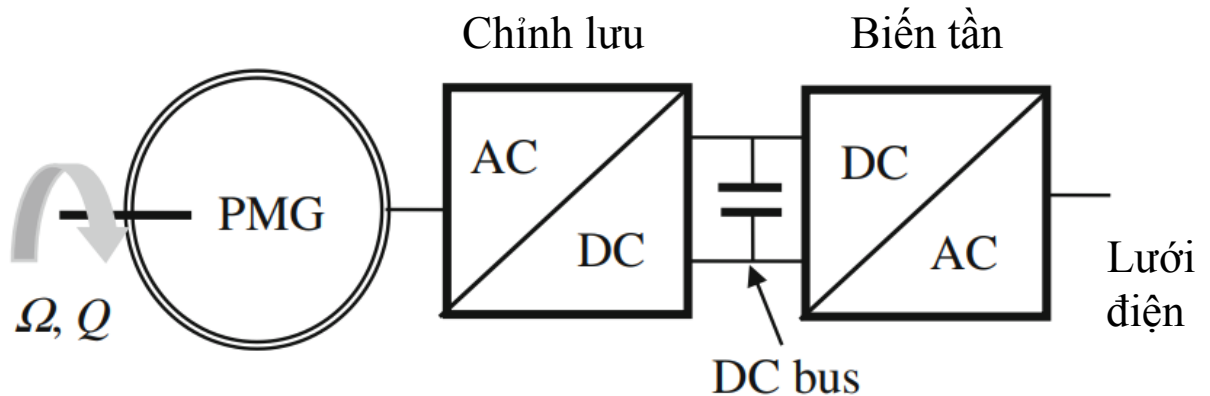
PMG hoạt động với tốc độ không đổi có thể tạo ra công suất cực đại khi trở kháng của tải bằng với trở kháng của máy phát. Điều này có thể đạt được bằng cách tăng điện dung, nhưng lượng tăng cần phải phụ thuộc vào tốc độ (hoặc tần số) của máy phát điện.

Tuy vậy, việc truyền công suất cực đại cũng đồng nghĩa với hiệu suất bị giảm đi đáng kể. Đối với turbine gió, phải hoạt động trên một dải rộng tải và tần số, thì việc điều chỉnh tải phù hợp là vô cùng cần thiết. Đối với cấu trúc liên kết bộ chỉnh lưu/bộ điều khiển, biến tần, có thể đạt được sự phù hợp về tải thông qua điều chế độ rộng xung (PWM). PMG sinh ra nguồn ba pha với điện áp và tần số thay đổi thường được chỉnh lưu thành nguồn DC. Nếu turbine đang sạc pin thì chúng sẽ thay thế biến tần trong giản đồ cấu trúc liên kết.

Thông số	Đơn vị	Chú thích
Công suất định mức đầu vào trục	W	Dùng để thiết kế cánh
Tốc độ định mức của rotor	rpm	Dùng để thiết kế cánh
Momen xoắn đầu vào định mức	Nm	Dùng để thiết kế cánh
Momen xoắn của động cơ	Nm	Dùng để thiết kế cánh
Quán tính của máy phát điện	kg.m <sup>2</sup>	Không đáng kể so với quán tính của cánh
Khối lượng của máy phát điện	kg	Dùng để thiết kế tháp và nền của turbine
Điện áp pha định mức của stator	V	Dùng để thiết kế bộ chỉnh lưu
Dòng định mức của stator	A	Dùng để thiết kế bộ chỉnh lưu
Số cực		Dùng để xác định tốc độ làm việc
Điện trở của stator	Ohm	Dùng để mô hình hóa hoạt động của PMG
Điện kháng đồng bộ trên trục d	mH	Dùng để mô hình hóa hoạt động của PMG
Điện kháng đồng bộ trên trục q	mH	Dùng để mô hình hóa hoạt động của PMG
Điện áp bus DC ở tốc độ định mức	V	Điện áp chỉnh lưu cực đại
Dòng bus DC ở tốc độ định mức	A	Dòng chỉnh lưu cực đại

Mật độ từ thông của nam châm vĩnh cửu	V/(rad/s)	Dùng để mô hình hóa hoạt động của PMG
---------------------------------------	-----------	---------------------------------------

Bảng 6. Một số thông số chính của máy phát điện

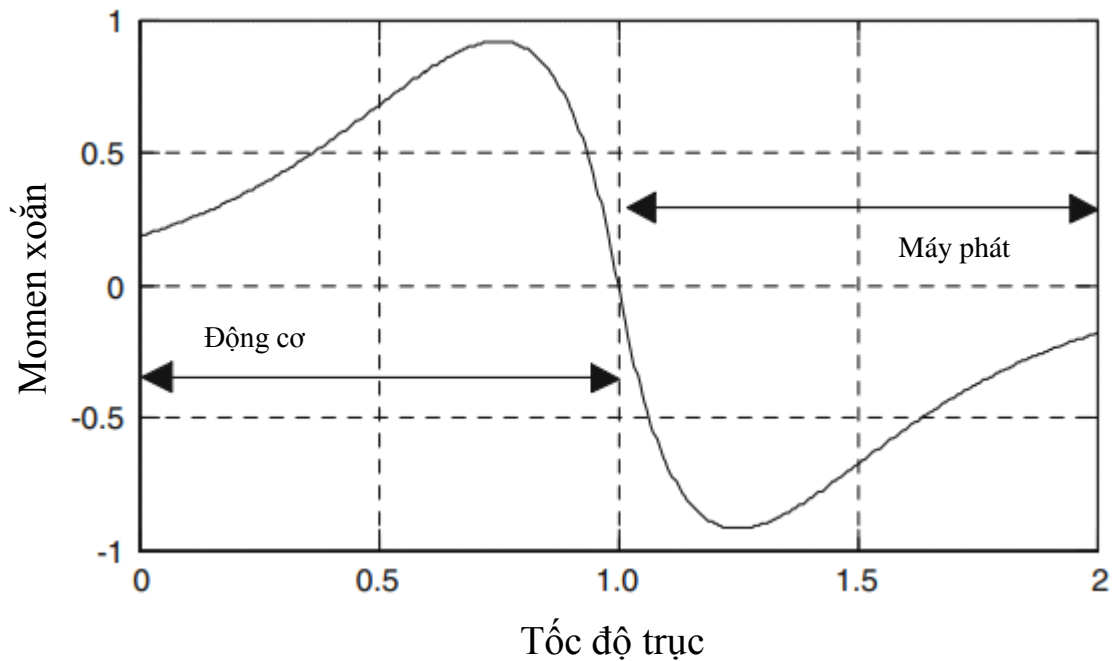


Hình 3. Sơ đồ hòa lưới điện của turbine điện gió sử dụng máy phát điện PMG

Một số turbine gió cỡ nhỏ sử dụng máy phát điện không đồng bộ hoặc máy phát điện cảm ứng (IG), thường là động cơ cảm ứng tiêu chuẩn hoạt động ngược lại với nguyên lý hoạt động của động cơ thông thường để trở thành máy phát. Ưu điểm của các máy phát này là chi phí thấp, không có momen xoắn và có độ chắc chắn cao.

Đồ thị đặc tính về tốc độ và momen xoắn của máy điện cảm ứng cho thấy tốc độ đồng bộ  $n_s$  là tốc độ mà tại đó không có momen xoắn hoặc năng lượng được sinh ra. Tốc độ đồng bộ cũng là tốc độ mà tại đó tần số quay của rotor bằng với tần số điện của đầu ra động cơ. Thiết bị điện sẽ là động cơ khi hoạt động dưới tốc độ đồng bộ và ngược lại sẽ là máy phát điện khi hoạt động trên tốc độ đồng bộ.

Tổn thất nhiệt  $I^2R$  của rotor được quyết định bởi việc sụt giảm một vài phần trăm của tốc độ đồng bộ. Sự sụt giảm sẽ tăng khi kích thước động cơ giảm vì điện trở của rotor sẽ tăng khi dây dẫn giảm kích thước và do đó sẽ cần tổn nhiều điện áp hơn để tạo ra dòng điện cần thiết trên rotor. Điều này là một trong những nguyên nhân giải thích tại sao động cơ cảm ứng có hiệu suất thấp hơn các PMG. Ở stator cũng tồn tại tổn thất  $I^2R$ , tổn thất từ do sắt trong stator gây ra và tổn thất do ma sát. Ngoài ra còn có tổn thất do luồng gió chuyển động trong stator được tạo ra bởi sự chuyển động của rotor cũng như quạt làm mát cho stator.



Hình 4. Đường cong liên hệ giữa tốc độ và momen xoắn trong các máy điện cảm ứng

Tốc độ đồng bộ được quy định bởi số cực theo công thức:

$$n_s = \frac{120f}{N_p}$$

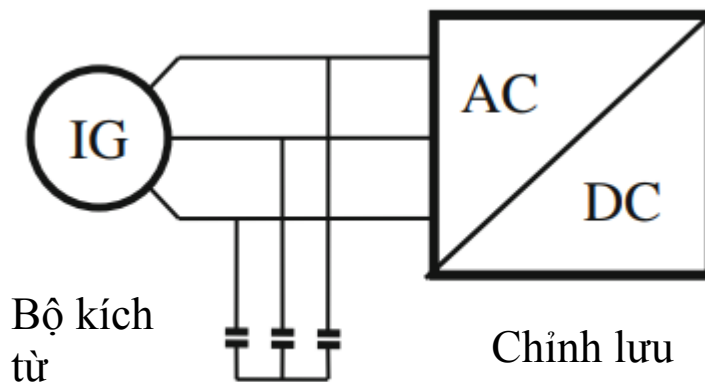
Trong đó,  $f$  là tần số đầu ra của biến tần (hoặc tần số của mạng lưới điện) đối với motor hoặc là tần số của rotor đối với turbine gió.  $N_p$  là số cực trong động cơ hoặc máy phát. Thông thường, hiệu suất của máy điện sẽ giảm khi số cực tăng lên, do cần nhiều không gian hơn cho các dây đồng dẫn đến tiết diện mặt cắt của stator và các khớp nối từ bị giảm xuống, làm tăng điện cảm rò rỉ. Nói cách khác, tỉ lệ không gian chiếm chỗ của đồng đối với sắt tăng lên sẽ làm sắt bị kém hiệu quả.

Do những máy phát IG có sẵn trên thị trường hiện tại có ít cực hơn PMG nên chúng có tốc độ quay lớn hơn, vì vậy thông thường cần phải có hộp số đối với các turbine gió cỡ nhỏ sử dụng máy phát điện IG để đảm bảo hoạt động. Thực ra, đối với các turbine gió công suất khoảng từ 1 kW đến 2 kW thì có thể thiết kế turbine gió truyền động trực tiếp với một máy phát điện cảm ứng do khi tần số quay của cánh tăng lên thì có thể giảm kích thước của turbine. Tuy vậy, có lẽ vì khối lượng của máy phát điện khá lớn nên phương án giảm kích thước này là không khả thi.

Các máy phát điện loại IG chỉ phức tạp hơn dòng PMG ở mức độ vừa phải. Thay vì



nam châm thì rotor của chúng có các cuộn dây và các cuộn dây này được ngắn mạch nên giống như dòng PMG, các máy phát IG cũng không cần chổi than và cổ góp. Một biến thể là máy phát điện được cấp nguồn kép DFIG, với các chân ra điện trên rotor và stator, được sử dụng trong các turbine gió cỡ lớn. Trong thực tế, điểm khác biệt chính giữa IG và PMG là IG cần phải được kích từ trước khi chúng có thể tự kích và tạo ra điện năng. Do đó, sơ đồ mạng điện của IG sẽ khác một chút so với sơ đồ mạng điện của PMG ở hình 3. Điện dung của mạch phải được lựa chọn hợp lý để đảm bảo sự kích từ xảy ra khi có sự cộng hưởng giữa tốc độ cánh và điện cảm của máy phát điện.



Hình 5. Sơ đồ của máy phát điện cảm ứng (IG) với hệ tụ điện để kích từ

## 2. Bộ chỉnh lưu, bộ biến tần và điều khiển cơ bản:

Một trong những bộ chuyển đổi công suất đơn giản nhất là bộ chỉnh lưu diode khi diode bật và tắt tự nhiên mà không cần bất kỳ thiết bị điện tử nào để điều khiển. Bộ chỉnh lưu diode 3 pha như trong hình 6, trong đó A, B, C tương ứng với 3 pha của máy phát điện. Các diode được đánh số từ 1 đến 6 tương ứng với thứ tự bật diode. Thông thường, 2 diode sẽ được bật cùng lúc, 1 diode ở nửa trên của bộ chỉnh lưu cung cấp dòng điện đầu ra, 1 diode ở nửa dưới của bộ chỉnh lưu cung cấp đường dẫn trở lại cho dòng bus DC (nghĩa là nếu diode 1 và 2 đang bật thì kế tiếp sẽ là diode 2 và 3, rồi đến 3 và 4, cứ thế tiếp tục). Bỏ qua điện áp rơi trên diode (thường là từ 0,7 V đến 0,9 V khi diode đang hoạt động) và đặt một điện trở thuần trên đầu ra  $V_{dc}$  thì giá trị đầu ra của điện áp chỉnh lưu là:

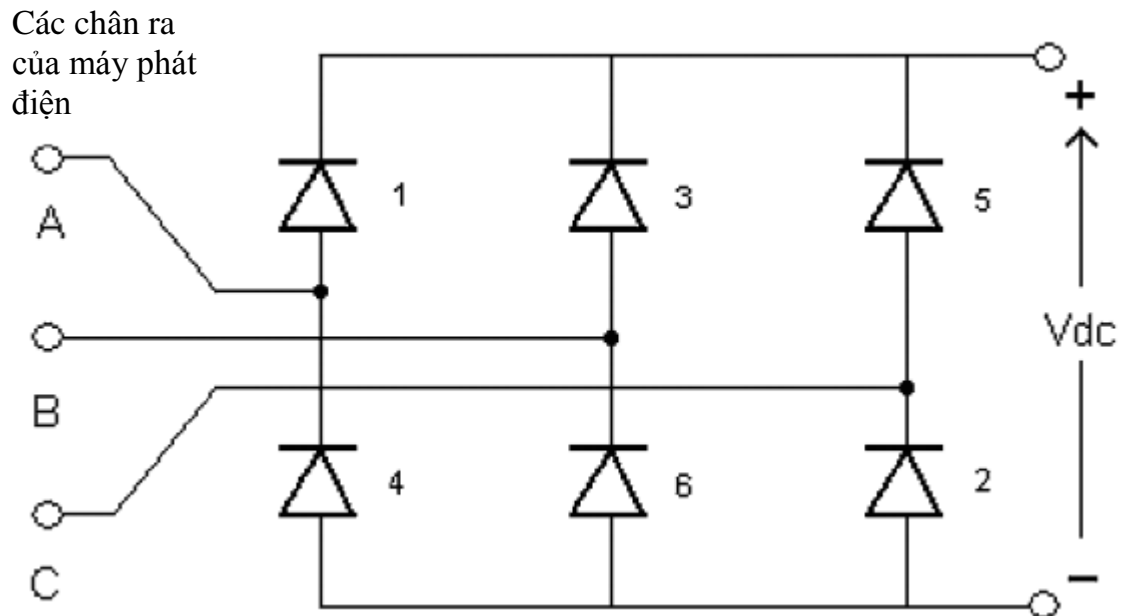
$$V_{dc} = \frac{3}{\pi} \sqrt{2} V_{LL} = 1.35 V_{LL}$$

Trong đó  $V_{LL}$  là điện áp dây của máy phát (như trong hình 6 thì sẽ là điện áp đo giữa hai đầu A và B trong hình 6). Giá trị của  $V_{dc}$  không phải là hằng số vì việc chỉnh lưu chỉ



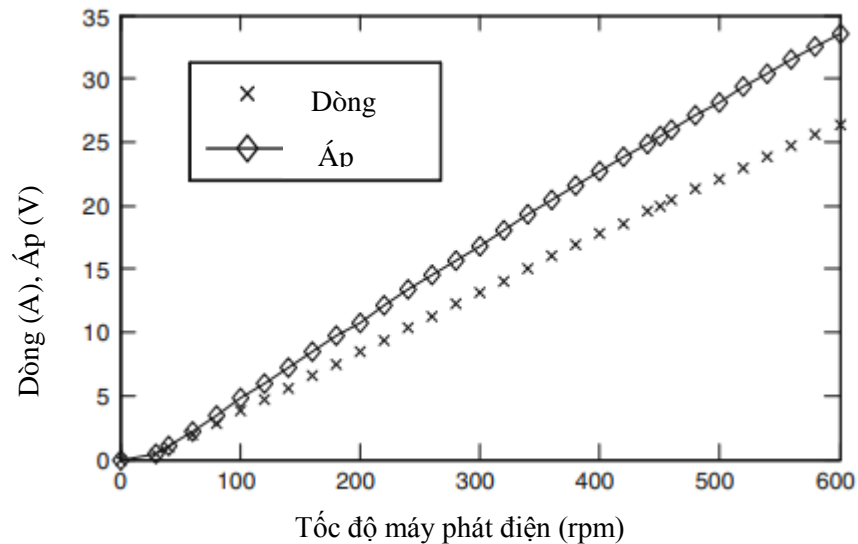
giúp giá trị này không âm. Phương trình trên được dùng để thiết kế các bộ chuyển đổi năng lượng có tải là điện trở và cảm ứng. Đối với thiết kế bộ chỉnh lưu ở mức thấp, bus DC không có bộ lọc cảm ứng nhưng thay vào đó là một bộ lọc tụ điện đơn giản. Trong trường hợp này, điện áp chỉnh lưu có giá trị:

$$V_{dc} = \sqrt{2}V_{LL} = 1.41V_{LL}$$



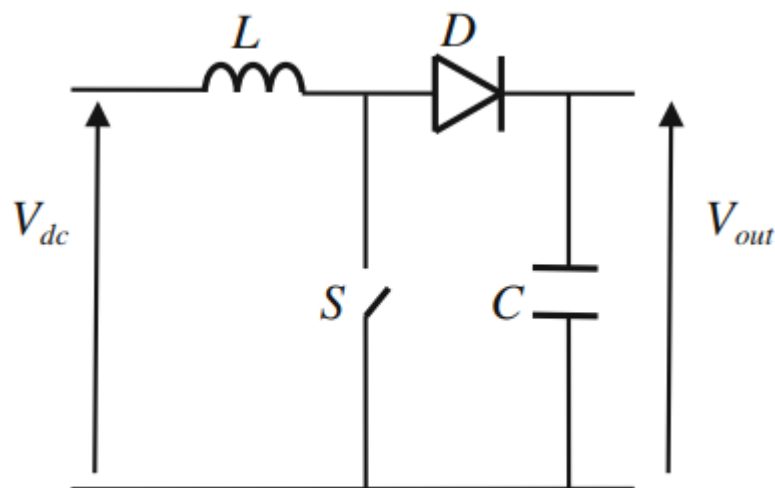
Hình 6. Sơ đồ của bộ chỉnh lưu diode 3 pha

Mặc dù có bộ lọc đầu ra, máy phát điện sẽ có một dải điện áp rộng do sự thay đổi của tốc độ gió. Điều này có ít nhất 2 hệ quả, đầu tiên là khi ở tốc độ thấp, điện áp máy phát điện có thể thấp đến mức điện áp rơi trên các diode trở nên đáng kể so với điện áp của máy phát. Chỉnh lưu lúc này sẽ có hiệu suất rất thấp nếu so với khi làm việc ở tốc độ định mức. Để khắc phục vấn đề này, có thể thay thế các diode bằng các thiết bị đóng ngắt kiểu transistor, tuy nhiên sẽ cần một bộ điều khiển điện tử để điều khiển các transistor đóng và ngắt. Hệ quả thứ hai là ở tốc độ gió thấp, điện áp DC bus có thể không đủ để biến tần tạo ra điện áp AC cần thiết. Một giải pháp cho vấn đề này là sử dụng bộ chỉnh lưu tăng cường.



Hình 7. Giá trị điện hình của dòng và áp đầu ra đối với máy phát điện thông thường dùng cho turbine gió cỡ nhỏ

Đối với máy phát điện cỡ nhỏ, cần có bộ chuyển đổi tăng áp ngay cả khi dùng pin sạc. Theo hình 7, giá trị điện áp đầu ra của máy phát điện không bao giờ đạt đến ngưỡng 48 V để đảm bảo yêu cầu của hầu hết các hệ thống pin sạc. Hiện nay, tính năng chính của điện tử công suất hiện đại là khả năng sử dụng PWM để làm các đặc tính của máy phát và tải trở nên phù hợp với nhau. Khả năng của PWM được thể thông qua bộ chuyển đổi bao gồm bóng bán dẫn lưỡng cực có công cách điện (IGBT) có khả năng chuyển đổi rất nhanh và ít hao phí năng lượng.



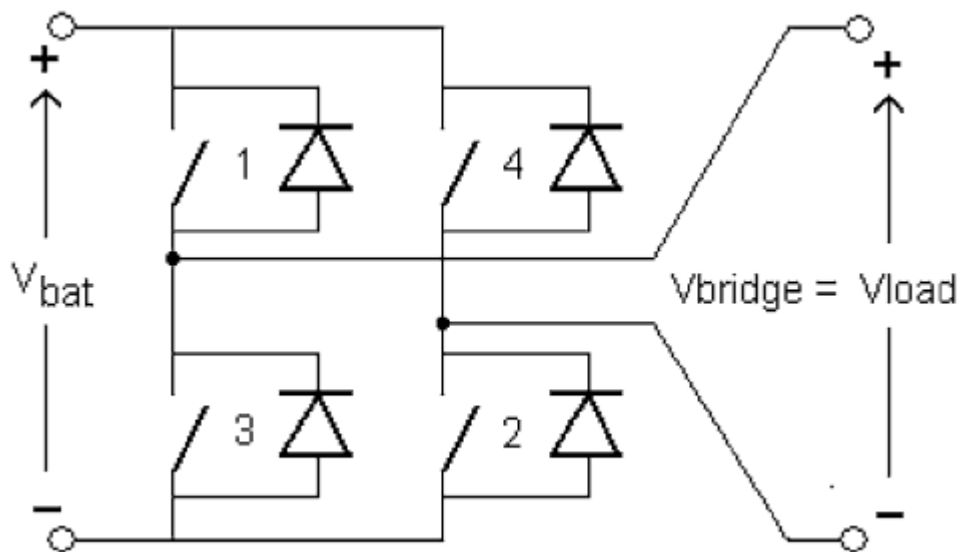
Hình 8. Sơ đồ của một bộ chuyển đổi tăng cường IGBT đơn giản

Trong hình 8, điện áp đầu vào đến từ bộ chỉnh lưu, còn điện áp đầu ra là điện áp của bus DC ở hình 3. S là bóng bán dẫn IGBT có để điều khiển chuyển mạch để tạo ra PWM.

$V_{out}$  và  $V_{in}$  được liên hệ theo phương trình:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1-a}$$

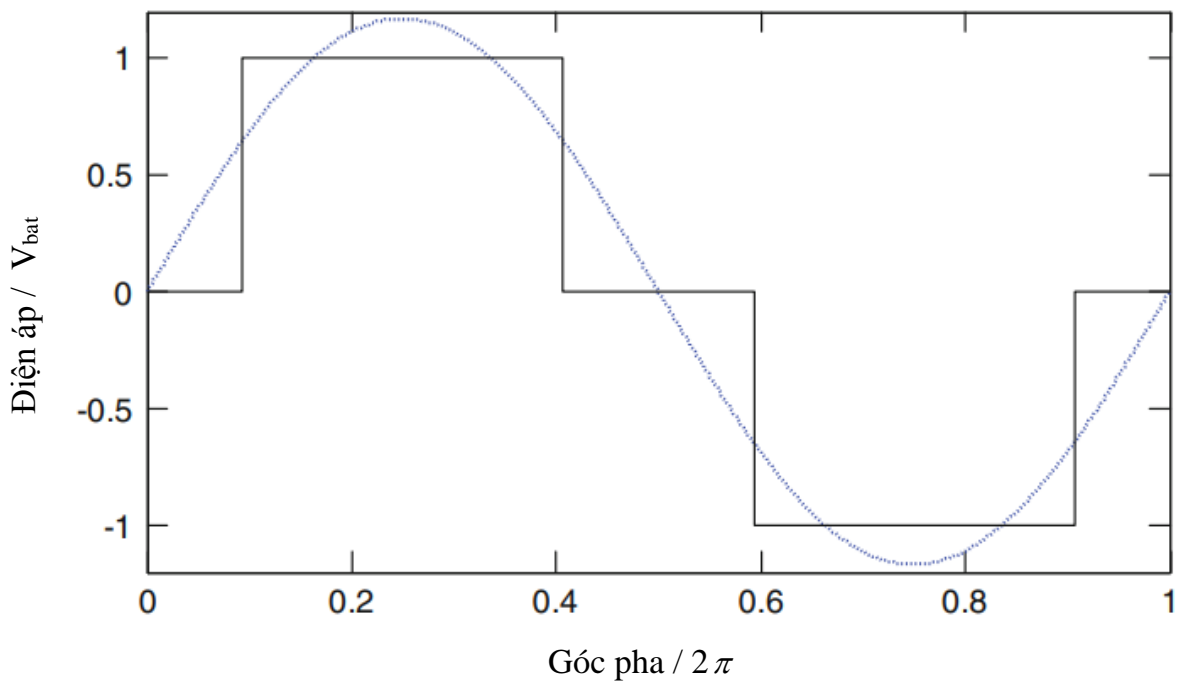
Trong đó  $a$  là chu kỳ hoạt động, là khoảng thời gian mà công tắc S đóng.  $V_{out}$  sẽ có giá trị lớn hơn  $V_{in}$  nếu thông qua bộ chuyển đổi tăng cường. Tuy nhiên, nếu  $V_{out}$  quá lớn so với  $V_{in}$  thì hệ số  $a$  phải được tăng lên nhiều lần và diode D sẽ chuyển một lượng lớn năng lượng sang tụ C trong thời gian ngắn. Điều này sẽ làm giảm hiệu quả của bộ chuyển đổi tăng cường. Do đó, hệ số tăng cường  $\frac{1}{1-a}$  có giá trị tối đa là 3. Mặt khác, nếu  $V_{out}$  có giá trị quá gần với  $V_{in}$  thì phải giảm hệ số  $a$  lại, lúc này diode D sẽ chuyển một lượng lớn năng lượng sang cuộn cảm L trong thời gian ngắn và cũng sẽ làm giảm hiệu quả của bộ chuyển đổi tăng cường. Một bộ chuyển đổi buck – boost với khả năng điều chỉnh tăng hoặc giảm điện áp DC bus có thể được sử dụng thay cho bộ chuyển đổi tăng cường để khắc phục tình trạng này.



Hình 9. Sơ đồ của một biến tần cầu một pha đơn giản

Do điện năng đầu ra phải là điện AC nên cần phải có bộ biến tần để chuyển đổi điện áp DC thành điện áp dạng sóng với tần số cố định. Hình 9 cho thấy một loại biến tần “cầu” một pha đơn giản, trong đó  $V_{bat}$  là điện áp DC từ hệ thống pin hoặc  $V_{out}$  từ bộ chuyển đổi tăng cường. Gọi là “cầu” vì đầu ra của biến tần cũng nối với chân của biến tần (thiết bị 1 và 3 sẽ là một chân trong khi thiết bị 2 và 4 tạo thành chân còn lại). Do

không sử dụng bộ lọc nên dạng sóng của điện áp trên tải  $V_{load}$  không phải là sóng hình sin, như hình 10. Tuy vậy, đối với những ứng dụng yêu cầu công suất thấp thì có thể sử dụng mô hình này do có giá thành rẻ. Thực ra, hầu hết các thiết bị điện hiện nay (như động cơ) đều có thể hoạt động tốt trên điện áp có dạng sóng vuông đã qua hiệu chỉnh, trừ một số trường hợp.



Hình 10. Dạng sóng vuông đã qua hiệu chỉnh của điện áp tải cho biến tần một pha không có bộ lọc

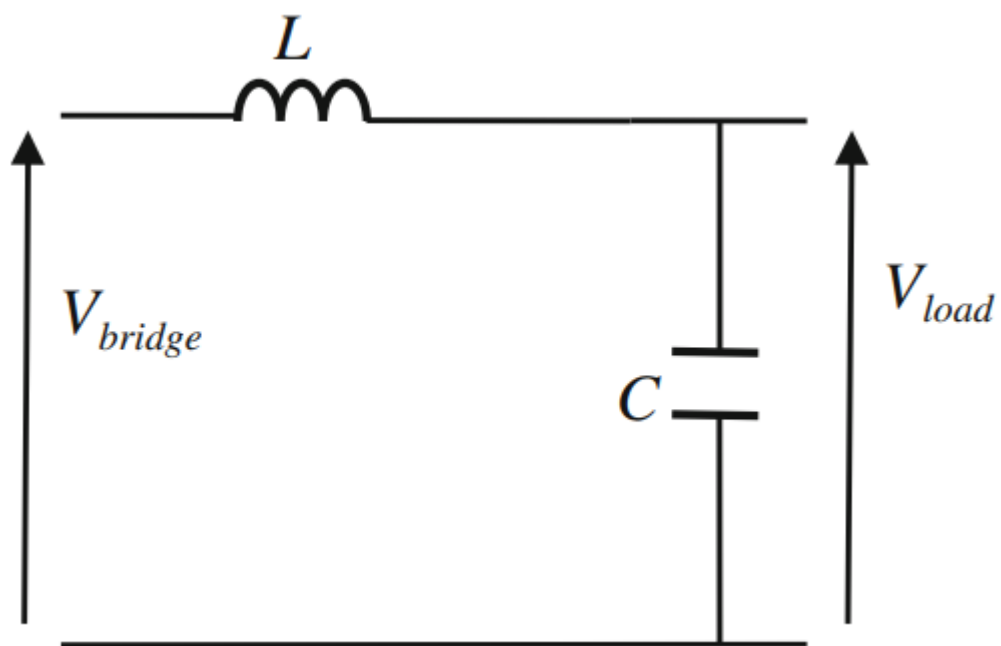
Để có thể đạt được dạng sóng của điện áp tải xấp xỉ hình sin thì bộ lọc có thể được thêm vào và sử dụng một thuật toán kiểm tra PWM phức tạp hơn để điều khiển thời gian hoạt động của các thiết bị chuyển mạch IGBT như trong hình 8. Không có một quy định tiêu chuẩn về cách đánh số các thiết bị chuyển mạch như trong hình 9. Cách đánh số trong hình này cho biết thời gian chuyển đổi của các thiết bị để có thể tạo ra dạng sóng vuông của điện áp tải. Trong hình 10, xung dương đầu tiên thu được trong quá trình hoạt động của cặp thiết bị 1 và 2, kế tiếp là điện áp 0 thu được bằng cặp thiết bị 2 và 3, điện áp âm thu được bằng cặp thiết bị 3 và 4. Quá trình cứ như thế lặp lại để tạo ra các xung vuông tiếp theo.

Đối với sóng vuông được hiệu chỉnh như trong hình 10 thì điện áp trên tải là:

$$V_{load} = V_{bat} \sqrt{\frac{2\theta_p}{\pi}}$$

Trong đó,  $\theta_p$  có thể được chọn để đạt giá trị nhỏ nhất, ví dụ như đối với tốc độ méo tổng cộng của sóng hài, THD, của sóng vuông đã hiệu chỉnh thì  $\theta_p$  có giá trị là  $67^\circ$ . THD là phép đo độ lệch của dạng sóng điện áp thực tế so với dạng sóng sin thuần túy.

Biến tần cầu toàn phần không sử dụng bộ lọc rất phổ biến đối với hệ thống biến tần công suất thấp. Tuy nhiên, việc sử dụng PWM vào các thiết bị chuyển mạch và thêm vào bộ lọc có thể làm cho dạng sóng đầu ra của biến tần có dạng gần như hình sin. Có hai phương pháp chung để tiếp cận. Đối với biến tần nối vào lưới điện, một cuộn cảm nhỏ có thể được đưa vào giữa cực dương đầu ra của biến tần và điện áp ở lưới điện (tức là mắc cuộn cảm nối tiếp với lưới điện). Bộ điều khiển thường được thiết kế sao cho điện áp đầu ra được lọc bởi cuộn cảm với một giá trị dòng điện xác định rồi sau đó được cung cấp cho lưới điện (giá trị của dòng điện được xác định bởi năng lượng khả dụng từ turbine gió hoặc bởi bộ điều khiển hệ thống trong trường hợp có một biến tần chạy bằng pin). THD của dạng sóng hiện tại có giá trị thường là 5% hoặc ít hơn, tùy thuộc vào các tiêu chuẩn phù hợp để có thể kết nối với lưới điện.

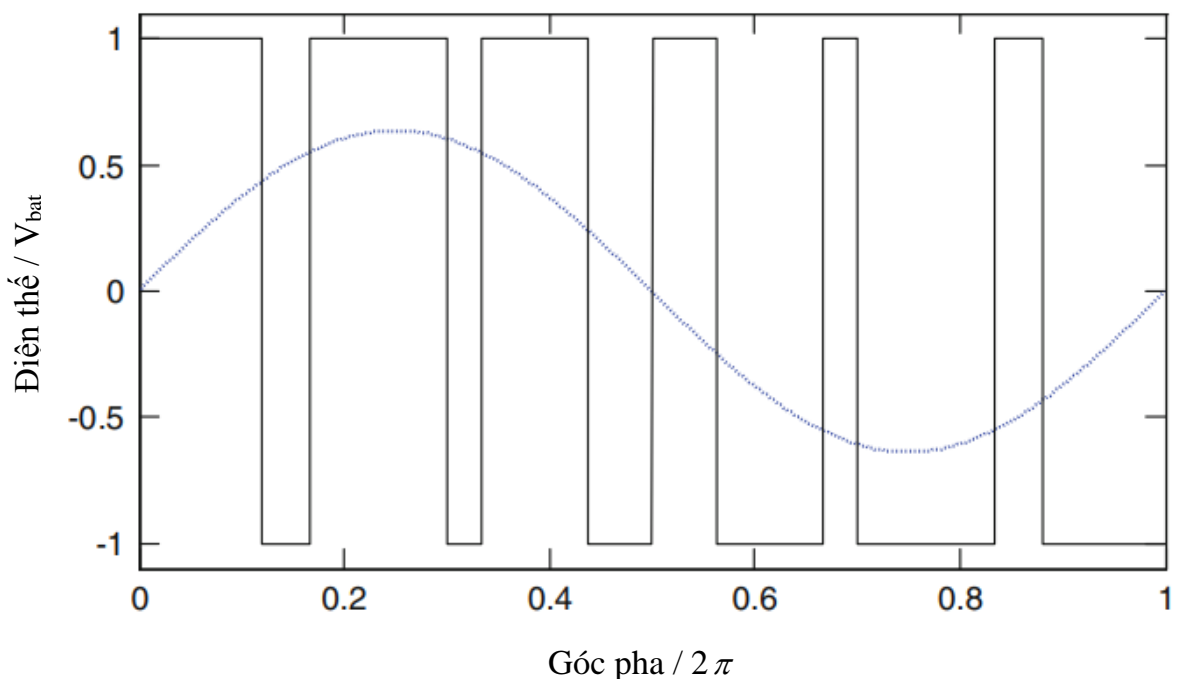


Hình 11. Bộ lọc LC thông thấp được sử dụng để làm giảm tần số chuyển đổi thành phần điện áp của đầu ra biến tần cầu dẫn đến điện áp qua tải có dạng sóng gần như là hình sin

Để đảm bảo hoạt động của biến tần, một bộ lọc LC như hình 11 được thêm vào giữa

đầu ra của biến tần và tải. Mục tiêu là để tạo ra một điện áp có dạng gần giống với hình sin trên tải, với THD có giá trị vào khoảng 5% hoặc ít hơn theo tiêu chuẩn của các nước như Đức và Hoa Kỳ.

Bất kể biến tần có sử dụng PWM được kết nối với lưới điện hay không thì dạng sóng điện áp ở phía đầu ra của biến tần cầu (trước khi lọc) là sóng vuông cắt nhỏ như hình 12. Chiều rộng của các xung cho thấy dạng sóng được lọc sẽ có dạng xấp xỉ với sóng sin. Trong thực tế, biến tần PWM một pha có tần số chuyển mạch gấp từ 10 đến 150 lần tần số của nguồn, với giá trị tối ưu được chọn sau khi có sự cân nhắc giữa hao phí thấp khi chuyển đổi và các linh kiện LC ít tốn kém hơn.



Hình 12. Độ rộng xung được điều chế bằng PWM (đường liền nét) và đường sóng sin tương ứng (đường đứt nét)

Một giải pháp thay thế cho việc thiết kế và chế tạo một biến tần là mua một biến tần các công ty, đặc biệt là các công ty cung cấp biến tần cho các turbine gió cỡ nhỏ.

### 3. Lựa chọn dây dẫn:

Kích thước của các dây dẫn trong hệ thống được xác định bởi lượng nhiệt hao phí qua dây và phải đảm bảo mức điện áp rơi trên dây là dưới 5% để duy trì hệ thống hoạt động một cách hiệu quả. Những vấn đề về điện áp rơi dễ xảy ra nhất khi turbine làm việc ở điện áp thấp, đối với turbine gió cỡ nhỏ thì điện áp thấp sẽ xảy ra khi sạc pin. Hầu hết các loại cáp điện đều có một mức điện áp định mức nhất định, nhưng thông thường

thì hầu hết các loại cáp điện đều có thể đáp ứng nhu cầu về điện áp của hầu hết các turbine gió hiện nay. Tuy nhiên, cường độ dòng điện định mức thì phụ thuộc vào yêu cầu sử dụng và cần phải được tính toán để có thể chọn được dây dẫn phù hợp.

Ngoài điện trở thì dây cáp còn có độ tự cảm, là nguyên nhân làm giảm tốc độ của dòng điện và có thể gây ra hiện tượng quá áp. Có thể làm giảm điện cảm của dây dẫn bằng cách đặt các dây cáp gần nhau, qua đó làm giảm vùng diện tích có khả năng tự cảm của dây dẫn.

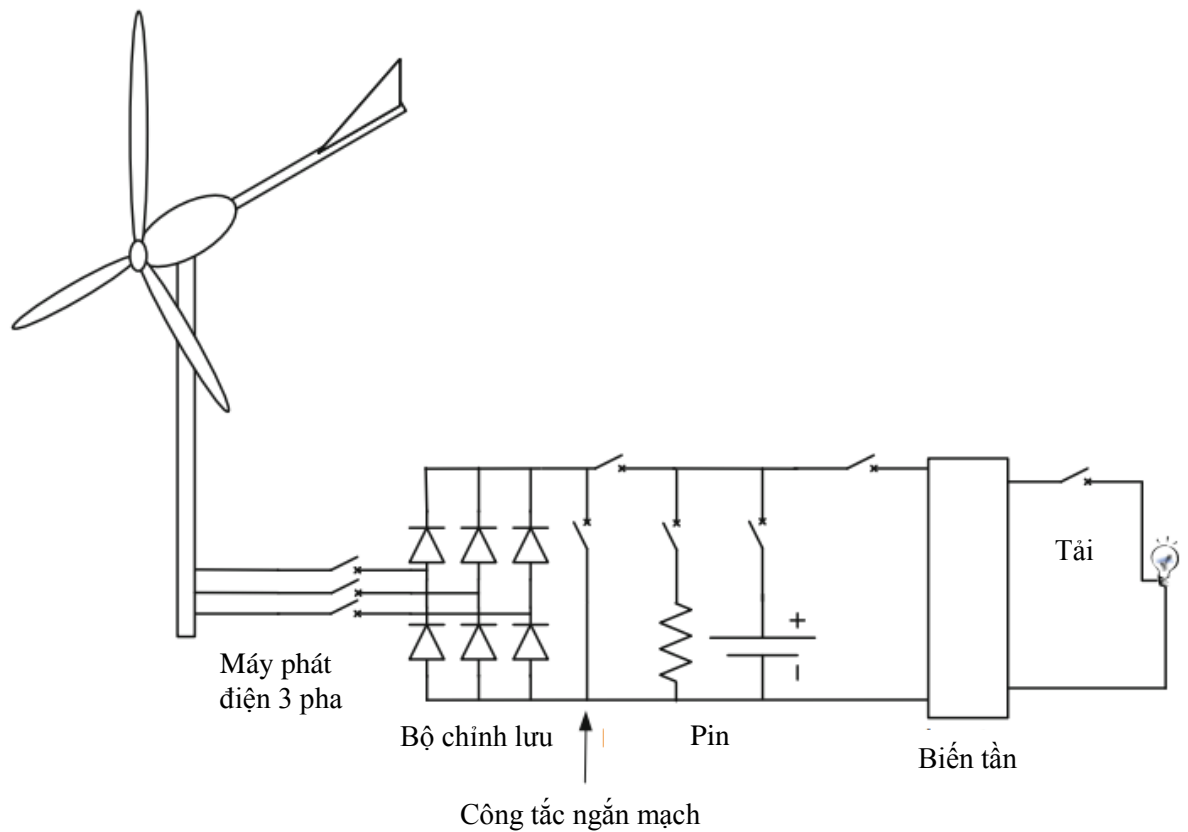
#### **4. Hệ thống bảo vệ mạch:**

Các bộ điều khiển hiện đại với nền là vi xử lý có khả năng bảo vệ hệ thống một cách sâu rộng cũng như giám sát để kéo dài tuổi thọ của hệ thống.

Khi thi công và thử nghiệm turbine gió, việc bảo vệ hệ thống một cách toàn diện thường không được áp dụng do nó có thể làm ảnh hưởng đến khả năng hoạt động của turbine và gây khó khăn cho quá trình thử nghiệm. Để bảo vệ hệ thống khỏi các lỗi nghiêm trọng như đoản mạch, hệ thống cần phải có các khả năng như:

1. Ngắt kết nối máy phát điện với phần còn lại của hệ thống.
2. Ngắt kết nối tất cả các tải có trong hệ thống.
3. Ngắt kết nối turbine gió với pin, qua đó có thể ngắt kết nối pin với tải.
4. Ngắt kết nối biến tần với turbine gió hoặc pin, qua đó có thể ngắt kết nối biến tần với tải.

Trong tất cả các trường hợp trên, tại điểm ngắt kết nối đều yêu cầu bảo vệ quá dòng. Thông thường, điều này được thực hiện bởi một bộ ngắt mạch thích hợp, có thể được sử dụng để bảo vệ và làm công tắc cách ly mạch khi cần thiết. Bộ ngắt mạch có mức điện áp định mức khác nhau đối với điện AC và DC, thông thường điện áp định mức của dòng AC sẽ cao hơn.



Hình 13. Hệ thống turbine gió cỡ nhỏ với bộ ngắt mạch và công tắc bảo vệ đơn giản

Các biện pháp bảo vệ cơ bản thường nhằm mục đích ngăn chặn hiện tượng quá dòng. Dòng điện quá cao có thể làm nóng chảy dây dẫn, gây ra cháy và phá hủy các linh kiện điện tử. Ngoài ra, nếu dòng điện sạc cho pin quá lớn thì có thể làm cho pin bị nổ.

Bảng 7 tổng kết lại một số vấn đề có thể xảy ra và cách mà hệ thống bảo vệ xử lý vấn đề để đảm bảo an toàn cho các linh kiện, cho mạch và cho lưới điện của hộ tiêu dùng.

Turbine gió	Máy phát điện	Pin (nếu có)	Biến tần và tải
Quá tốc độ (giảm tốc hoặc dừng lại)	Quá dòng (giảm dòng hoặc ngắt kết nối)	Sạc quá mức (ngừng sạc)	Ngắt mạch (ngắt kết nối)
Gió cực lớn (dừng lại)	Quá áp (giảm áp hoặc ngắt kết nối)	Quá áp (ngừng sạc)	Quá áp (ngắt kết nối)



Rung động cực lớn (giảm tốc độ hoặc dừng lại)	Quá nóng (giảm dòng hoặc ngắt kết nối)	Điện áp quá thấp (tải ngắt kết nối)	Điện áp thấp (ngắt kết nối)
Tiếng ồn quá mức (giảm tốc độ turbine)	Có khói xuất hiện (ngắt kết nối)	Quá nóng (giảm dòng qua tải hoặc giảm sạc)	Quá nóng (ngắt kết nối)
		Có khói xuất hiện (ngắt kết nối)	Có khói xuất hiện (ngắt kết nối và tắt nguồn)

*Bảng 7. Các vấn đề có thể xảy ra và cách xử lý của hệ thống bảo vệ*

## KẾT LUẬN

Sau khi trải qua kỳ thực tập hè này, tác giả đã nắm vững được các bước và nguyên lý để thiết kế hệ thống điện cho turbine gió cỡ nhỏ. Tác giả cũng bước đầu làm quen và bắt tay vào công việc thiết kế cho một dự án thực tiễn. Bên cạnh đó, kỳ thực tập cũng cung cấp cho tác giả một cái nhìn thoáng qua về tình hình và tiềm năng của năng lượng gió ở Việt Nam, đồng thời cho thấy triển vọng lớn để phát triển trong ngành công nghiệp còn tương đối mới này. Thông qua bài báo cáo này, tác giả đã có cơ hội được tìm hiểu cũng như ôn lại kiến thức về các hệ thống điện, các linh kiện điện tử và công dụng của chúng cũng như cách xử lý, giải quyết các vấn đề liên quan đến thiết kế điện và mạch điện.

Về mặt hạn chế, tác giả nhận thấy kỳ thực tập của bản thân vẫn còn một số điểm chưa được tốt. Đầu tiên, tác giả không đưa ra được một kết quả thiết kế cụ thể do thiếu các thông số đầu vào liên quan đến mảng khác. Tác giả chỉ đưa ra những phương án thiết kế khả thi nhất và phân tích ưu nhược điểm của các phương án sử dụng. Mặt khác, tác giả cũng nhận thấy trong quá trình làm việc vẫn còn trì trệ, làm ảnh hưởng đến kết quả cuối cùng. Đây sẽ là những bài học quý báu để từ đó tác giả rút ra được những kinh nghiệm và cải thiện bản thân mình trong tương lai.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. F. Manwell, J. G. McGowan, A. L. Rogers (2009), “*Wind Energy Explained – Theory, Design and Application*”, A John Wiley and Sons, Ltd, Publication
- [2] David Wood (2011), “*Small Wind Turbines – Analysis, Design and Application*”, Springer London Dordrecht Heidelberg New York
- [3] *Information on wind energy in Viet Nam*, Báo cáo của dự án năng lượng gió GIZ/MoIT