BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Hoàng Nam

Giảng viên hướng dẫn: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NĂNG LƯỢNG GIÓ, ĐI SÂU TÌM HIỂU HỆ THỐNG ĐIỆN NĂNG LƯỢNG GIÓ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Hoàng Nam
Giảng viên hướng dẫn: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Hoàng Nam

MSV: 1913102002

Lớp : DCL 2301

Ngành : Điện tự động công nghiệp

Tên đề tài: **Năng lượng gió, đi sâu tìm hiểu hệ thống điện năng lượng gió.**

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1.Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên: Thân Ngọc Hoàn

Học hàm, học vị : GS.TSKH

Cơ quan công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn: Năng lượng gió, đi sâu tìm hiểu hệ thống điện năng lượng gió.

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 12 tháng 10 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 31 tháng 12 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N	**Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N**
Sinh viên	**Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N**
Hoàng Nam	GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày…….tháng …… năm 20....

TRƯỞNG KHOA

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên: Hoàng Nam

Chuyên ngành: Điện tự động công nghiệp

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

Có tinh thần tự chủ , cố gắng học tập để hoàn thành đồ án đề tài tốt nghiệp.

2. Đánh giá chất lượng của đồ án/khóa luận(so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

Nội dung đáp ứng một đồ án tốt nghiệp. Đã tìm hiểu được về lưới điện, về năng lượng gió, về lưới điện nhỏ sử dụng năng lượng gió, các loại máy phát điện sử dụng trong trạm điện gió, đó là máy phát đồng bộ, máy phát dị bộ không chổi than, máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Gần đây năng lượng gió đã được quan tâm và phát triển, tuy nhiên trong quá trình học tập sinh viên không được cung cấp thông tin về loại năng lượng này. Sinh viên đã cố gắng tìm hiểu và trình bày được nội dung yêu cầu của đồ án.Có thể làm tài liệu cho những ai quan tâm về điện gió.

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ [x] Không được bảo vệ [ ] Điểm hướng dẫn [8,5]

Hải Phòng, ngày 24.tháng.12 năm 2020

Giảng viên hướng dẫn

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:.....

Đơn vị công tác:.....

Họ và tên sinh viên: .....**Chuyên ngành:**.....

Đề tài tốt nghiệp:.....

1. Phần nhận xét của giảng viên chấm phản biện

.....

.....

.....

.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 20…

Giảng viên chấm phản biện

LỜI NÓI ĐẦU

Tăng trưởng kinh tế ở Việt Nam đã dẫn đến nhu cầu điện tăng cao. Trong giai đoạn 1998- 2009, điện sản xuất (bao gồm nhập khẩu) tăng từ 21.5 tỷ kWh lên 87.02 tỷ kWh, điện thương phẩm từ 17.7 tỷ kWh lên 74.8 tỷ kWh và công suất lắp đặt từ 5.000 MW lên 18.480 MW, đạt tốc độ tăng trung bình năm theo thứ tự 13%, 14.6% and 12%. Là một nền kinh tế mới nổi, nhu cầu điện của Việt Nam trong thời gian tới (từ năm 2010 đến 2030) sẽ tiếp tục tăng mạnh. Theo dự báo của Viện Năng Lượng, nhu cầu điện có thể tăng từ 87 tỷ kWh năm 2009 lên đến 570 tỷ kWh năm 2030, với tốc độ tăng trung bình 10%/năm.1 Để đáp ứng được nhu cầu tăng nhanh này, Chính phủ Việt Nam quyết định sử dụng nguồn năng lượng tái tạo nhiều hơn nữa. Quyết định số 1855/QD-TTg ngày 27/12/2007 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược Phát triển Năng lượng Quốc gia của Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050, đặt mục tiêu tăng tỷ lệ năng lượng tái tạo lên khoảng 3% tổng năng lượng thương mại sơ cấp vào năm 2010; 5% năm 2020 và 11% năm 2050. Chính phủ cũng cam kết thúc đẩy phát triển năng lượng tái tạo thông qua việc ban hành một số cơ chế, chính sách ưu đãi như ưu đãi về sử dụng đất, hỗ trợ thuế và biểu giá chi phí tránh được. Tuy nhiên, cho đến nay, những gì đạt được còn ở mức khá khiêm tốn. Ví dụ, điện gió, một công nghệ năng lượng tái tạo quan trọng, chỉ mới được triển khai ở vùng sâu, vùng xa. Đến tháng 3/2011, mới chỉ có 20 tua-bin gió với công suất 1,5 MW/tua-bin được lắp đặt, trong đó 12 tổ máy được đưa vào hoạt động và phát điện lên lưới quốc gia. Nguyên nhân là do thiếu cơ chế chính sách cụ thể và hiệu quả. Với yêu cầu đề tài **“ Năng lượng gió, đi sâu tìm hiểu hệ thống điện năng lượng gió “** do thầy giáo Giáo sư Thân Ngọc Hoàn hướng dẫn đã được thực hiện.

Đề tài bao gồm các nôi dung sau :

Chương 1 Lưới điện

Chương 2 Hệ thống điện nhỏ năng lượng gió

Chương 3 Các loại máy phát điện dùng cho năng lượng gió

Trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp với đề tài "**Năng lượng gió, đi sâu tìm hiểu hệ thống điện năng lượng gió**" em đã củng cố được những kiến thức đã được học, tiếp thu thêm được một số kiến thức và kinh nghiệm mới về hệ thống năng lượng gió. Quá trình làm đồ án thực sự có ích cho em về nhiều mặt.

Hải Phòng, ngày…tháng…năm 20…

Sinh viên thực hiện

Hoàng Nam

LỜI CẢM ƠN

Đây là kết quả của quá trình những năm tháng học tập của em nhưng do kinh nghiệm thực tế của bản thân còn chưa nhiều nên khó tránh khỏi nhiều thiếu sót, do đó cần phải có sự hướng dẫn, giấy đỡ của các thầy cô giáo. Qua đây em cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý thầy cô Trường Đại học Quản Lý và Công Nghệ Hải Phòng, khoa Điện – Điện tử, các thầy cô bộ môn lời cảm ơn chân thành nhất, các thầy cô đã tận tình giảng dạy cho em thời gian vừa qua, các thầy cô đã trang bị cho em nhiều kiến thức cơ bản về lĩnh vực điện tự động công nghiệp. Và cuối cùng em xin cảm ơn thầy giáo Thân Ngọc Hoàn đã giúp đỡ và hướng dẫn em trong suốt quá trình làm đồ án tốt nghiệp. Thầy đã tận tình giúp đỡ, định hướng, góp ý và cung cấp những ý tưởng quý báu trong suốt thời gian làm đồ án.

Em xin chân thành cảm ơn !

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....1

LỜI CẢM ƠN.....2

CHƯƠNG 1. LƯỚI ĐIỆN

1.1.GIỚI THIỆU.....5

1.2 LƯỚI ĐIỆN NĂNG LƯỢNG.....5

1.2.1 SỐ LIỆU CƠ BẢN 5

1.2.2 XÂY DỰNG HỆ THỐNG LƯỚI ĐIỆN.....7

1.3 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ LƯỚI ĐIỆN.....10

1.3.1 THUẬT NGỮ CHUNG.....10

1.3.2 TÍNH TOÁN MỨC TIÊU THỤ ĐIỆN NĂNG.....12

CHƯƠNG 2. HỆ THỐNG LƯỚI ĐIỆN NHỎ NĂNG LƯỢNG GIÓ

2.1 GIỚI THIỆU.....35

2.2 NĂNG LƯỢNG GIÓ.....37

2.3 MÁY PHÁT ĐIỆN TURBINE GIÓ.....40

2.4 MÔ HÌNH MÁY ĐIỆN CẢM ỨNG.....44

2.4.1 TÍNH ĐỘ TRƯỢT.....54

2.4.2 MẠCH TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA MÁY CẢM ỨNG.....55

2.5 PHÂN TÍCH CÔNG SUẤT CỦA MỘT MÁY ĐIỆN DỊ BỘ.....59

2.6 VẬN HÀNH MÁY PHÁT ĐIỆN DỊ BỘ.....64

CHƯƠNG 3. CÁC LOẠI MÁY PHÁT ĐIỆN DÙNG CHO NĂNG LƯỢNG GIÓ

3.1 ĐẶC TÍNH ĐỘNG.....81

3.2 MÁY PHÁT ĐIỆN DỊ BỘ NẠP TỪ HAI PHÍA.....90

3.3 HỆ THỐNG MÁY PHÁT ĐIỆN CẢM ỨNG KHÔNG CHỔI THAN CẤP ĐIỆN 2 PHÍA.....93

3.4.MÁY PHÁT NAM CHÂM VĨNH CỬU TỐC ĐỘ THAY ĐỔI.....93

3.5 MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ TỐC ĐỘ BIẾN ĐỔI.....96

3.6 6 MÁY PHÁT ĐIỆN TỐC ĐỘ THAY VỚI BỘ BIẾN ĐỔI CÁCH LI LƯỚI ĐIỆN……..97

KẾT LUẬN.....100

TÀI LIỆU THAM KHẢO…….....….101

CHƯƠNG 1. LƯỚI ĐIỆN

1.1 GIỚI THIỆU

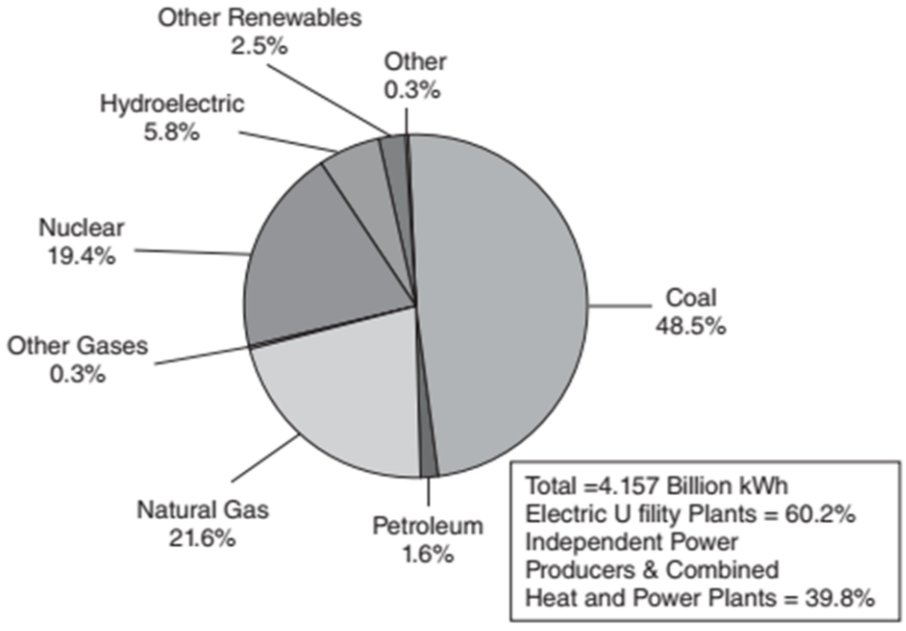
Lưới điện cung cấp năng lượng điện cho người dùng cuối, đó là những căn hộ hoặc những doanh nghiệp. Trong lưới điện, bất kỳ thiết bị tiêu thụ điện năng lượng nào cũng được gọi là tải. Trong hệ thống điện dân dụng, các loại tải có thể kể: điều hòa không khí, ánh sáng, tivi, tủ lạnh, máy giặt và máy rửa bát v.v. Tải trong công nghiệp là tải trọng hỗn hợp gồm động cơ cảm ứng tạo thành tải công suất lớn. Tải thương mại phần lớn gồm ánh sáng, máy tính văn phòng, máy Fotocopy, máy in laze và các hệ thống truyền thông. Tất cả các tải điện được phục vụ ở điện áp định mức. Đại lượng định định mức là đại lượng được quyết định bởi nhà sản xuất đảm bảo cho hoạt động an toàn của nó chúng. Trong phân tích lưới điện, chúng ta nghiên cứu cách thiết kế mạng lưới điện phục vụ các tải ở điện áp định mức của chúng với mức tối đa là 5% trên hoặc thấp hơn 5% so với giá trị định mức của các thiets bị. Trong chương này, chúng ta giới thiệu các khái niệm cơ bản về phụ tải lưới điện, tải một pha, tải ba pha, máy biến áp, hệ thống phân phối, truyền tải năng lượng và mô hình hóa lưới điện bằng cách sử dụng đại lượng tương đối. Ở các chương tiếp theo, sẽ đề cập đến các vi lưới thông minh và sự tích hợp của các nguồn năng lượng xanh và tái tạo vào nối với nhau để hình thành lưới điện lớn.

1.2 LƯỚI ĐIỆN NĂNG LƯỢNG

1.2.1 Số liệu cơ bản

Nếu không có quy hoạch và thiết kế các nhà máy điện, việc xây dựng hàng nghiêm km đường truyền, và điều khiển công suất tạo ra để cung cấp tải trên cơ sở thứ cấp-bởi- thức cấp, sự ổn định và tin cậy hệ thống năng lượng điện mà chúng ta dựa vào sẽ không tồn tại. Thế giới công nghiệp hóa hiện đại của chúng ta sẽ không thể phát triển nếu không có sự phát triển nhanh chóng quá trình phân tích diễn ra trên khắp thế giới vào đầu những năm 1900. Mặc dù chúng ta công nhận Thomas Edison là một nhà phát minh không mệt mỏi và nhà thiết kế nhà máy phát điện một

chiều (DC) đầu tiên vào năm 1882, nó là Nicola Tesla, người mà chúng ta nợ ông việc phát minh và thiết kế mạng lưới điện. Tesla đã phát triển một hệ thống điện dòng xoay chiều cạnh tranh với lưới điện DC của Edison cho phép biến đổi thành điện áp cao và được truyền qua những khoảng cách rất xa. Hệ thống này đang được sử dụng ngày nay. Charles Curtis đã thiết kế máy phát tuabin hơi nước đầu tiên ở Newport, Đảo Rhode vào năm 1903. Tuy nhiên, phải đến năm 1917, khi lâu đầu tiên - Khoảng cách đường dây tải điện cao thế xoay chiều được xây dựng và sau đó mở rộng qua các đường dây của bang mà lưới điện trở thành mạng lưới điện hàng ngày ở Hoa Kỳ. Hình 2.1 giới thiệu tổng quan về sản xuất điện trong thế kỷ 21 của Hoa kỳ. Theo Bộ Năng lượng Hoa Kỳ,từ 2006 đến 2007, mạng phát năng lượng điện tăng lên 234,157 tỷ kilowatt - giờ (kWh) lên 4,065 tỷ kWh. Sự gia tăng này chủ yếu là do sử dụng than, khí đốt tự nhiên và năng lượng hạt nhân. Trong năm



H.1.1. Mạng lưới phát năng lượng điện của Mỹ năm 2007

2007, tỷ trọng sản xuất dựa trên than là 2.016 triệu megawatt giờ (MWh), sản xuất dựa trên khí tự nhiên là 897 triệu MWh và phát điện dựa trên hạt nhân là 806

triệu MWh. Thị phần của các nguồn năng lượng tái tạo, chẳng hạn như năng lượng mặt trời và gió là khoảng 2,5%.

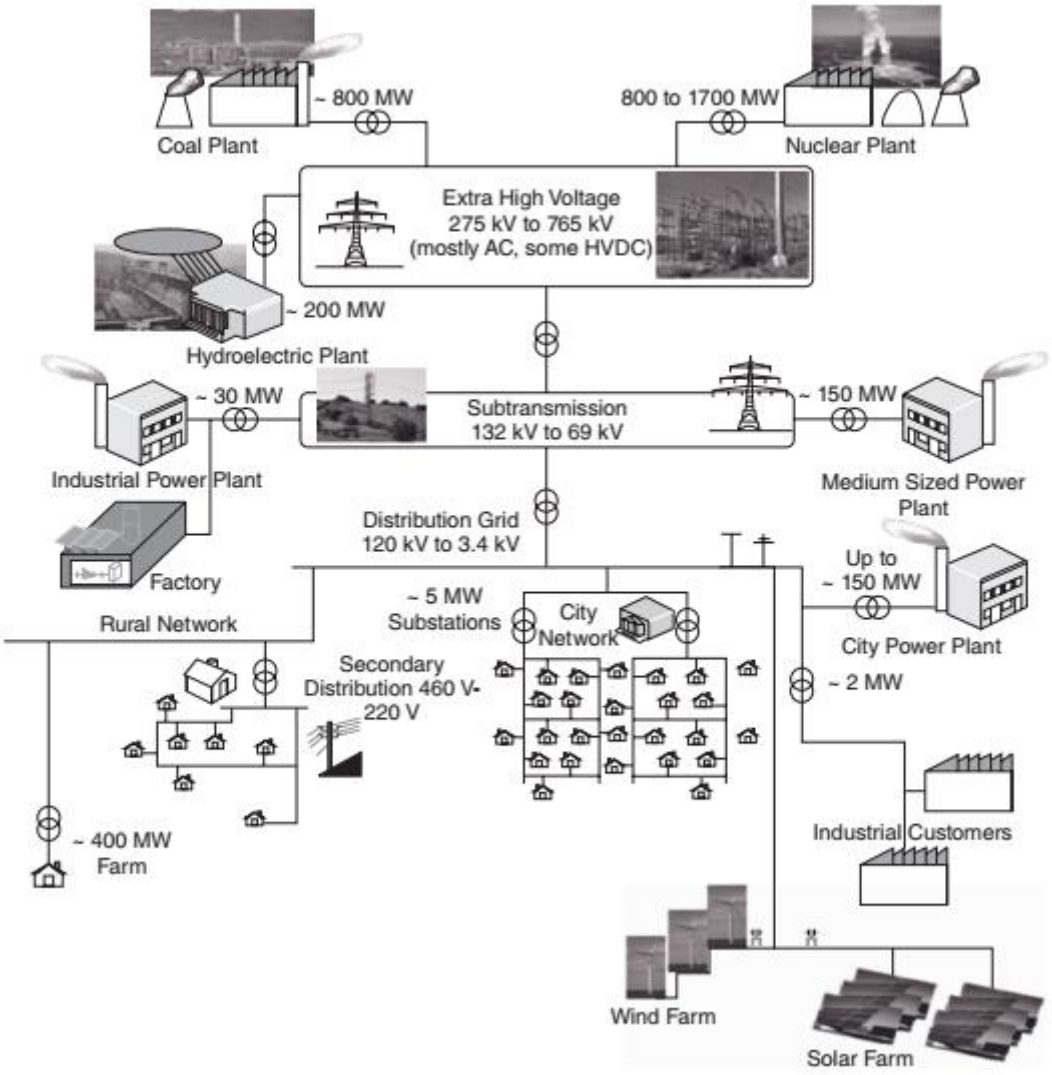
1.2.2 Xây dựng hệ thống lưới điện

Hệ thống lưới điện là mạng lưới các hệ thống truyền tải và phân phối điện từ nhà cung cấp đến người tiêu dùng. Lưới điện sử dụng nhiều các phương pháp phát điện, truyền tải và phân phối năng lượng. Tiếp theo cuộc khủng hoảng năng lượng những năm 1970, Chính sách Điều tiết Công ích Liên bang theo Đạo luật (PURPA) năm 1978 nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và tăng độ tin cậy của nguồn cung cấp điện. PURPA yêu cầu quyền truy cập mở cho các mạng lưới điện của các cơ sở sản xuất điện nhỏ, độc lập. Sau bãi bỏ quy định của công nhiệp năng lượng, các đơn vị phát điện của nhiều các công ty lưới điện bắt đầu hoạt động như những bộ phận kinh doanh riêng biệt. Các công ty phát điện mới tham gia thị trường điện với tư cách nhà sản xuất điện độc lập (IPP): IPP tạo ra nguồn điện được mua bằng điện lưới với giá bán buôn. Ngày nay, các trạm phát điện lưới đều sở hữu bởi các IPP, công ty điện lực và các thành phố trực thuộc trung ương. Khách hàng sử dụng cuối cùng được nối với hệ thống phân phối của các công ty lưới điện có thể mua điện với giá bán lẻ. Các công ty điện lực được gắn với nhau bằng các đường dây tải điện được gọi là kết nối. Một mạng liên kết được sử dụng để truyền điện giữa các công ty điện lực. Các mạng liên kết cũng được các công ty điện lực sử dụng hỗ trợ và tăng độ tin cậy của lưới điện vận hành ổn định và để giảm chi phí. Nếu một công ty bị thiếu công suất do các sự kiện không lường trước được, nó có thể mua điện từ các nước láng giềng thông qua đường truyền được kết nối các hệ thống. Việc xây dựng một trạm phát điện có công suất lớn, trong khoảng 500 MW có thể mất từ 5 đến 10 năm. Trước khi thi công một trạm phát điện như vậy, phải có giấy phép từ chính quyền. Các bên liên quan, công ty điện lực địa phương và các IPP sẽ phải thực hiện đánh giá kinh tế để xác định chi phí năng lượng điện trong suốt cuộc đời của kế

hoạch so với giá điện từ các nhà sản xuất khác trước khi quyết định xây dựng nhà máy.

Dưới một nền công nghiệp điện phi điều tiết, việc phát điện trên lưới điện và chi phí của năng lượng điện được xác định bởi cung và cầu. Ở Mỹ và hầu hết các quốc gia trên thế giới, mạng lưới điện liên kết được quy định bãi bỏ và mở cho tất cả các nhà sản xuất điện. Sự điều khiển của một mạng liên kết được duy trì bởi một nhà điều hành hệ thống độc lập (ISO). Các ISO chủ yếu quan tâm đến việc duy trì cân bằng điện tải tức thời và hệ thống phát điện để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định. ISO thực hiện chức năng của mình bằng cách điều khiển và điều động ít tốn kém nhất tổ máy phát điện để phù hợp với công suất phát ra với phụ tải hệ thống Trong lịch sử, các nhà máy điện nằm cách xa các khu vực đông dân cư. Các nhà máy được xây dựng ở nơi có nước và nhiên liệu (thường được cung cấp bởi than) có sẵn. Các nhà máy điện công suất lớn được xây dựng để tận dụng quy mô kinh tế. Nguồn điện được tạo ra trong dải điện áp 11 kilovolt (kV) đến 20 kV và sau đó điện áp được nâng lên một điện áp cao hơn trước đó kết nối với mạng truyền liên kết số lượng lớn. Đường dây tải điện cao thế (HV) được xây dựng trong phạm vi 138 kV đến 765 kV. Những đường dây nàu chủ yếu là trên khôngtrung. Tuy nhiên, ở các thành phố lớn, cáp ngầm cũng được sử dụng. Cáp gồm đồng hoặc nhôm. Một mối quan tâm chính trong truyền tải điện số lượng lớn là tổn thất điện năng trong đường dây tải điện, nhiệt đó bị tiêu tán dưới dạng nhiệt do điện trở của các vật dẫn. Dung lượng công suất được biểu thị bằng tích biên độ điện áp và biên độ dòng điện. Điện áp cao sẽ yêu cầu ít dòng điện hơn cho cùng một lượng điện năng và ít diện tích bề mặt của dây dẫn, dẫn đến giảm tổn hao dòng. Người phân phối đường dây phhan phối thường được coi là đường dây có điện áp định mức nhỏ hơn 69 kV. Đường dây tải điện lcoong suất lớnt giống như hệ thống đường cao tốc giữa các tiểu bang của ngành công nghiệp năng lượng, chuyển tải điện lượng lớn dọc theo các đường dây điện cao thế liên thông tại các vị trí chiến lược. Đường dây tải điện cao thế trong dải

từ 110 kV đến 132 kV được gọi là đường dây truyền tải phụ. Trong hình 1.2, các đường dây tải điện cung cấp điện cho các nhà máy, xí nghiệp công nghiệp lớn. Các nhà máy điện tuabin khí cung cấp năng lượng cho hệ thống truyền tải phụ như được hiển thị trong Hình 1.2.



H.1.2. Một Mạng lưới điện liên kết với sự xâm nhập cao của năng lượng xanh

Hệ thống phân phối được thiết kế để mang điện đến các đường trung chuyển và - khách hàng sử dụng. Các máy biến áp phân phối được kết nối với - phía điện áp của hệ thống truyền tải hoặc hệ thống truyền tải phụ. Đường dây phân phối có điệ áp

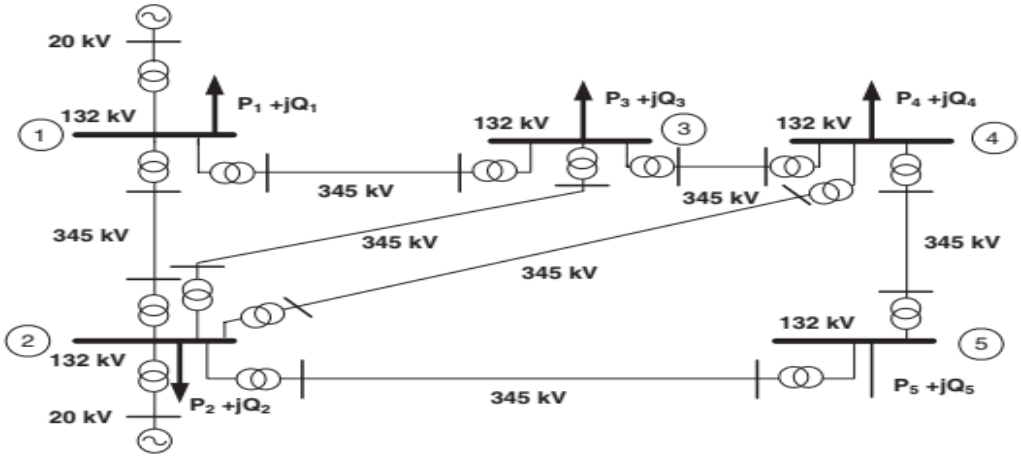
nằm trong khoảng 120, 208, 240, 277 và 480 volt. Điện áp dịch vụ của hệ thống phân phối phụ thuộc vào quy mô của dịch vụ về phụ tải. Tải trọng thương mại cao hơn được phục vụ ở 480 V. Hình 1.3 mô tả hệ thống điện năm cáp. Trong hình này, chúng ta có hai máy phát điện được kết nối với cáp(nút) 1 và 2. Máy biến áp năn áp nối máy phát điện với mạng điện số lượng lớn không được hiển thị. Các trung tâm tải được biểu diễn tại cácp (nút) 3, 4 và 5. Chúng ta sử dụng thuật ngữ cáp vì những điểm kết nối này là những thanh đồng kết nối các phần tử, chẳng hạn như máy phát điện, phụ tải và đường dây của lưới điện. Tất cả cáp (các nút) nằm trong trạm biến áp. Trong hình 1.3, chúng ta thấy một máy phát điện và một đường dây nối với cáp 1. Máy phát điện được thiết kế để tạo ra dòng điện xoay chiều ba pha (AC). Ba cuộn dây hoặc cuộn dây được phân bố hình sin mang dòng điện giống nhau trong máy phát điện có thể được thấy trong Hình 1.4. Hình 1.4 biểu diễn điện áp (hoặc dòng điện) hình sin theo thời gian. Trong Hình 1.4, từ 0 đến 360 ° (2π radian) được hiển thị dọc theo trục thời gian. Công suất mỗi hệ thống trên khắp thế giới hoạt động với tần suất cố định là 50 hoặc 60 chu kỳ môi giây. Dựa trên quy ước mã màu phổ biến, 6 màu đen được sử dụng cho một pha của hệ thống ba pha; nó biểu thị mặt đất là pha tham chiếu với góc không độ. Màu đỏ được sử dụng cho pha thứ hai, nó lêch pha 120 ° đối với pha đen. Màu xanh lam được sử dụng cho pha thứ ba, cũng lệch pha 120 ° với pha đen. Hình 1.4 mô tả màu này đại diện như đã cho trong mỗi pha.

1.3 CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ LƯỚI ĐIỆN

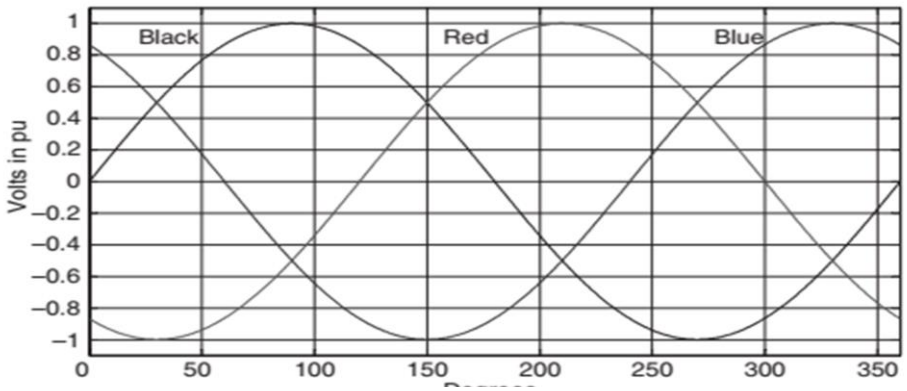
1.3.1 Thuật Ngữ Chung

Mức cao nhất của dòng điện mà một vật dẫn có thể mang theo xác định cường độ của nó: giá trị này là một hàm của diện tích mặt cắt ngang của vật dẫn.

• Công suất nguồn của một phần tử của lưới điện được đánh giá bằng vôn-ampe (VA)



H.1.3 Một số lưới điện lớn



H.1.4. Dạng sóng điện áp của máy phát điện 3 pha

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ LƯỚI ĐIỆN LỰC

- Các thuật ngữ chung

Đầu tiên, chúng ta hãy xác định một vài thuật ngữ phổ biến.

• Mức cao nhất của dòng điện mà một dây dẫn có thể mang xác định ampac của nó: giá trị này này là một hàm của tiết diện dây dẫn.

• Công suất của một phần tử của lưới điện được đánh giá bằng vôn-ampe (VA).

• Một nghìn VA là một ampe kilovolt (kVA).

• Một nghìn kVA là một ampe megavolt (MVA).

• Năng lượng là việc sử dụng năng lượng điện của các tải theo thời gian; nó được đưa vào kilowatt - giờ (kWh).

• Một nghìn kWh là một megawatt - giờ (MWh).

• Một nghìn MWh là một gigawatt - giờ (GWh).

1.3.2 Tính toán mức tiêu thụ điện năng

Công suất tiêu thụ trong mạch DC có thể được tính như sau:

$$P = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 R \tag{1.1}$$

Để tính công suất tiêu thụ trong đoạn mạch xoay chiều một pha, ta cần sử dụng liên

$$S = V \cdot I^* = |V||I|\angle(\theta_V - \theta_I) \tag{1.2}$$

Trong biểu thức 1.2, V và I là giá trị bình phương hiệu dụng (RMS) của điện áp và dòng điện. Hệ số công suất (cosφ-pf) được tính dựa trên góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện trong đó điện áp là pha chuẩn.

$$p.f. = \cos(\theta_V - \theta_I) \tag{1.3}$$

$$Z = \frac{|V|\angle\theta_V}{|I|\angle\theta_I}$$

Trong phương trình trên, θ = (θv-θI), cũng là góc của tổng trở. Công suất biểu kiến gồm công suất tác dụng P và công suất kháng Q như thể hiện trong Công thức 1.4

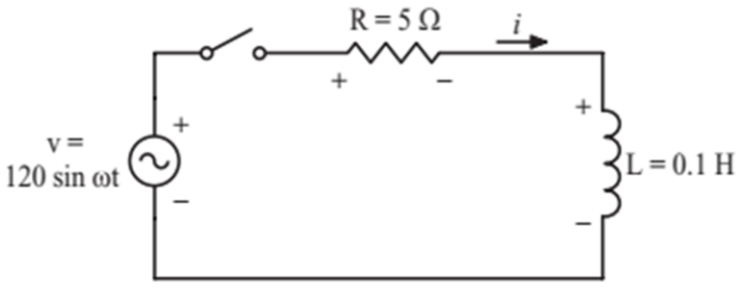
$$S = |V||I|(\cos\theta + j\sin\theta) = P + jQ \tag{1.4}$$

Đối với nguồn điện phức tạp, điện áp trên tải cũng có thể được biểu thị bằng: V =I. Z = · Do đó, chúng ta cũng có biểu thức sau cho công suất biểu kiến.

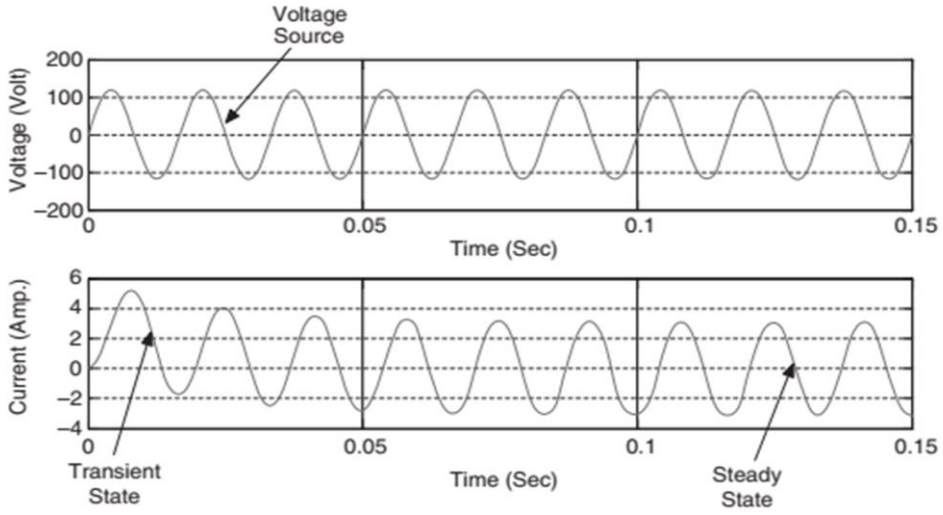
$$S = V \cdot I^* = V\left(\frac{V}{Z}\right)^* = \frac{|V|^2}{Z^*} \tag{1.5}$$

Chúng ta hãy xem lại mạch điện cảm ứng cơ bản, R - L như cho trong hình 1.5. Trong mạch mô tả ở hình 1.5, chúng ta đang sử dụng ký hiệu cực tính tiêu chuẩn. Chúng ta đánh dấu cực của mỗi phần tử bằng một dấu cộng và một dấu âm. Các dấu này tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng định luật Kirchhoff về điện áp. Các cực dương cho biết chiều của dòng điện trong mạch. Ví dụ, trong mạch này, điện áp nguồn tăng lên - từ cực trừ đến cực âm và nó bằng độ sụt áp trên tổng trở mạch.

$$S = V \cdot I^* = I \cdot Z \cdot I^* = |I|^2 Z \tag{1.6}$$



H.1.5. mạch điện đơn giản gồm R_L



H.1.6. Đáp ứng điện áp và dòng điện mạch H.1.5

Nếu tại t = 0, đóng công tắc, dòng điện đáp ứng được cho bởi phương trình vi phân sau:

$$v = Ri + L\frac{di}{dt} \qquad (1.7)$$

Trong phương trình 1.7, v và i là các giá trị tức thời của điện áp và cường độ dòng điện. Sau một thời gian, dòng điện đạt trạng thái ổn định. Điều kiện này được thể hiện trong Hình 1.6. Ở trạng thái ổn định, v và i có thể được biểu diễn bằng các dạng véc tơ là V và I. Trong cuốn sách này, chúng ta quan tâm đến việc thiết kế lưới điện cho trạng thái ổn định. Chúng ta biểu diễn hoạt động ổn định của mạch R,L như sau:

$$V = V_{rms}\angle\theta_V \qquad V_{rms} = \frac{120}{\sqrt{2}}$$

$$I = I_{rms}\angle\theta_I \qquad \theta_I = \omega t + \theta_{I,0}$$

trong đó V là giá trị hiệu dụng và θV là góc pha của điện áp và θI là góc pha của giá trị hiệu dụng dòng điện, được xác định bởi θV và góc tổng trở θ- θV- θI θI0 là góc ban đầu của dòng điện.

$$I = I_{rms} e^{j(\omega t + \theta_{I,0})} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = j\omega I_{rms} e^{j(\omega t + \theta_{I,0})} = j\omega I$$

Bây giờ phương trình vi phân trên có thể được trình bày ở trạng thái ổn định của nó như:

Nếu ký hiệu XL=jωL-là trở kháng thì (1.8) có thể viết:

(1.8)

$$V = (R + j\omega L)I$$

$$V = (R + jX_L)I \qquad (1.9)$$

Hãy đặt $$Z = R + jX_L = |Z|\angle\theta \qquad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) > 0$$

Chúng ta có : Θ = ΘV-ΘI nói chung ta chọn điện áp là =véc tơ so sánh nên ΘV=0

Do đó, công suấ $V = |V|\angle 0, \qquad I = \frac{V}{Z} = |I|\angle -\theta$

như: (1.10)

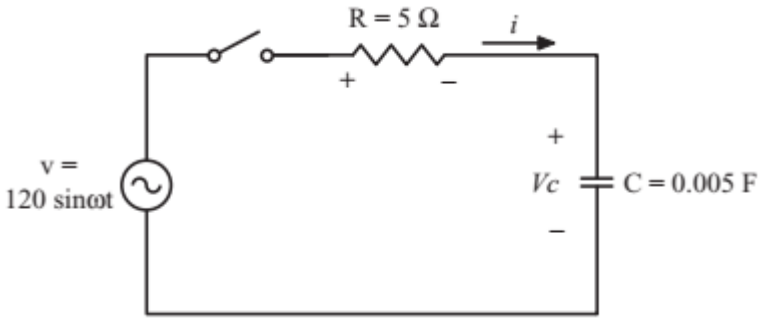
Như t $S = VI^* = |V||I|\cos\theta + j|V||I|\sin\theta = P + jQ.$ φ . Do đó, nguồn điện phải cung cấp công suất phản kháng cho tải. Công suất phản khascg do nguồn cung cấp được tiêu thụ bởi tải cảm ứng. Cái này có thể cũng được thể hiện dưới dạng:

$$S = VI^* = (R + jX_L)I \cdot I^* = |I|^2 R + j|I|^2 X_L = P + jQ$$

Bây giờ chúng ta hãy xem xét một mạch R - C được cho trong hình 1.7 bên dưới. Nếu tại t = 0, công tắc đóng, phương trình vi phân của hệ thống có thể là được trình bày dưới dạng:

$$v = RC\frac{dv_c}{dt} + v_c \qquad (1.11)$$

Trong phương trình 1.11 v và vc là các giá trị tức thời. Sau một thời gian, phản ứng quá độ mất đi và điện áp trên tụ điện đạt trạng thái ổn định. Điều này được thể hiện trong Hình 1.8. Ở trạng thái ổn định, điện áp nguồn V và điện áp tụ điện VC, có thể được biểu diễn bằng véc tơ V và VC. Bây giờ, nhận thấy rằng khi sử dụng các chữ cái viết hoa V và I để mô tả các giá trị tức thời.



H.1.7 mạch điện R-C

$$V = V_{rms}\angle\theta_V \qquad V_{rms} = \frac{120}{\sqrt{2}}$$

$$V_C = V_{C,rms}\angle\theta_{Vc}$$

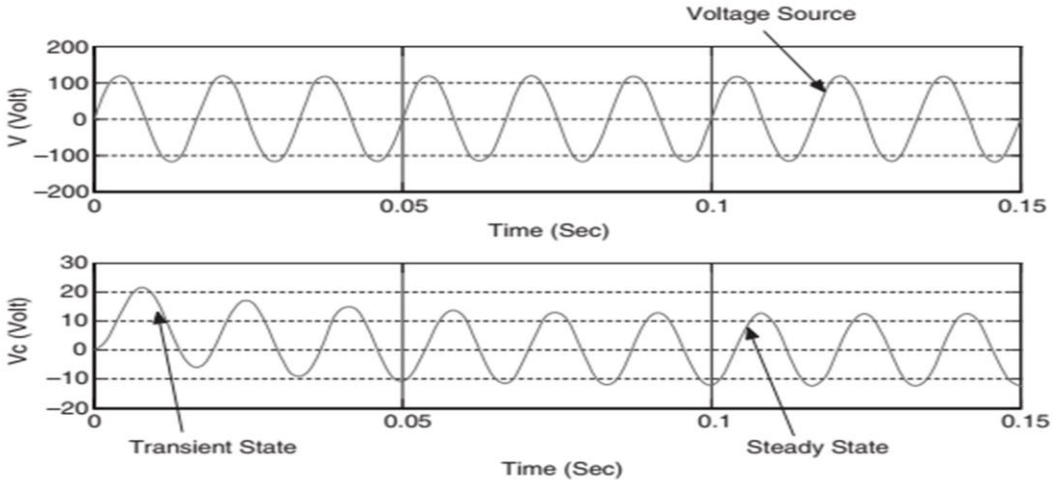
$$\frac{dV_C}{dt} = j\omega V_C \qquad I = C\frac{dV_C}{dt} = j\omega C V_C$$

Do đó ta có :

$$V_C = I \cdot \left(\frac{1}{j\omega C} \right) = I \cdot \left(-j \frac{1}{\omega C} \right)$$

Từ mạch hình 1.7 ta có:

$$V = \left(R - j \frac{1}{\omega C} \right) \cdot I$$



H.1.8. Điện áp (V) và điện áp trên tụ điện (VC) của mạch trên h.1.7

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \qquad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R} \right)$$

Trong đó và XC-gọi là dung kháng

Hãy đặt $Z = R - jX_C = |Z| \angle -\theta$ i

Nhận véc tơ cđiện áp lad véc tơ so sánh ta có :-Θ=ΘV-ΘI

$$V = |V| \angle 0, \qquad I = \frac{V}{Z} = |I| \angle \theta$$

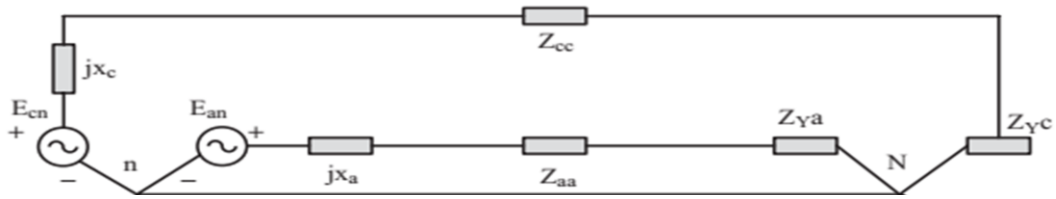
Do đó, đối với một tải tụ điện, dòng điện qua tụ điện vượt trước điện áp. Công suất do nguồn xoay $S = VI^* = |V||I|\cos\theta - j|V||I|\sin\theta = P - jQ$

Tụ điện là một nguồn phản kháng, công suất biểu kiến trong trường hợp này viết như sau:

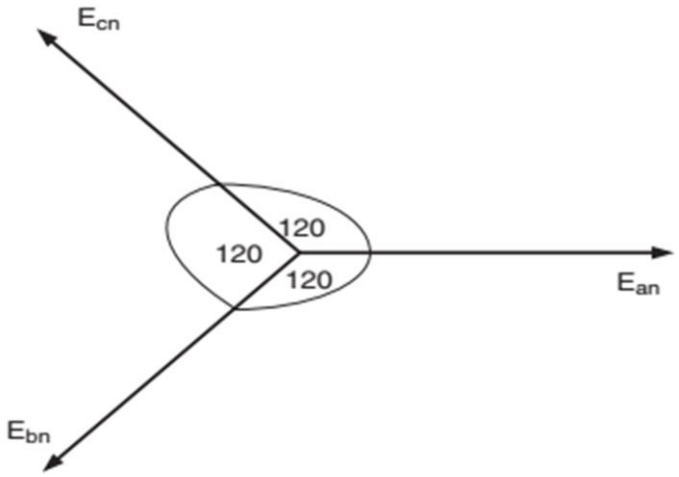
$$S = VI^* = (R - j\,X_C)I \cdot I^* = |I|^2 R - j\,|I|^2 X_C = P - jQ \qquad (1.13)$$

Các hệ số công suất(pf) được tính dựa trên góc giữa điện áp và dòng điện trong đó điện áp ở pha chuẩn và pf= cos(θV- θI) với giá trị vượt trước hoặc chậm sau. Đó là, đối với tải cảm ứng, dòng tải chậm hơn điện áp(cosφ>0) và đối với tải điện dung, dòng tải vượt điện áp(cosφ<0). Bởi vì trở kháng là tỷ số của điện áp trên dòng điện chạy qua trở kháng, trở kháng của tải cảm ứng có góc pha dương và trở kháng của tải điện dung có góc âm - pha. Trong một hệ thống điện tái tạo chẳng hạn như một hệ thống quang điện được được gọi là PV, chúng ta sẽ có một lượng nhỏ sản xuất năng lượng điện trong dải từ 5 kVA đến 10 kVA. Do đó, chúng ta có thể sử dụng hệ thống một pha để phân phối công suất cho các tải. Tuy nhiên, khi chúng ta phân phối điện từ hệ thống PV trong dải MW, chúng ta sẽ cần sử dụng hệ thống xoay chiều ba pha. Hệ thống xoay chiều ba pha có thể được coi là ba mạch một pha. Máy phát điện xoay chiều đầu tiên là một pha. Nhưng, máy phát điện ba pha có thể tạo ra công suất lớn gấp ba lần. Tuy nhiên, các máy phát điện có số pha cao hơn sẽ không tạo ra nhiều điện hơn theo tỷ lệ số pha. Hãy xem xét hệ thống ba pha bốn dây được cho trong Hình 1.9. Điện áp ba pha cân bằng được mô tả trong hình 1.10. Nói chung, hệ thống ba pha được thiết kế là hệ thống đối xứng. Do đó, chúng ta cùng sử dụng cấu trúc tương tự đối với máy phát điện, đường dây phân phối và phụ tải. Do đó, chúng ta có hệ thống cân đối xứng sau.

$$\begin{aligned} X_a &= X_b = X_c = X_s \\ Z_{aa} &= Z_{bb} = Z_{cc} = Z_{line} \\ Z_{Ya} &= Z_{Yb} = Z_{Yc} = Z_{load} \\ S_{aa} &= S_{bb} = S_{cc} = P_L + j\,Q_L \end{aligned} \qquad (1.14)$$



H.1.9. Hệ thống điện 3 pha 4 dây



H.1.10. Đồ thị véc tơ hệ 3 pha đối xứng

Khi máy phát 3 pha dối xứng có

$$E_{an} = E \angle 0$$
$$E_{bn} = E \angle -120 = E \angle 240$$
$$E_{cn} = E \angle 120 = E \angle -240 \quad (1.15)$$

:

$$E_{an} = I_a(Z_{Line} + R_L)$$
$$E_{bn} = I_b(Z_{Line} + R_L)$$
$$E_{cn} = I_c(Z_{Line} + R_L) \quad (1.16)$$

Do đó, một hệ thống ba pha đối xứng gồm máy phát điện, đường dây tải điện và phụ tải đối xứng như hình 1.11. Giả sử tải là điện trở thuần, nghĩa là ZY = RL hoặc SL = PL, và trở kháng đường truyền được gộp với trở kháng của máy phát, ZLine = RLine + jXLine + Rgen + jXgen. Chúng ta có thể viết các phương trình sau.

$$|I_a| = |I_b| = |I_c| = \frac{|E_{an}|}{|Z_{line} + R_L|} = \frac{|E_{an}|}{|Z\angle\theta|} \quad (1.18)$$

.

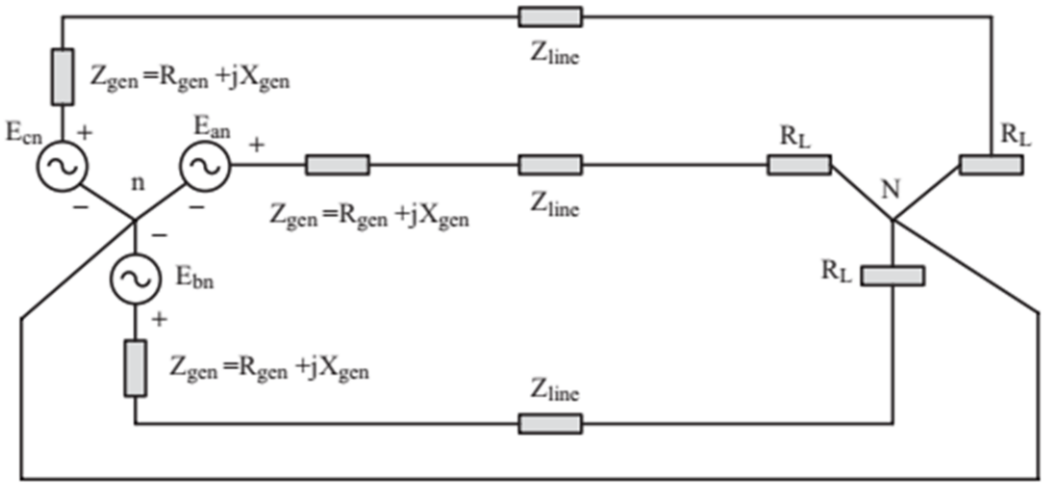
Trong đó:

$$Z = R_{Line} + j\,X_{Line} + R_L = (R + j\,X) = |Z|\angle\theta$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right) \quad \text{where} \quad R = R_{Line} + R \text{ and } X = X_{Line}$$

$$I_a = \frac{E}{|Z|}\angle -\theta \text{ and } I_b = \frac{E}{|Z|}\angle -120 - \theta \text{ and } I_c = \frac{E}{|Z|}\angle 120 - \theta$$

:



H. 1.11. Hệ thống lưới điện 3 pha đối xứng

Do đó, đối với một hệ thống ba pha đối xứng, các dòng điện cũng đối xứng. Chúng ta cần lưu ý rằng điện áp ba pha nằm trong một mặt phẳng và chúng lệch pha nhau một góc 120 °. Do đó, chúng ta có:

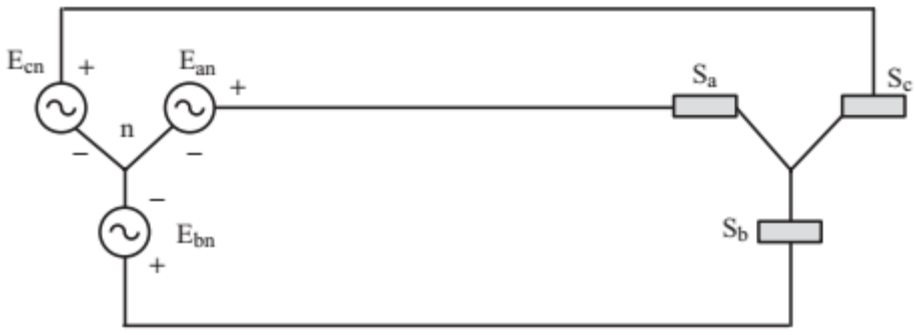
$$E_{an} + E_{bn} + E_{cn} = 0; \text{ or } E\angle 0 + E\angle -120 + E\angle 120 = 0$$
$$E + j\,0 + E\,(-0.5 - j\,0.866) + E\,(-0.5 + j\,0.866) = 0 \quad (1.19)$$

Tương tự, dòng điện ba pha nằm trong một mặt phẳng và chúng lệch pha nhau 120 °. Do đó, chúng ta có:

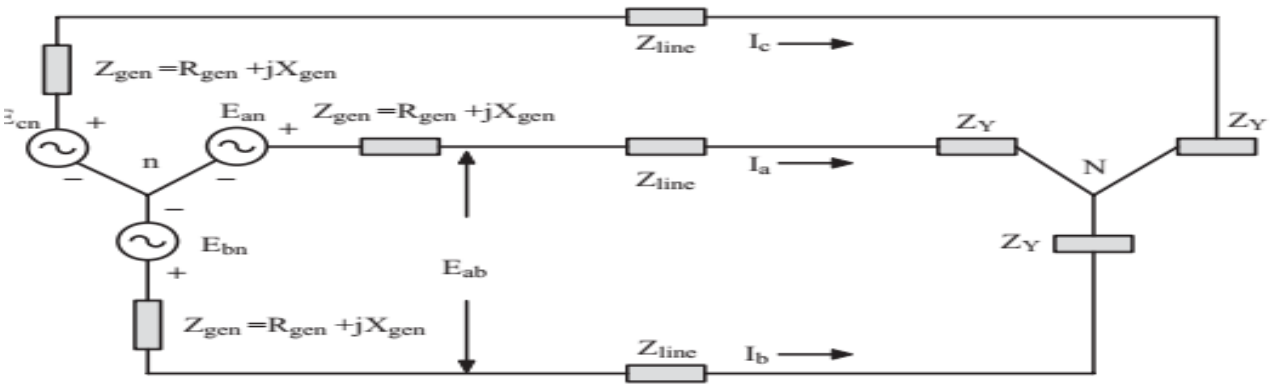
$$I_a + I_b + I_c = I_n \quad (1.20)$$

Tuy nhiên, đối với tải ba pha đối xứng, do đó tổng Ia + Ib + Ic = 0, nên In = 0. Trong trường hợp này, dây dẫn trung tính không mang dòng điện nào nên chúng ta có thể bỏ qua dây dẫn trung tính. Hình 1.12 cho thấy hệ thống phân phối ba pha ba dây. Xét hệ thống đối xứng ba pha trong Hình 1.13. Chúng tôi qui định điện áp pha và dòng pha như được hiển thị trong Hình 1.13 bởi :Ean, Ebn, Ecn- điện áp pha từ dây-trung tính, Ia, Ib, Ic - dòng điện hoặc dòng pha .Hãy phương trình cân bằng điện áp theo định luật Kirchhoff (KVL) cho một đường dẫn kín xung quanh dây a, b và n cho hệ thống ba pha Hình 1.14.

$$E_{ab} = E_{an} - E_{bn} \quad (1.21)$$



H1.12. Hệ thống phân phối 3 pha 3 dây

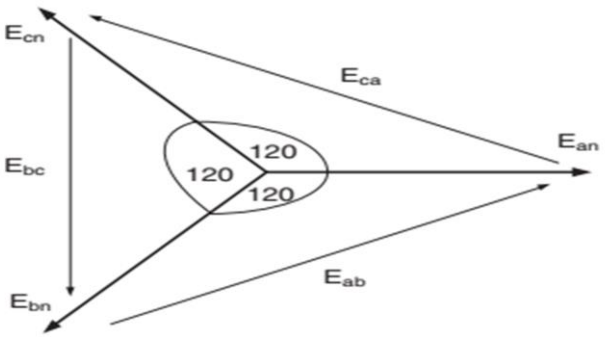


H1.13. Hệ thống phân phối 3 pha 3 dây đối xứng

Chúng ta có:

Do đó điện áp dây

$$E_{ab} = E\angle 0 - E\angle -120 = E - E\,(-1 - j\sqrt{3})/2$$
$$E_{ab} = \sqrt{3}\,E\,(\sqrt{3} + j\,1)/2 = \sqrt{3}\,E\angle 30 \text{ volts} \qquad (1.22)$$
$$E_{bc} = E_{bn} - E_{cn} = E\angle -120 - E\angle 120 = \sqrt{3}\,E\angle -90$$



H1.14 Điện áp dây và pha

Chúng ta có:

$$E_{ab} + E_{bc} + E_{ca} = 0 \quad (1.23)$$

$$E_{an} + E_{bn} + E_{cn} = 0 \quad (1.24)$$

Giả sử rằng chúng ta có một hệ thống ba pha cân bằng với tải trọng; do đó, chúng ta có:

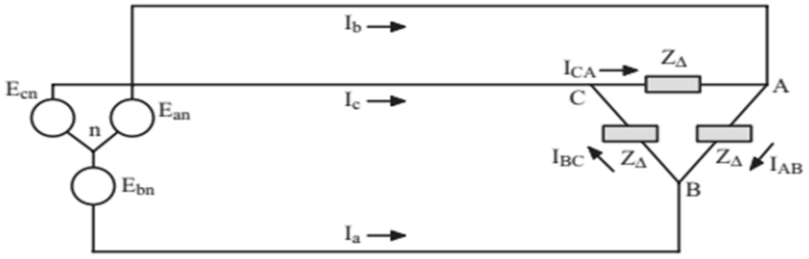
$$I_a = E_{an} / Z_Y, I_b = E_{bn} / Z_Y, I_c = E_{cn} / Z_Y$$

Bởi vì điện áp nguồn cân bằng và tải cân bằng, kết quả dòng điện cũng được cân

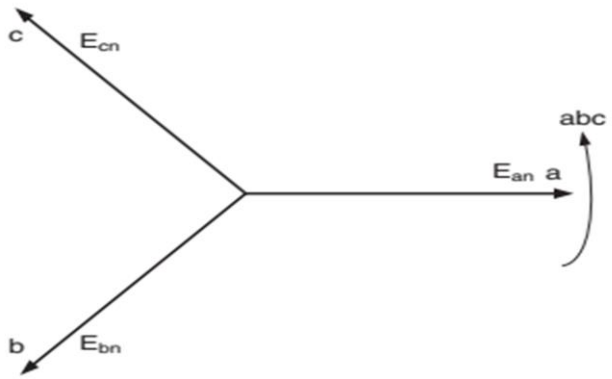
$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (1.25)$$

Chúng ta hãy coi các tải ba pha nối Δ như được cho trong hình 1.15. Chúng ta có

$$I_{AB} = E_{ab} / Z_\Delta$$
$$I_{BC} = E_{bc} / Z_\Delta \quad (1.26)$$
$$I_{CA} = E_{ca} / Z_\Delta$$



H.1.15.Hệ thống tải 3 pha nối tam giác



H.1.16. Hệ thống 3 pha đối xứng

Lưu ý rằng điên jasp 3 pha đối xứng nên có:

Hay:
$$\begin{aligned} E_{an} &= E \angle 0 \\ E_{bn} &= E \angle -120 \\ E_{cn} &= E \angle 120 \end{aligned} \qquad (1.27)$$

$$\begin{aligned} E_{ab} &= \sqrt{3}\, E_{an} \angle 30° = \sqrt{3}\, E \angle 30° \\ E_{bc} &= \sqrt{3}\, E_{bn} \angle (30-120)° = \sqrt{3}\, E \angle -90° \\ E_{ca} &= \sqrt{3}\, E_{cn} \angle (30+120)° = \sqrt{3}\, \mathrm{E} \angle 150° \end{aligned} \qquad (1.28)$$

Chúng tôi qui định các pha như trong Hình 1.16 là điện áp thứ tự thuận. Vì chúng ta chọn pha a làm điện áp tham chiếu, và theo sau là pha b lệch pha 120 ° và pha c lệch pha 240 ° so với pha a. Các dòng pha, IAB, IBC và ICA cũng được cân bằng vì tải cân bằng như được hiển thị bởi công thức 1.29.

$$\begin{aligned} I_{AB} &= \sqrt{3}\, E \angle 30° / Z_\Delta \\ I_{BC} &= \sqrt{3}\, E \angle -90° / Z_\Delta \\ I_{CA} &= \sqrt{3}\, E \angle 150° / Z_\Delta \end{aligned} \qquad (1.29)$$

Chúng ta giả thiết rằng các thông số của hệ thống trên h.1.25 là

$$E = 10\, V,\ Z_\Delta = 5 \angle 30° \,\Omega,$$

Lúc này chúng ta có:

$$\begin{aligned} I_{AB} &= \sqrt{3}\,(2) \angle 0° = 3.464 \angle 0°\ A \\ I_{BC} &= \sqrt{3}\,(2) \angle -120° = 3.464 \angle -120°\ A \\ I_{CA} &= \sqrt{3}\,(2) \angle 120° = 3.464 \angle 120°\ A \end{aligned}$$

Dòng điện dây có thể tính được bằng định luật 1 Kiêc chof cho các nút:

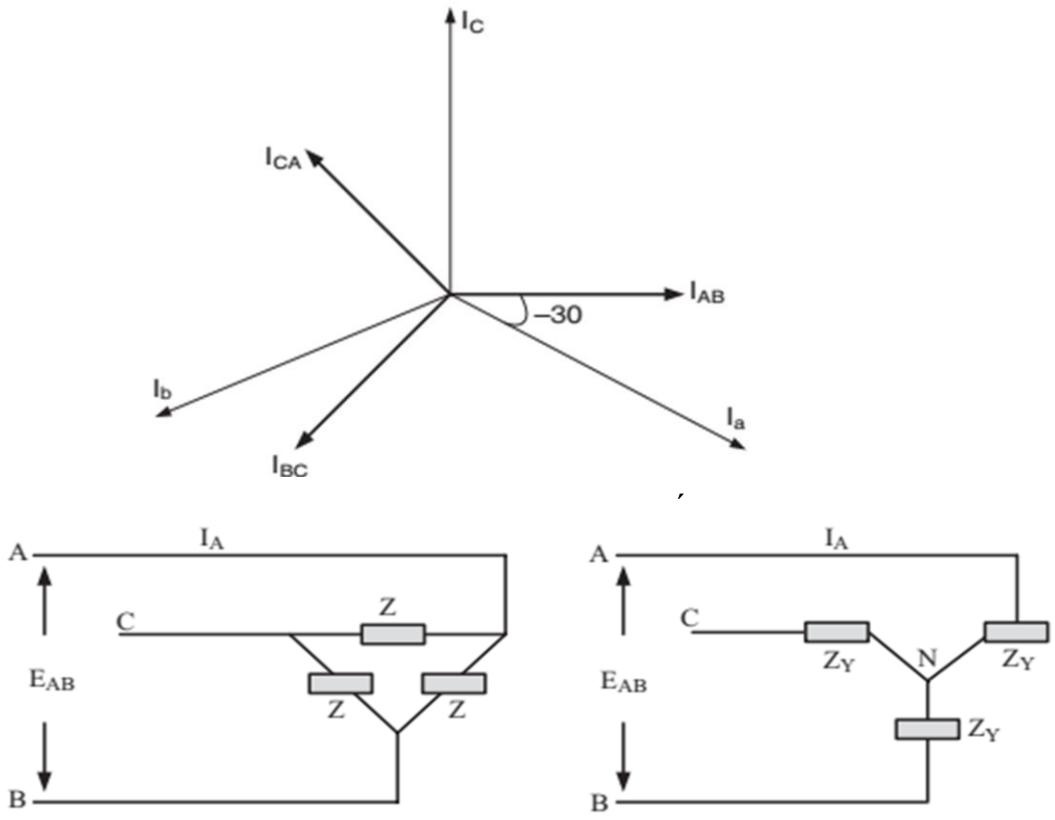
$$\begin{aligned} I_a &= I_{AB} - I_{CA} = 3.464 \angle 0° - 3.464 \angle 120° = \sqrt{3}\,(3.464 \angle -30°) \\ I_b &= I_{BC} - I_{AB} = 3.464 \angle -120° - 3.464 \angle 0° = \sqrt{3}\,(3.464 \angle -150°) \\ \mathrm{I_c} &= \mathrm{I_{CA}} - \mathrm{I_{BC}} = 3.464 \angle 120° - 3.464 \angle -120° = \sqrt{3}\,(3.464 \angle 90°) \end{aligned}$$

Lưu ý rằng khi nối Δ, các dòng IAB, ICA, IBC là cân bằng và các dòng dòng, Ia, Ib, và IC cũng cân bằng. Do đó, IAB + ICA + IBC = 0 và dòng điện trung tính (Ia+Ib+I+c =0) đối với tải được nối Δ. Đối với tải Δ cân bằng được cung cấp bởi nguồn cân bằng, thứ tự dương chúng ta có:

$$I_a = \sqrt{3}\, I_{AB} \angle -30°$$
$$I_b = \sqrt{3}\, I_{BC} \angle -30°$$
$$I_c = \sqrt{3}\, I_{CA} \angle -30°$$

$|I_{line}| = (\sqrt{3} I_{\Delta})$ ng dây chậm so với dòng pha một góc 300

Chúng ta có thể thay đổi tải được kết nối Δ thành tải tương đương Y của nó như được hiển thị trong Hình 1.18. Giả sử các điện áp cân bằng được áp dụng cho hai tải để dòng điện bằng nhau.



H.1.18 .Hệ thống 3 pha nối 2 tam giác và mạch nối sao tương đương

H.1.19 .Hệ thống 3 pha nối 2 tải tam giác và sao

Khi tải nối tam giác có:

$$I_A = \sqrt{3}\, I_{AB} \angle -30° = \sqrt{3}\, E_{AB} \angle -30° / Z_\Delta \qquad (1.30)$$

$$I_A = E_{AN} / Z_Y = E_{AB} \angle -30° / \sqrt{3}\, Z_Y; \quad \text{Note: } E_{AN} = E_{AB} /$$

Khi tải nối sao có:

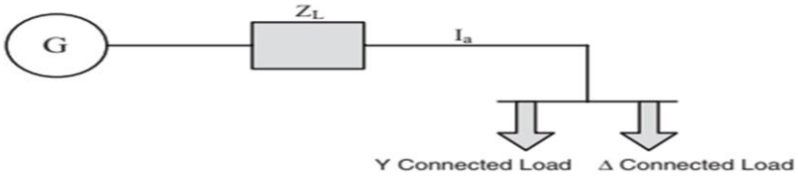
$$I_A = E_{AN} / Z_Y = E_{AB} \angle -30° / \sqrt{3}\, Z_Y; \quad \text{Note: } E_{AN} = E_{AB} / \sqrt{3}$$

$$\sqrt{3}\, E_{AB} \angle -30° / Z_\Delta = E_{AB} \angle -30° / \sqrt{3}\, Z_Y \qquad (1.31)$$

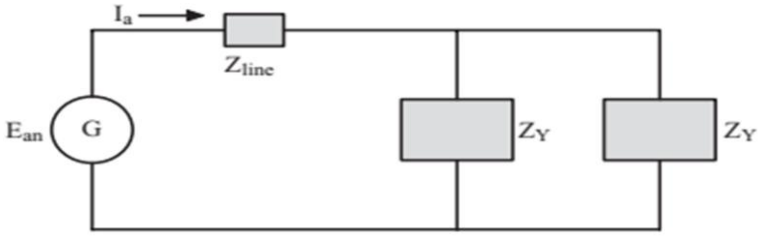
Vì rằng nên chúng ta có:

$$3\, Z_Y = Z_\Delta \text{ and } Z_Y = Z_\Delta / 3$$

Hệ thống ba pha với tải ba pha của nó có thể được biểu diễn bằng sơ đồ một dây. Ví dụ, Hình 1.19 mô tả một hệ thống ba pha cân bằng với tải nối Y - và Δ-. Chúng ta có thể biểu diễn hệ thống được mô tả trong Hình 1.19 bằng sơ đồ một đường (Hình 1.20). Trong sơ đồ một dây, các điện áp được cho là điện áp dây và công suất tiêu thụ được quy định cho cả ba pha. Chúng ta có thể đại diện cho một mạch tương đương pha với đường dây đến trung tính và công suất tiêu thụ mỗi pha. Hình 1.21 mô tả mạch tương đương một pha của Hình. 1,19 và 1.20.



H.1.20 Sơ dồ một dây của H.1.19



H.1.21.Mạch tương đương một pha của H.1.29

Nếu chúng ta nghiên cứu kỹ lưỡng các hệ thống ba pha, chúng ta nhận ra rằng ba - hệ thống pha là ba hệ thống một pha. Do đó, hệ thống ba pha có thể phân phối công suất gấp ba lần so với hệ thống một

$$S_{3\phi} = 3S_\phi = 3V_\phi I_\phi^* \qquad (1.32)$$

Tuy nhiên, vì điện áp pha bằng điện áp dây lửa-dây trung tính và điện áp dây được tính là $V_{L-L} = \sqrt{3}V_{L-N} = \sqrt{3}V_\phi$ (1.33) 34)

Công suất 3 pha có thể viết:

$$S_{3\phi} = \sqrt{3}V_{L-L}I_L^* = P_{3\phi} + jQ_{3\phi} \qquad (1.34)$$

Với mạch 3 pha nối sao ta có:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3}V_{L-L}I_L\cos\theta$$
$$Q_{3\phi} = \sqrt{3}V_{L-L}I_L\sin\theta \qquad (1.35)$$

(1.36)

Công suất biểu kiến như sau:

$$S_{3\phi} = \sqrt{(P_{3\phi}^2 + Q_{3\phi}^2)} \quad (1.37)$$

$$P_{3\phi} = S_{3\phi}\cos\theta \quad (1.38)$$

$$Q_{3\phi} = S_{3\phi}\sin\theta \quad (1.39)$$

Hệ số công suất biểu diễn =cosΘ có thể dương hoặc âm

Chúng ta luôn cần xác định hệ số công suất là dương hoặc âm. Khi chúng ta thể hiện hệ số công suất dương có nghĩa là dòng điện của tải chậm pha hơn điện áp. Hệ số công suất có thể biểu diễn:

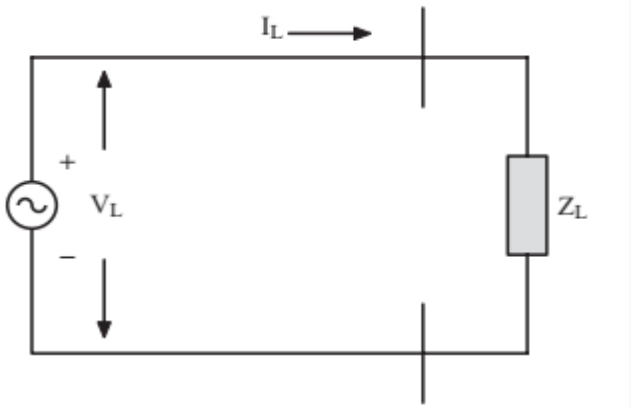
$$\text{p.f.} = \cos\theta = \frac{P}{|S|} \quad (1.40)$$

Nó có thể dương hoặc âm

Đối với một hệ số công suất dương, công suất phản kháng Q là dương. Do đó, tải tiêu thụ công suất phản kháng và góc pha, θ là dương. Tương tự, khi hệ số công suất là âm, Q, là âm. Do đó, tải tạo ra phản ứng công suất và tải là tải điện dung, và góc θ là âm. Để tính các ví dụ cần sử dụng số phức đẻ tính toán.

- CÁC MÔ HÌNH TẢI.

Chúng ta có thể biểu diễn một tải cảm ứng bằng trở kháng của nó như trong Hình1.22. Tổng trở tải, ZL là tải cảm kháng. Hầu hết các tải hệ thống điện là tải cảm kháng. Phần lớn động cơ công nghiệp, thương mại và dân dụng thuộc loại cảm ứng. Trong hình 1.22, điện áp tải VL là điện áp pha và IL là pha dòng điện cung cấp cho tải.



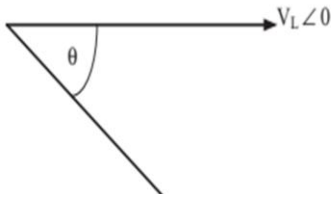
H.1.22. Mô hình tổng trở tải cảm kháng

$$Z_L = R_L + j\,\omega L = R + j\,X_L = |Z_L|\angle\theta$$
$$|Z_L| = \sqrt{R^2 + X_L^2},\ \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \qquad (1.41)$$

Công suất của tải cảm kháng biểu thị bằng công suất tác dụng và công suất phản kháng.

$$I_L = \frac{V_L\angle 0}{Z_L\angle\theta} = I_L\angle -\theta,\ I_L = \frac{|V_L|}{|Z_L|}\angle -\theta \qquad (1.42)$$

Với điện áp tải làm tham chiếu (tức là VL=|VL| ∠0), dòng điện tải chậm pha so với điện áp như hình 1.23.



H.1.23. Đồ thị véc tơ của tải tổng trở càm kháng

Công suất biểu kiến hấp thụ bởi một tải có thể được biểu thị bằng

$$S_L = V_L I_L^* = V_L (I_L \angle -\theta)^* = |V_L||I_L|\cos\theta + j|V_L||I_L|\sin\theta \quad (1.43)$$
$$S_L = |V_L||I_L| \text{ VA}$$
$$P = |V_L||I_L|\cos\theta \text{ W}$$

Và tổng công suất trên tải biểu thị bằng:

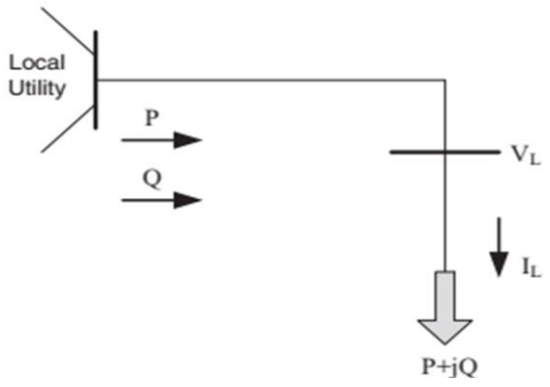
$$S = P + jQ, \text{ where } \theta = \tan^{-1}\frac{Q}{P} \text{ and p.f.} = \cos\theta, \text{ lagging}$$

Biểu diễn cong suat mo hinh tai cam ung duợc the hiện trong Hình 1.24. Hình 1.24 mô tả mức tiêu thụ tải cảm ứng của cả công suất tác dụng và công suất phản

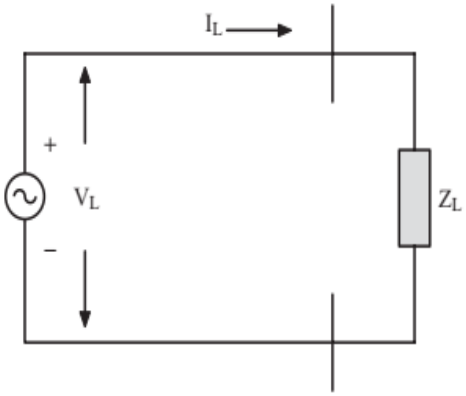
$$Z_L = R - jX_c = |Z_L| \angle -\theta$$
$$|Z_L| = \sqrt{R^2 + X_c^2}, \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_c}{R}\right) \quad (1.44)$$
$$I_L = \frac{V_L \angle 0}{Z_L \angle -\theta} = I_L \angle \theta, |I_L| = \frac{|V_L|}{|Z_L|} \angle \theta$$

kháng. Hình 1.25 mô tả mô hình tải trở kháng điện dung. Một lần nữa, điện áp tải là điện áp pha và là điện áp tham chiếu và dòng tải là dòng điện cung cấp cho tải.

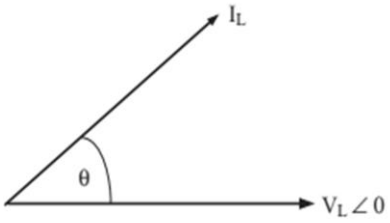
Với điện áp tải làm tham chiếu (tức là VL=|VL| ∠0), dòng điện tải vượt pha so với điện áp như hình 1.26.



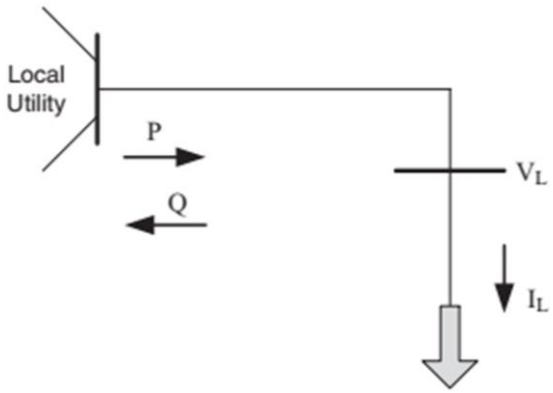
H.1.24. Biểu diễn công suất tải càm kháng



H.1.25. Mô hình tải dung kháng



H.1.26. Đồ thị véc tơ của tải dụng kháng



H.1.26. Đồ thị véc tơ của tải dụng kháng

Công suất biểu kiến do tải hấp thụ là

$$S_L = V_L I_L^* = V_L (I_L \angle \theta)^* = V_L I_L \angle -\theta = |V_L||I_L|\cos\theta - j|V_L||I_L|\sin\theta \quad (1.45)$$

$$S = P - jQ, \theta = \tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right) \text{ and power factor p.f.} = \cos\theta, \text{ leading}$$

Do đó, công suất tác dụng do tải tiêu thụ và công suất phản kháng là do tải dung kháng cấp cho mạng điện cục bộ. Gần đây, ngoài các tải trên đây còn thêm hệ thống truyền động tốc độ biến đổi được điều khiển bởi bộ biến đổi công suất, điều khiển nhiều loại động cơ. Ngoài ra, nhiều phụ tải điện tử công suất thâm nhập vào hệ thống điện. Các loại tải này hoạt động như tải phi tuyến và có thể hoạt động như tải cảm ứng và tải điện dung trong thời gian quá độ và ở trạng thái ổn định của chúng. Điều chỉnh hệ số công suất và điện áp ổn định đang là lính vực tích cực nghiên cứu.

Ví dụ 1.1

Xét một tải ba pha 480 V, 300 kVA với p.f. = 0,9 dương, công suất tác dụng, phản kháng, biểu kiến của phụ tải là bao nhiêu?

Giải:

Chúng ta có dữ liệu đã biết sau: |S| = 300 kVA, (pf)=cosφ = 0,9. Trong ví dụ này, chúng ta muốn tính P, Q, từ S. Đã biết S3φ và p.f .; do đó, chúng ta có thể tính P3φ.

$$P_{3\phi} = |S_{3\phi}| \cos\theta = 300 \times 0.9 = 270 \text{ kW}$$
$$Q_{3\phi} = |S_{3\phi}| \sin\theta = 300 \times 0.4359 = 130.77 \text{ kVAr}$$

Ta có Q>0 đó là tải cảm kháng.

$$S = 270 + j\,130.77 = 300 \angle \cos^{-1}(0.9) \text{ kVA}$$

Ví dụ 1.2

Xét một tải ba pha 480 V, 240 kW với p.f. = 0,8 dương, công suất tác dụng, phản kháng, biểu kiến là bao nhiêu?

Giải :Chúng ta có dữ liệu đã biết sau:

P=240kW, cosϴ=pf=0,8

Ta có thể tính Q và S từ P:

$$|S| = P/\cos\theta = 240/0.8 = 300\ \text{kVA}$$
$$Q_{3\phi} = |S_{3\phi}|\sin\theta = 300 \times 0.6 = 180\ \text{kVAr}$$

Q>0 nên tải cảm kháng

$$S = 270 + j\ 180 = 300\ \angle\cos^{-1}(0.8)\ \text{kVA}$$

Ví dụ 1.3

Xét một tải ba pha 480 V, 180 kVA với cosΘ=p.f. = 0,0 , công suất tác dụng, phản kháng, biểu kiến của phụ tải là bao nhiêu?

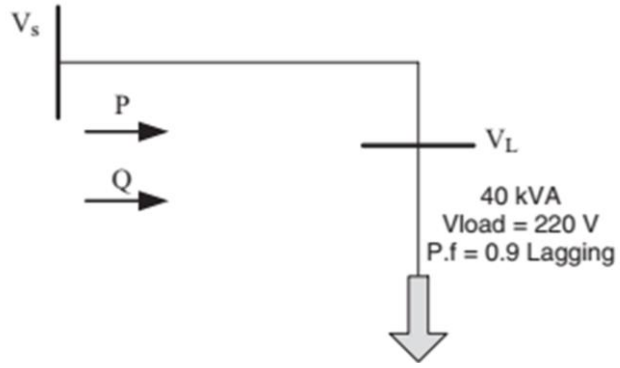
Giải Chúng ta có dữ liệu sau|S|=128KVA, cosΘ=0,0

Có thể tính P, Q, S, từ P3Φ

$$P_{3\phi} = |S_{3\phi}|\cos\theta = 180 \times 0.0 = 0$$
$$Q_{3\phi} = |S_{3\phi}|\sin\theta = 180 \times (-1) = -180\ \text{kVAr}$$

Q<0 do đó tải mang tính dung kháng

Ví dụ 1.4 Đối với tải cảm kháng một pha, cho dưới đây trong Hình 1.28, tính toán dòng điện.



H.1.28

Giải :

$$kVA = |V||I_L| \times 10^3$$
$$|I_L| = 40 \times 10^3 / 220 = 181.8$$
$$I_L = 181.8\angle -25.8°\ \text{A}$$

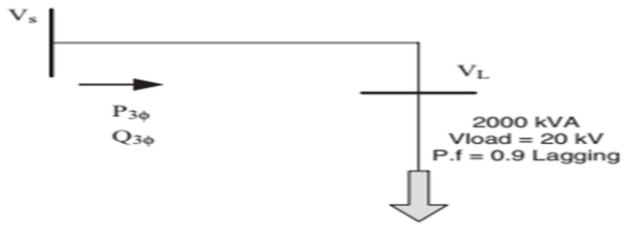
Ví dụ 1.5

Đối với tải điện cảm ba pha cho trong Hình 1.29, hãy tính dòng điện.

Giải

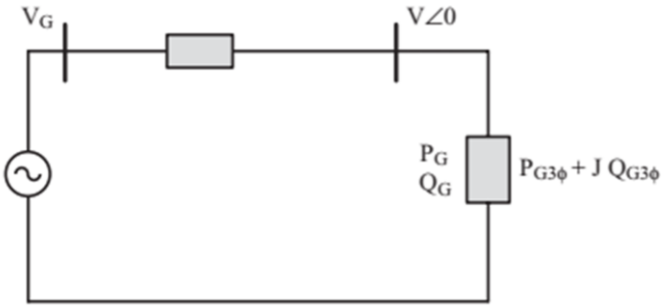
$$kVA_{3\phi} = 2000 \qquad V_{L-L} = 20 \text{ kV}$$

$$kVA = \sqrt{3} V_{L-L} I_L$$



H.1.29

H.1.30



H.1.31

$$|I_L| = 2000/\sqrt{3} \times 20 = 57.8 \text{ A} \qquad I_L = 57.8\angle -25.8°$$

$$P_{3\phi} = kW = kVA \cos\theta = 2000 \times 0.9 = 1800 \text{ kW}$$

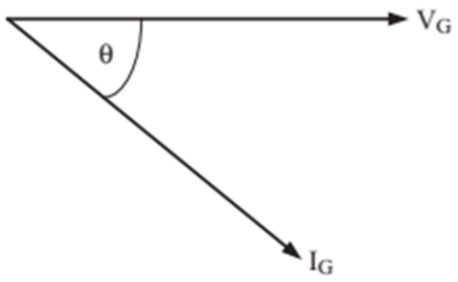
$$Q_{3\phi} = kVar = kVA \sin\theta = 2000 \times \sin(25.8°) = 870.46 \text{ kVAr}$$

Ví dụ 1.6

Xét máy phát điện trong Hình 1.30 đang hoạt động với hệ số công suất dương. Tính công suất tác dụng và phản kháng cung cấp cho hệ thống.

Hình 1.31 mô tả mô hình mạch tương đương của Hình 1.30; Hình 1.32 là điện áp máy phát điện và dòng điện máy phát điện.

$$S_{3\phi} = 3V_G I_G^* = P_{G3\phi} + j\,Q_{G3\phi}$$



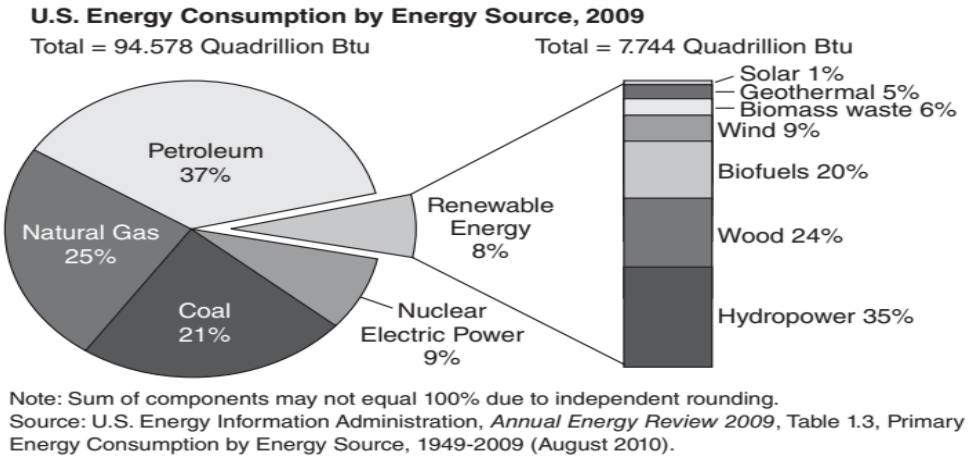
H.1.32

CHƯƠNG 2. HỆ THỐNG LƯỚI ĐIỆN NHỎ NĂNG LƯỢNG GIÓ

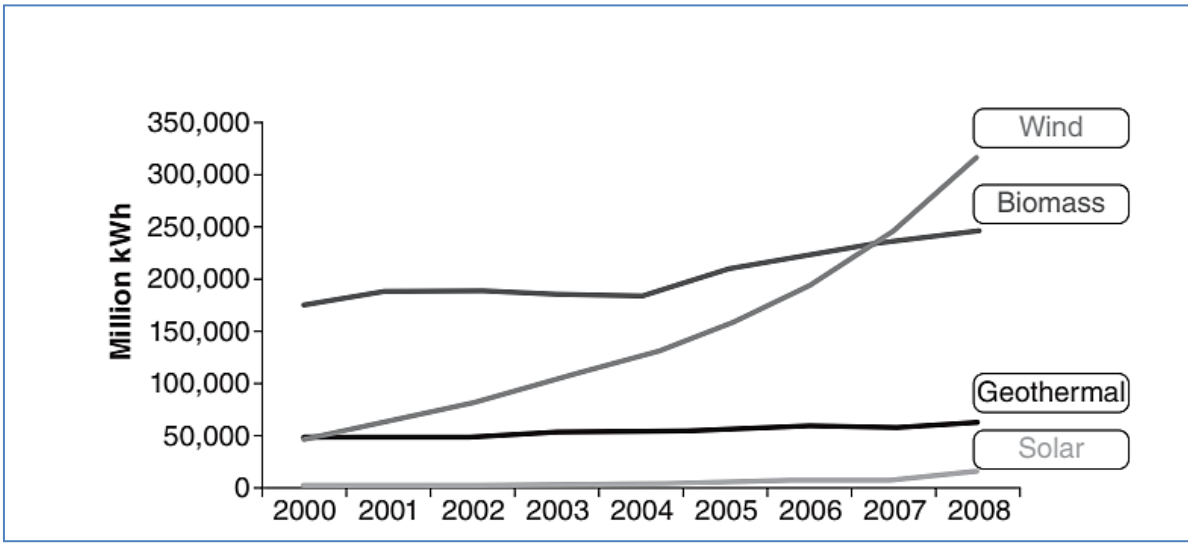
2.1 GIỚI THIỆU

Các nhà sử học ước tính rằng năng lượng gió đã được sử dụng để lái tàu kể từ khoảng 3200 TCN. Những chiếc cối xay gió đầu tiên được phát triển ở Iran (Ba Tư) để bơm nước và mài hạt. Đan Mạch đã phát triển tuabin gió đầu tiên cho phát điện ba thành phố vào năm 1891. Ngày nay, hơn 20% điện năng của Đan Mạch được sử dụng từ năng lượng gió và ngành năng lượng gió của Đan Mạch có 27% thị phần thị trường toàn cầu. Năng lượng gió được thu nhận từ cơ năng của gió và chuyển đổi thành năng lượng điện sử dụng quá trình cổ điển của định luật cảm ứng Faraday. Hình 6.1 mô tả sự phân bố năng lượng tiêu thụ theo nguồn năng lượng từ năm 2004 đến năm 2009 theo quyết định của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE). Mặc dù sản xuất năng lượng tái tạo nhỏ, nhưng điện tái tạo sản xuất ở Hoa Kỳ (không bao gồm thủy điện) đã tăng gần gấp ba kể từ năm 2000. Năm 2009, khoảng 10% điện năng của Hoa Kỳ được tạo ra từ nguồn tái tạo có thể . Phòng thí nghiệm Năng lượng tái tạo

Quốc gia (NREL) của Bộ của Năng lượng (DOE) của Hoa Kỳ được dành riêng cho việc nghiên cứu, phát triển, thương mại hóa và triển khai các nguồn năng lượng tái tạo. Các NREL cung cấp dữ liệu gió theo vị trí của Hoa Kỳ; mọi người được khuyến khích đến thăm trang web NREL để lấy dữ liệu về năng lượng gió trong khu vực địa lý của họ.



Hình 2.1 Tiêu thụ năng lượng ở hoa kỳ ,2004-2009



Hình 2.2 Sản xuất điện trên toàn thê giới cho gió, sinh khôi, địa nhiệt

2.2 NĂNG LƯỢNG GIÓ

Năng lượng gió, là một trong những nguồn tài nguyên dồi dào nhất của chúng ta, công nghệ năng tái tạo đang phát triển nhanh nhất trên toàn thế giới như trong Hình 2.2. Tuabin cải tiến và các thiết kế bộ biến đổi điện đã thúc đẩy sự sụt giảm đáng kể chi phí phát điện năng lượng gió khiến nó trở thành nguồn điện ít tốn kém nhất - từ 37 cent / kWh năm 1980 xuống 4 cent / kWh năm 2008. Năm 2008, năng lượng gió trên toàn thế giới tạo ra 331.600 triệu kWh, chiếm 1,6% tổng số sản xuất điện - làm cho gió trở thành nguồn tài nguyên cao thứ hai sau thủy điện (16,6%), trong khi đóng góp của công nghệ quang điện (PV) chỉ là 0,1%.

Chỉ riêng Hoa Kỳ sở hữu hơn 8.000 GW gió từ các nguồn tài nguyên đất liền phù hợp để khai thác và thêm 2.000 GW tài nguyên nước nông ngoài khơi. Với tổng công suất phát điện của Hoa Kỳ là 1.109 GW vào năm 2008, các nguồn gió chưa được khai thác ở Hoa Kỳ lớn gấp gần 8 lần. Chuyển động gió toàn cầu được dự đoán dựa trên chuyển động quay của trái đất và theo khu vực và các biến đổi theo mùa của bức xạ mặt trời và hệ thống phát nhiệt. Ảnh hưởng cục bộ đến gió bao gồm sự nóng lên khác nhau của đất và biển, và địa hình như núi và thung lũng. Chúng ta luôn mô tả gió bằng tốc độ và hướng của nó. Tốc độ của gió được xác định bởi một máy đo gió, đo tốc độ góc quay và chuyển nó thành gió tuyến tính tương ứng của nó tốc độ tính bằng mét mỗi giây hoặc dặm mỗi giờ. Cơ chế xác định tốc độ gió trung bình khai thác tiềm năng năng lượng gió tại một địa điểm cụ thể. Đo tốc độ gió được ghi lại trong khoảng thời gian 1 năm và sau đó được so sánh với một trang web lân cận với dữ liệu dài hạn có sẵn để dự báo tốc độ gió và tiềm năng của vị trí để cung cấp năng lượng gió. Bản đồ tài nguyên năng lượng gió cho Hoa Kỳ tiếp giáp từ NREL được hiển thị trong Hình 2.3 (a). Bản đồ này dựa trên mức trung bình hàng năm của vị trí tốc độ gió và mật độ năng lượng gió (tính bằng W / m2) ở chiều cao

tháp 60 - m (164 ft); nó có thể được sử dụng để đánh giá trang web ban đầu. Vùng ven biển có tiềm năng năng lượng gió lớn; tuy nhiên, 90% tài nguyên gió có thể sử dụng của Hoa Kỳ nằm ở vành đai gió trải dài 11 tiểu bang Great Plains. Tính đến ngày 30 tháng 9 năm 2009, 36.698 MW điện gió đã được lắp đặt trên khắp Hoa Tuabin gió trục ngang được chế tạo cho các hệ thống con sau đây:.

1. Cánh gió: Hai hoặc ba cánh được gắn vào tâm của trục (rôto) của máy phát điện gió; chúng được làm bằng epoxy mật độ cao hoặc sợi thủy tinh vật liệu tổng hợp. Gió tác động một lực cản vuông góc với các cánh và tạo ra lực nâng lên các cánh làm quay rôto. Các mặt cắt ngang của cánh được thiết kế để giảm thiểu lực cản và tăng lực nâng để tăng công suất đầu ra của tuabin ở các tốc độ khác nhau.

2. Rôto: Rôto truyền cơ năng của gió và hoạt động để cấp nguồn cho máy phát điện.

3. Điều khiển góc nghiêng cánh sử dụng động cơ điện hoặc cơ cấu thủy lực. Nó được sử dụng để quay (hoặc làm nghiêng) các cnahs gió tối đa hóa khả năng thu năng lượng của tuabin hoặc để giảm tốc độ quay của rôto khi gió lớn.

4. Hệ thống hãm rôto được sử dụng để dừng rôto để bảo dưỡng. Một số tuabin tiên tiến sử dụng phanh thủy lực để cắt vào và cắt ra tốc độ gió khi sản lượng điện tuabin quá thấp hoặc quá cao.

5. Trục tốc độ thấp được thiết kế để truyền công suất cơ học của rôto với tốc độ 30 - 60 vòng / phút vào hộp số.

6. Một hộp số được sử dụng để ghép nối các trục tốc độ thấp và tốc độ cao đến tốc độ quay 1200 - 1600 vòng / phút phù hợp với máy phát điện. Hộp số có những nhược điểm như tiếng ồn, giá thành cao tổn thất do ma sát và các yêu cầu bảo dưỡng, loại trừ chúng sử dụng trong một số thiết kế tuabin.

7. Máy phát điện cảm ứng và máy phát điện nam châm vĩnh cửu được sử dụng cho tuabin gió.

8. Bộ điều khiển gió được sử dụng để điều chỉnh và điều khiển điện của tuabin và hoạt động cơ học.

9. Một máy đo gió được sử dụng để đo tốc độ gió và gửi các phép đo tới bộ điều khiển.

10. Chong chóng thời tiết là một công cụ để hiển thị hướng gió. Chong chóng được sử dụng để xác định hướng gió và gửi nó đến bộ điều khiển, lần lượt ra lệnh cho bộ truyền động ngang nhắm vào mũi tuabin hình nón theo hướng thích hợp khi hướng gió thay đổi.

11. Một vỏ bọc được sử dụng như một vỏ bọc hợp lý chống thời tiết cho ở trục, máy phát điện, bộ điều khiển và phanh rôto.

12. Một trục tốc độ cao được sử dụng để ghép hộp số và rôto của máy phát điện.

13. Một bộ truyền động ngang được sử dụng để định hướng thanh trục và rôto bằng cách sử dụng động cơ ngang hoặc cơ cấu thủy lực.

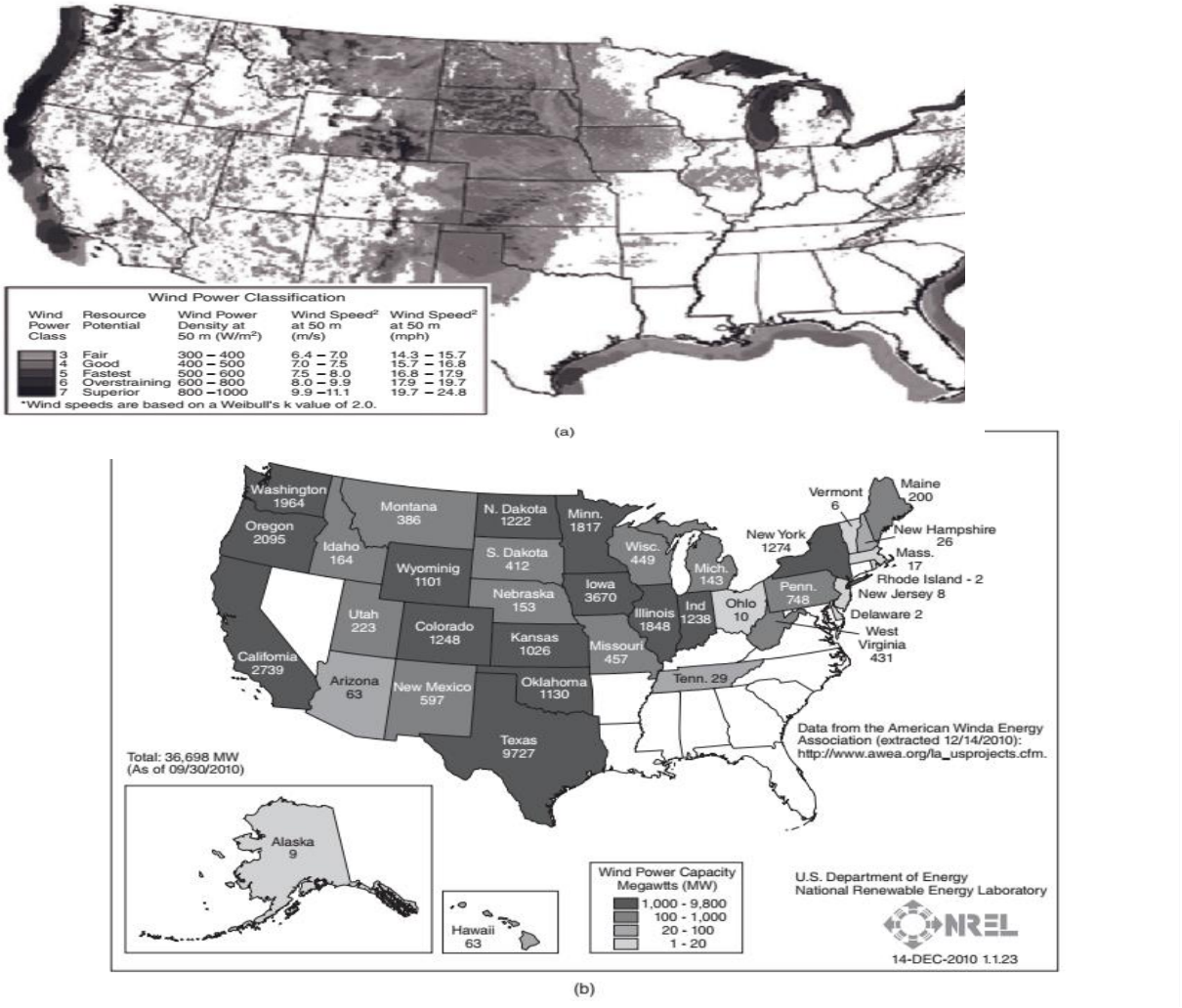
14. Một động cơ ngang được sử dụng để di chuyển trục quay với các thành phần của nó.

15. Một tháp được sử dụng để nâng tuabin và giữ các cánh quạt và vỏe. Tháp tuabin có dạng hình ống với chiều cao xấp xỉ bằng đường kính rôto; tuy nhiên, chiều cao tối thiểu là 26 mét để tránh nhiễu loạn. Phụ lục D đưa ra tóm tắt về ước tính công suất cơ học của gió.

2.3 MÁY PHÁT ĐIỆN TURBINE GIÓ

Máy phát điện tuabin gió (WTG) đang tiến bộ nhanh chóng cả về công nghệ và công suất lắp đặt. Hệ thống máy phát điện gió truyền thống đã thống trị thị trường gió trong nhiều năm. Công nghệ tuabin gió được phân loại dựa trên đặc điểm tốc độ của chúng. Chúng có tốc độ cố định hoặc thay đổi. Tốc độ của tuabin gió thường thấp. Các WTG cổ điển có hai loại: (1) cuộn dây rôto dây quấn, và (2) động cơ lồng sóc. Các hệ thống này sử dụng hệ thống bánh răng nhiều tầng được ghép với máy phát cảm ứng lồng sóc tốc độ cố định (SCIG), được nối trực tiếp với lưới điện.

Hình 6.5 (a) mô tả sự phân bố của cuộn dây stato và rôto. Các biểu diễn tập trung của cuộn dây stato và rôto được biểu diễn trong Hình 2.5 (a). Tuy nhiên, trong thực tế, các cuộn dây của stato và rôto là các cuộn dây hình sin phân bố xấp xỉ. Trục của các cuộn dây này bị dịch chuyển 120 °. Phân bố hình sin của cuộn dây stato được đo với góc φs và phân bố hình sin của cuộn dây rôto được đo với góc φr. Góc θr đại diện cho góc của rôto khi nó quay xung quanh lỗ khe hở không khí

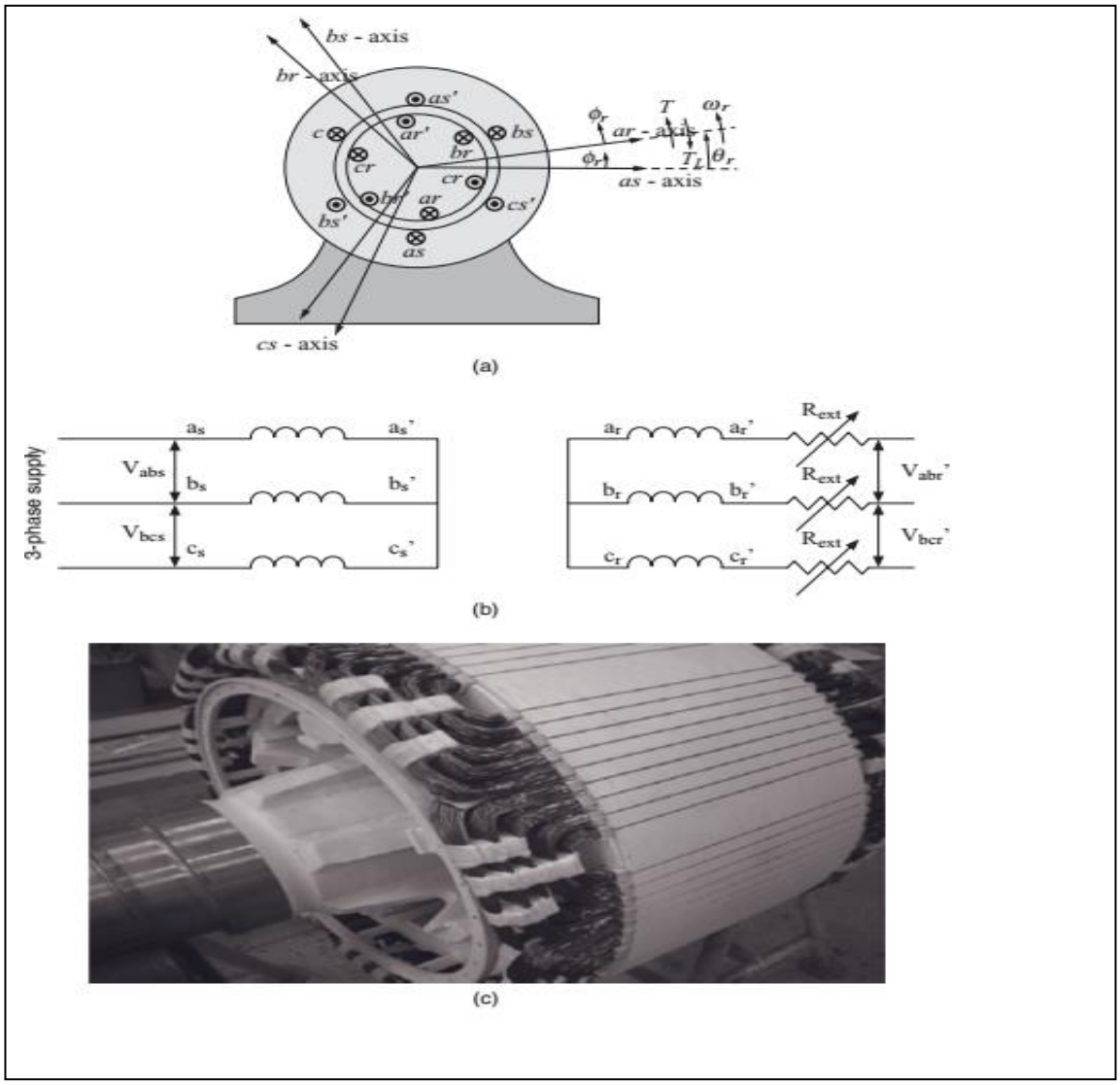


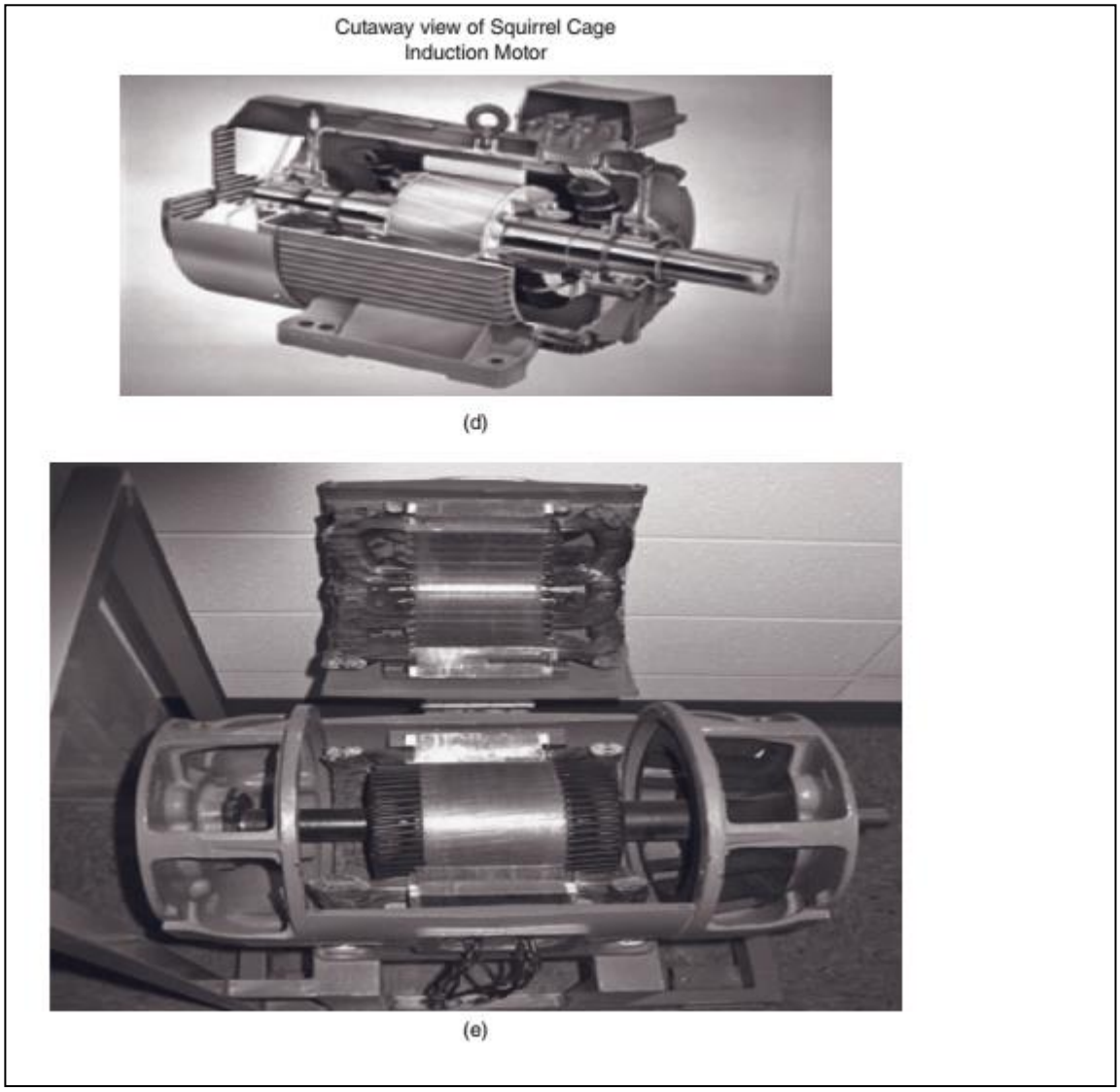
Hình 2.3 (a) Bản đồ tài nguyên gió của Hoa Kỳ tiếp giáp với các phân loại điện gió được chỉ ra theo khu vực, (b) Năng lượng gió đã lắp đặt ở Hoa Kỳ tính đến năm 2009

Hình 2.4 Hệ thống tuabin gió (Ảnh từ phòng thí nghiệm Năng lượng tái tạo quốc gia)

Khi các cuộn dây của stato được kích thích với dòng hình sin cân bằng ba pha, mỗi cuộn dây pha tạo ra một từ trường vectơ hình sin đập mạch dọc trục cuộn dây và chỉ đến nơi có trường cực đại dương như hình vẽ trong Hình 2.5 (a). Ảnh hưởng của phân bố trường vectơ cuộn dây ba pha là tương đương với việc có một trường vectơ phân bố hình sin duy nhất. Đối với một máy điện hai cực, nếu cuộn dây stato được kích thích bằng nguồn 60 Hz thì tốc độ đồng bộ của trường vectơ hai cực là 3600 vòng / phút. Một công tắc điện tử được sử dụng để cung cấp khởi động mềm để kết nối trơn tru và ngắt kết nối máy phát điện với lưới điện bằng cách hạn chế sự khởi động không mong muốn dòng điện đến khoảng 1,6 lần dòng điện danh định. Bộ ngắt mạch có thể được được điều khiển tự động bằng vi điều khiển hoặc điều khiển bằng tay. Những điện vượt không là những điểm tức thời mà tại đó không có điện áp hoặc dòng điện. Trong sóng xoay chiều AC, điều này thường xảy ra hai lần trong mỗi chu kỳ như hình 2.7. Giả sử hệ thống hoạt động ở hệ số công suất trễ, ví dụ như ở hệ số công suất trễ là 0,86, dòng điện sau đó sẽ trễ hơn điện áp như trong Hình 2.7. Bộ công tắc ngắt mạch mềm được điều khiển bởi bộ vi điều khiển hoặc bộ

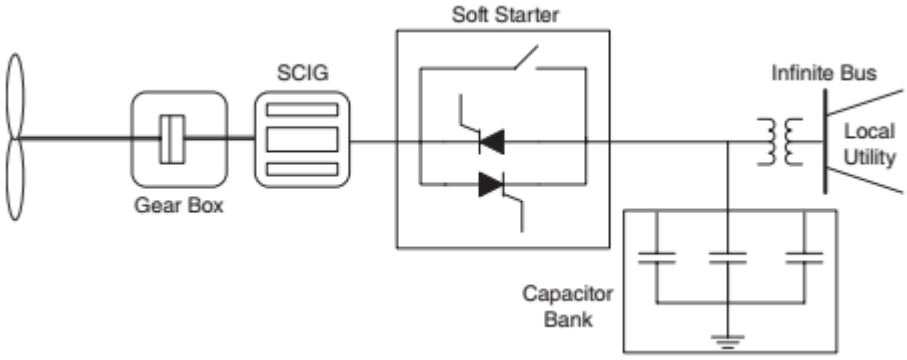
xử lý tín hiệu kỹ thuật số. Bộ công tắc ngắt mạch mềm được đóng ở điểm không của điện áp và nó được mở khi dòng điện đi qua bằng không. Công tắc mềm cũng



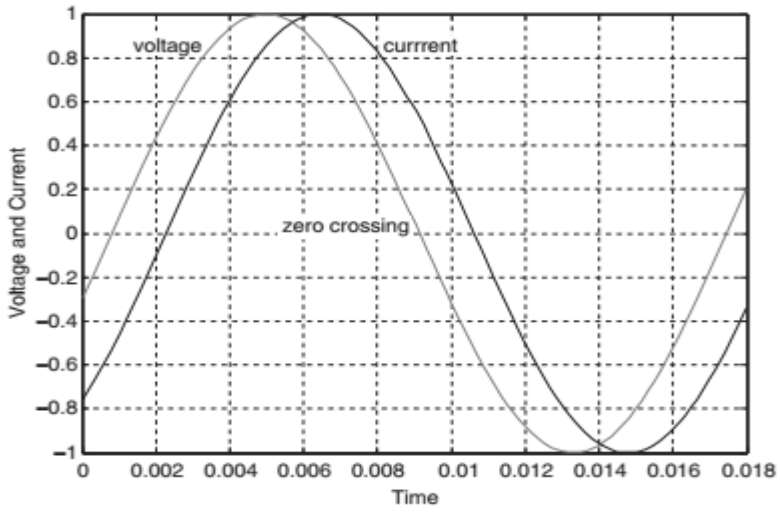


Hình 2.5 Các loại máy cảm ứng. (a) Stator máy và cuộn dây rôto. (b) Mạch tương đương. (c) Một góc nhìn của quấn rôto. (d) Góc nhìn sơ bộ của máy phát điện lồng sóc (SCIG) . (e) Hình ảnh máy phát điện cảm ứng lồng sóc

bảo vệ các bộ phận cơ khí của tuabin như hộp số và trục chống lại lực lớn. Công tắc mềm sử dụng các thyristor có thể điều khiển để nối máy phát điện đến máy phát điện cảm ứng tại điểm không của hình sin hiệu điện thế của máy phát 2 giây sau khi máy cảm ứng hoạt động trên tốc độ đồng bộ.



Hình 2.6 (a) Sơ đồ hệ thống máy phát điện cảm ứng lồng sóc (SCIG) Mcrogrid



Hình 2.6 (b) Sự giao nhau bằng không của một nguồn AC cung cấp điện ở độ trễ hệ số công suất 0,86

2.4 MÔ HÌNH MÁY ĐIỆN CẢM ỨNG

Trong máy điện cảm ứng ba pha có cuộn dây quấn trên quanh rôto, cuộn dây stato bao gồm cuộn dây ba pha. Cuộn dây rôto cũng gồm cuộn dây quấn ba pha. Đối với động cơ cảm ứng lồng sóc, rôto của máy không có dây quấn; thay vào đó nó có một cái lồng thường được làm từ nhôm.

Đối với mô hình toán học của máy ở trạng thái ổn định giả thiết rằng cuộn dây stato và rôto là cân bằng. Trong trường hợp máy điện cảm ứng lồng sóc, người ta cho rằng rôto được biểu diễn bằng một cuộn dây tương đương. Mỗi pha của cuộn dây stato được thiết kế bằng cách sử dụng cùng kích thước dây dẫn và chiếm cùng một khoảng trống trên stato của máy. Những điều này cũng đúng đối với dây quấn rôto. Để hiểu mối quan hệ cơ bản giữa dòng điện chạy trong các cuộn dây và sự phân bố trường tổng, chúng ta cần nhớ lại mối quan hệ của phân bố trường trong stato máy , rôto và khe hở không khí của máy. Trước tiên, chúng ta hãy xem xét các nguyên tắc cơ bản của phân phối từ trường trong cấu trúc hình chữ nhật của một cuộn cảm được mô tả trong Hình 6.8. Những thảo luận này giúp chúng ta hiểu được khái niệm cơ bản về điện cảm và cảm ứng, được sử dụng trong chương này. Theo các nguyên tắc cơ bản của điện từ học, cường độ từ trường có thể được biểu thị bằng tích của H tính bằng A / m, với độ dài trung bình của lõi thep bằng số vòng, N lần dòng điện, dòng I chạy trong cuộn dây như cho dưới đây.

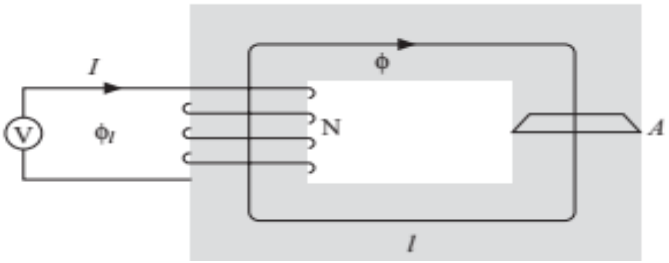
$$Hl = NI \qquad (2.1)$$

Từ mối quan hệ cơ bản, cường độ trường, H và mật độ từ thông, B đo bằng weber trên mét vuông (Wb / m2) và độ thấm từ, μ của vật liệu lõi thép có liên quan như:

$$H = \frac{B}{u} \qquad (2.2)$$

trong đó μ = μr.μo; μo = 4π × 10-7 (H/m), và μr là độ từ thẩm tương đối. Ví dụ, độ từ thẩm tương đối bằng một đối với không khí. Đối với sắt, độ thấm từ này trong khoảng 26.000 đến 360.000. Do đó, μ là hệ số góc của B = μH và H là cường độ từ trường. Sự phân bố từ thông trong cấu trúc hình thang như Hình 6.8 có thể được tính bằng cách nhân mật độ từ trường với thiết diện của lõi, A được biểu thị bằng:

$$\Phi = BA \qquad (2.3)$$



Hình 2.7 Một cuôn dây cảm

Từ thông móc vòng Φ đại diện cho các đường từ thông liên kết cuộn dây; được đo bằng weber. Từ thông tản, Φl đại diện cho các đường từ thông móc vòngvới môi trường xung quanh và không khép kín qua lõi. Nếu chúng ta giả sử từ thông tản bằng 0, thì có thể biểu thị tích cường độ trường, H và chiều dài trung bình của lõi bằng là sức từ động, mmf, như được thể hiện trong công thức (2.4)

Hl= mmf (2.4)

Do đó, stđ tích của dòng điện với số vòng dây của cuộn dây có dòng điện chạy qua, NI tạo ra từ thông là kết quả của cường độ trường H. Bằng cách thay thế H trong phương trình 6.4, chúng ta thu được từ thông chạy trong cấu trúc stato, cấu trúc rôto và khe hở không khí như:

$$\Phi \cdot \frac{l}{\mu . A} = mmf \quad (2.5)$$

$$\Re = \frac{l}{u \cdot A} \quad (2.6)$$

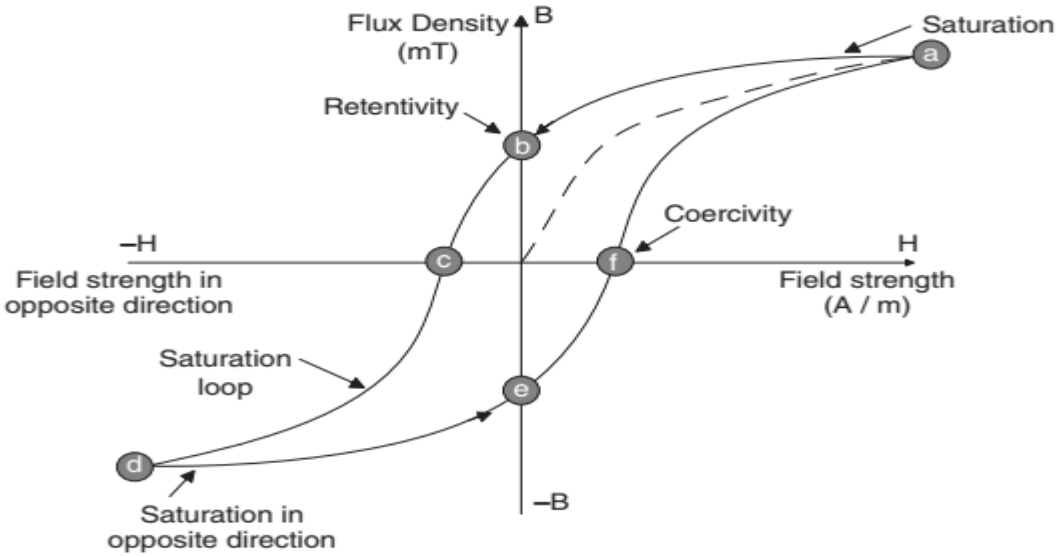
Phương trình 6.6 được định nghĩa là từ kháng. Từ kháng tương tự như điện trở. Nó là một hàm của kích thước của đường đi trung bình của được sức.

$$\Phi \cdot \Re = mmf \quad (2.7)$$

Trở kháng tỷ lệ nghịch với điện cảm là giá trị tỷ lệ với bình phương số vòng dây. Điện cảm, L, đại diện cho độ tự cảm của cuộn cảm Hình 2.8

$$L = \frac{N^2}{\Re} \text{ or } L = \mu \frac{N^2 A}{l} \tag{2.8}$$

Để hiểu được độ từ thẩm, μ, chúng ta cần hiểu về hiện tượng trên. Một vòng lặp trễ cho thấy các đặc tính từ của một chất sắt từ vật liệu đang thử nghiệm. Mối quan hệ cho thấy mối quan hệ giữa điện áp đặt vào cuộn dây có cấu trúc lõi làm từ vật liệu sắt từ và kết quả dòng điện chạy trong cuộn dây. Từ thông cảm ứng mật độ (B) được tính toán từ điện áp đặt vào và cường độ từ trường (H) từ dòng điện chạy qua cuộn dây. Nó thường được nhắc đến làh vòng lặp B - H. Ví dụ về vòng lặp trễ được hiển thị trong Hình 2.8



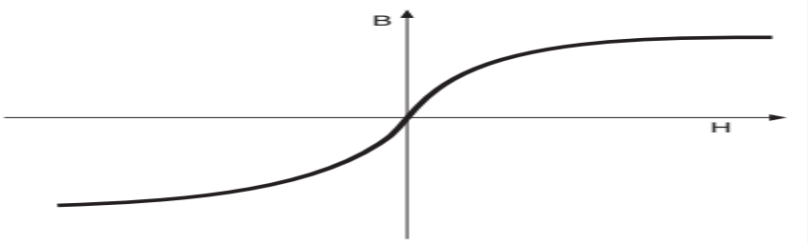
Hình 2.8 Sơ đồ của một vòng lặp trễ

Các vòng lặp được tạo ra bằng cách đo từ thông của vật liệu sắt từ trong khi điện áp đặt vào bị thay đổi. Một lõi sắt từ chưa được nhiễm từ trước đó sẽ theo đường nét đứt khi điện áp đặt vào tăng lên, dẫn đến dòng điện cao hơn và cường độ từ cao hơn, H tăng. Dòng điện kích từ đặt vào để tạo ra H + càng lớn thì mật độ từ trường B + càng mạnh. Đối với điểm a, tùy thuộc vào loại vật liệu từ tính, tuy nhiên, cao hơn điện áp đặt vào sẽ không tạo ra giá trị tăng trong từ thông. Tại điểm bão hòa từ quá trình thay đổi theo hướng ngược lại như trong Hình 2.9 và điện áp và dòng điện được ghi lại biểu thị mật độ từ thông và cường độ từ trường di chuyển từ Điểm a đến Điểm b. Tại thời điểm này, một số từ thông dư vẫn còn trong vật liệu ngay cả sau khi điện áp đặt vào giảm xuống bằng không. Điểm này được gọi là độ trễ trên vòng lặp trễ và cho thấy phần dư từ tính (dư) trong vật liệu. Khi hướng điện áp đặt vào là thay đổi, mật độ tù thông ghi lại và cường độ trường di chuyển đến Điểm c. Tại đây điểm từ thông giảm xuống không. Đây được gọi là điểm của lực hấp dẫn trên vòng lặp trễ. Khi đặt điện áp theo chiều âm, vật liệu đã bão hòa từ theo chiều ngược lại và đạt đến Điểm d. Như điện áp đặt vào được tăng lên theo chiều dương, một lần nữa H vượt qua 0 tại giá trị nào đó của điện áp đặt vào và vòng dây trễ đạt điểm e. Khi điện áp đặt vào tăng thêm, H được tăng trở lại theo chiều dương hướng, mật độ thông lượng, B trở về không. Nếu điện áp áp dụng lặp lại cùng một chu kỳ, quá trình được lặp lại. Nếu quá trình bị đảo ngược, vòng lặp sẽ không trở lại vị trí ban đầu. Cần phải có một số lực để loại bỏ phần dư từ tính và khử từ của vật liệu.

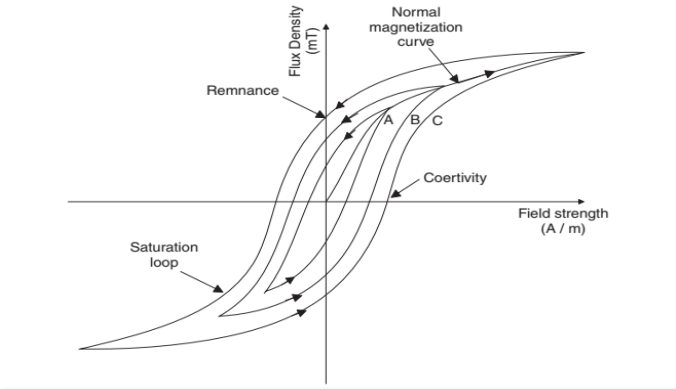
Hình 2.10 là một họ các đặc tính nhiễm từ khi điện áp cấp cho cuộn dây thay đổi. Khi nối các điểm A, B, C, và D, kết quả là một đường cong từ hóa chuẩn. Vì

B= H μ nên μ là độ dốc của độ trễ như được biểu diễn bởi Công thức 6.9

$$\mu = \frac{B}{H} \qquad (2.9)$$

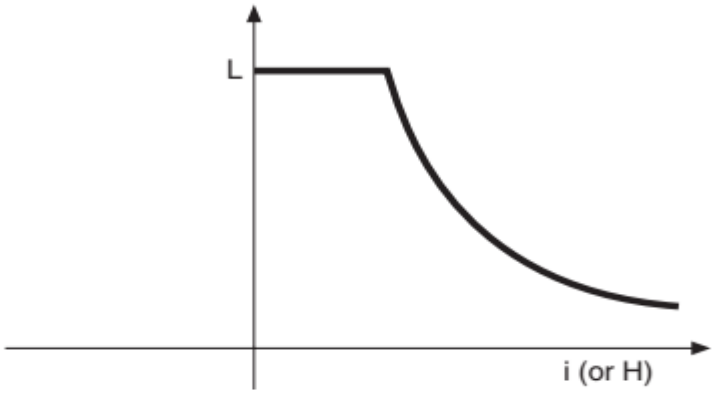


Hình 2.9 Đường cong từ hóa chuẩn hóa



Hình 2.10 Một họ các vòng lặp trễ khi điện áp AppHed đến cuộn dây được thay đổi

Trong vùng tuyến tính của đường cong từ hóa, điện cảm tuyến tính như đã cho bằng phương trình 2.9. Hình 2.10 là sự thay đổi độ tự cảm của lõi thép hình chữ nhật khi lõi đã bão hòa. Hình 2.7 mô tả một cấu trúc hình chữ nhật đơn giản. Tuy nhiên, máy cảm ứng ba pha có ba cuộn dây trên stato và ba cuộn dây trên rôto như hình 2.5 (b). Ba cuộn dây trên stato là đặt trên chu vi của các stato cách nhau 120o. Cuộn dây ba pha rôto cũng nằm trên chu vi của rôto đặt cách nhau 120°. Do là một động cơ, stator được cung cấp từ nguồn điện áp xoay chiều ba pha. Nguồn AC thay đổi theo thời gian sẽ từ hóa stator và phát sinh mật độ từ thông thay đổi



Hình 2.11 Sơ đồ điện cảm như một cấu trúc lõi bão hòa

theo thời gian tăng dần và độ cảm ứng biến đổi theo thời gian cho mỗi pha của stato. Mặc dù cấu trúc hình trụ phức tạp hơn để tính toán các điện cảm này, chúng ta có thể sử dụng chương trình phần tử hữu hạn để tính toán và tạo các phần tử rời rạc của cấu trúc stato và để tính toán từ thông trong các phần tử này. Tuy nhiên, tính toán phần tử hữu hạn là một chủ đề nâng cao không phải là chủ đề trong cuốn sách này. Từ nghiên cứu của chúng ta về cuộn cảm, có thể kết luận rằng điện cảm của stato là một hàm của đường kính, số vòng, độ thấm từ của vật liệu stato, diện tích mặt cắt ngang và dòng điện kích từ. Do đó, sự thay đổi mật độ từ thông trong cuộn dây a - a ′ khi nó được cấp điện từ nguồn xoay chiều có thể được thể hiện như:

$$B_a(\theta_r, t) = B(t)\cos\left(\frac{P}{D}\theta_r\right) \tag{2.10}$$

Trong đó B(t) là mật độ từ thông thay đổi theo thời gian được sinh ra khi đặt vào cuộn dây điện áp va(t)

$$B(t) = B_{\max}\cos\omega_s t \tag{2.11}$$

Trong phương trình 2.11 ωs=2πf là tàn số nguồn, còn Θr là bước cực, P-số cặp cực, D-đường kính còn PΘr/D góc đo bằng radia. Ví dụ khi Ba(x,t)=Bmax thì Θr=0, và Θr=2πP/P(đ) thức (6.10) có thể viết:

$$B_a(x,t) = B(t)\cos\left(\frac{P}{D}\frac{2\pi D}{P}\right) = B_{mi} \quad (2.12)$$

Thay (6.12) vào 96.10) ta nhận được:

$$B_a(x,t) = \hat{B}\cos\omega_s t\cos\left(\frac{P}{D}\theta_r\right) \quad (2.13)$$

Khi sử dụng hàm cossin ta nhận được:

$$\cos\alpha\cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)]$$

$$B_a(x,t) = \frac{\hat{B}}{2}\cos\left(\frac{P\theta_r}{D}-\omega_s t\right)+\frac{\hat{B}}{2}\cos\left(\frac{P\theta_r}{D}+\omega_s t\right) \quad (2.14)$$

Ta có thể nhận được các biểu thức cho cuộn b-b’ và c-c, bằng cách tương tự:

$$B_b(x,t) = \hat{B}\cos\left(\omega_s t-\frac{2\pi}{3}\right)\cos\left(\frac{P\theta_r}{D}-\frac{2\pi}{3}\right) \quad (2.15)$$

$$B_c(x,t) = \hat{B}\cos\left(\omega_s t-\frac{4\pi}{3}\right)\cos\left(\frac{P\theta_r}{D}-\frac{4\pi}{3}\right) \quad (2.16)$$

Nhớ lại rằng mật độ từ thông là một đại lượng vectơ, chúng ta có thể thêm mật độ từ thông được tạo ra bởi pha a, pha b và pha c, và chúng ta có thể thu được từ thông tổng như được biểu diễn bởi Công thức 2.17.

$$B_{tot}(x,t) = B_a(\theta_r,t)+B_b(\theta_r,t)+B_c(\theta_r,t \quad (2.17)$$

$$B_{tot}(x,t) = \frac{3}{2}\hat{B}\cos\left(\frac{P\theta_r}{D}-\omega_s t\right) \quad (2.18)$$

Giá trị biên độ độ cảm ứng từ tổng trong khe hở không khí máy điện có gía trị:

$$B_{\max} = \frac{3}{2}\hat{B} \quad (2.19)$$

Các dây quấn rôto được phân bố theo cấu trúc rôto. Tổng mật độ từ thông thay đổi theo thời gian của cuộn dây stato khép kín qua khe hở không khí móc vòng cuộn dây rôto cảm ứng điện áp trong các cuộn dây của rôto. Chúng ta phân tích điện áp cảm ứng ở rôto giả sử có hai điều kiện: (1) rôto ở trạng thái dừng, và (2) rôto quay tự do. 1. Rôto đang đứng yên.

B(Ɵr,t) là tổng từ thông phân bố trong máy và tần số của từ thông được biểu thị bằng

$$\omega_s = 2\pi \cdot f_s \qquad (2.20)$$

fs-là tần số stato.

Sự phân bố từ thông này có thể được coi như là một sóng từ thông được phân bố ở khe hở không khí của máy điện với tốc độ cơ khí tương đương học như:

$$\omega_{mech}(equivalent) = \frac{2}{P} \cdot \omega_s \qquad (2.21)$$

Tốc độ cơ học được biểu thị bằng Công thức 2.21 còn tốc độ đồng bộ biểu diễn:

$$\omega_{syn} = \frac{2}{P} \cdot \omega_s \qquad (2.22)$$

Giả sử rằng ta ngắn mạch các cuộn dây rôto và cũng giả định rằng rôto vẫn đứng yên. Sự phân bố sóng từ thông stato của stato vượt qua khe hở không khí của máy và móc vòng các cuộn dây của rôto cảm ứng điện áp ở các pha a, b và c của cuộn dây rôto. Kết quả dòng điện trong cuộn dây rôto sinh từ thông rôto của cuộn dây rôto. Thêm từ thông do các pha a, b và c của cuộn dây rôto tạo ra, chúng ta có thể đạt được,

$$B_R(x,t) = B_{aR}(x,t) + B_{bR}(x,t) + B_{cR}(x,t)$$
$$= \frac{3}{2}\hat{B}\cos\left(\frac{P\theta_r}{D} - \omega_{stator}t\right) \quad (2.23)$$

Bởi vì rôto ở trạng thái dừng và tốc độ trục bằng 0, tần số rôto giống như tần số stato. Trên thực tế, máy cảm ứng hoạt động giống như một máy biến áp ba pha; tuy nhiên, trong một cấu trúc hình trụ với rôto được đặt trên 2 ổ bi nên cách biệt với stato một khe hở không khí rất nhỏ, cuộn dây stato và rôto được móc vòng với nhau.

2.Rôto quay tự do.

Giả sử rô to quay tự do. Giả sử rôto quay ở tốc độ ωm thì phân bố từ thông tổng của rôto, BR (x, t) có tốc độ cơ khí được biểu thị bằng công thức 2.24.

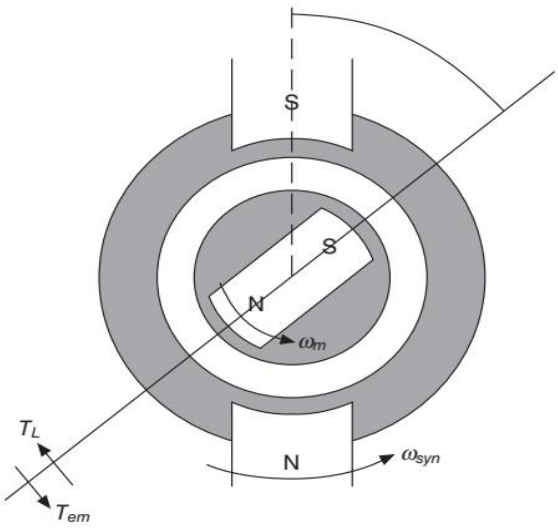
$$\omega_r(mech) = \omega_{syn} - \omega_m \quad (2.24)$$

ω r(mech) là tốc độ cơ khí của rôto, là hiệu số giữa tốc độ đồng bộ và tốc độ trục rô to vì trục tự do quay. Tốc độ điện của sóng từ thông rôto được biểu thị bằng Phương

$$\omega_r = \frac{P}{2}\omega_r(mech) = \frac{P}{2}(\omega_{syn} - \omega_m) \quad (2.25)$$
$$\omega_r = 2\pi f_r$$

fr-là tần số dòng điện roto

Phân bổ từ thông tổng của stato, Bs(θr,t), có tốc độ cơ học tương đương tốc độ đồng bộ ωsyn. Sự phân bố từ thông này cho máy điện có hai cực như trong Hình 2.12. Tổng phân bố từ thông của rôto, BR(θr,t), của rôto quay với tốc độ ωsyn-ωm đối với rôto với máy điện hai cực BR(θr, t) quay với tốc độ ωm (tốc độ cơ học) đối với stato. Hai sóng từ thông phân bố trong máy theo một góc như hình vẽ Hình 2.12. Động cơ tác động ωsyn và ωm quay cùng chiều và ωsyn> ωm.



Hình 2.12 Sơ đồ phân bố dòng chảy cho máy hai cực

2.4.1 Tính độ trượt

$$\omega_r = \frac{P}{2}(\omega_{syn} - \omega_m) \quad (2.26)$$

Đêm nhân và chia cho ωsyn nhận được:

$$\omega_r = \frac{\omega_{syn} - \omega_m}{\frac{2}{P}\omega_{syn}}\omega_{syn} \quad (2.27)$$

Chúng ta hãy định nghĩa:

$$s = \frac{\omega_{syn} - \omega_m}{} = \text{slip} \quad (2.28)$$

$$\omega_r = s\omega_{syn} \text{ or } f_r = sf \quad (2.29)$$

Ở đây ωsyn[rad/sek] và ωm[rad/sek] độ trượt có thể biểu diễn như (2.30)

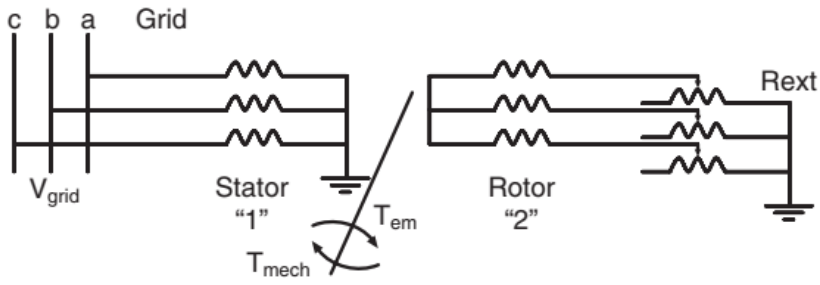
$$s = \frac{n_{syn} - n_m}{n_{syn}} \quad (2.30)$$

$$n_{syn} = \frac{120 f_s}{P} \quad (2.31)$$

Trong đó nsym là tốc độ đồng bộ đo bằng vòng phútcòn nm-là tốc độ cơ khí đo bằng vòng phút

2.4.2 Mạch tương đương của máy cảm ứng

Hình 2.13 mô tả cuộn dây stato và rôto ba pha được kết nối sao. Vì hoạt động của động cơ, stato được cấp từ nguồn xoay chiều ba pha hoặc qua một biến tần PWM với một tần số thay đổi. Rôto bị ngắn mạch hoặc kết nối với một điện trở bên ngoài. Là một động cơ, máy hoạt động ở



Hình 2.13 Mạch tương đương của máy cảm ứng rôto bị thương có điện trở ngoài, văn bản, được chèn trong mạch rôto

tốc độ dưới tốc độ đồng bộ và được lai tải cơ học. Khi là một máy phát điện gió, năng lượng gió cơ học được cung cấp và máy phát điện hoạt động trên tốc độ đồng bộ. Để mô tả cách vận hành của máy, chúng ta cần phát triển một mô hình mạch tương đương cho máy. Trong hình 2.15, chúng ta đề cập đến cuộn dây stato với chỉ

số phụ "1" và rôto là chỉ số phụ "2." Chúng ta xem xét hai điều kiện hoạt động: (1) Rôto ở trạng thái dừng, và (2) rôto là quay tự do .

1. Rôto đang đứng yên.

Giả sử rôto đứng yên và tốc độ trục bằng không (ωm = 0). Sử dụng mô hình cuộn dây móc vòng, mạch tương đương cho một pha nối đất có thể được mô tả bằng Hình 2.14. Máy được thiết kế để sử dụng một lượng nhỏ dòng điện để từ hóa nó. Thông thường, dòng từ hóa nhỏ hơn 5% dòng tải định mức. Điều này đòi hỏi điện trở từ hóa, Xm và điện trở, Rm, là thuần trở kháng từ hóa, hoạt động như trở kháng cao. Do đó, chúng ta có thể bỏ qua yếu tố shunt. Với giả định này, chúng ta có thể thu được những điều sau:

$$I_1 = I_2' \tag{2.32}$$

$$\tilde{V}_{grid} = \tilde{I}_1(R_1 + j\omega_s L_1) + \tilde{E}_1 \tag{2.33}$$

$$\tilde{E}_2 = \tilde{I}_2(R_2 + R_{ext} + j\omega_s L_2) \tag{2.34}$$

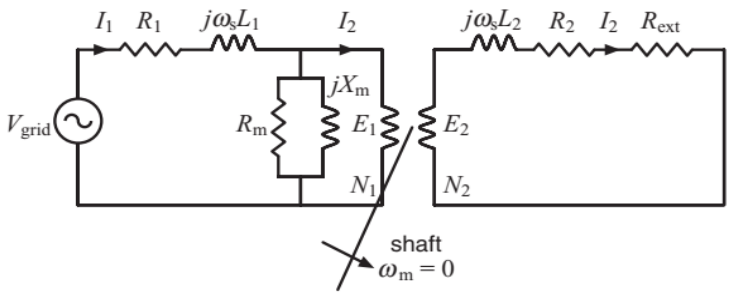
2. Rô to quay tự do

Giả thiết ro to quay với tốc độ ωm và R2= R2roto+Rext

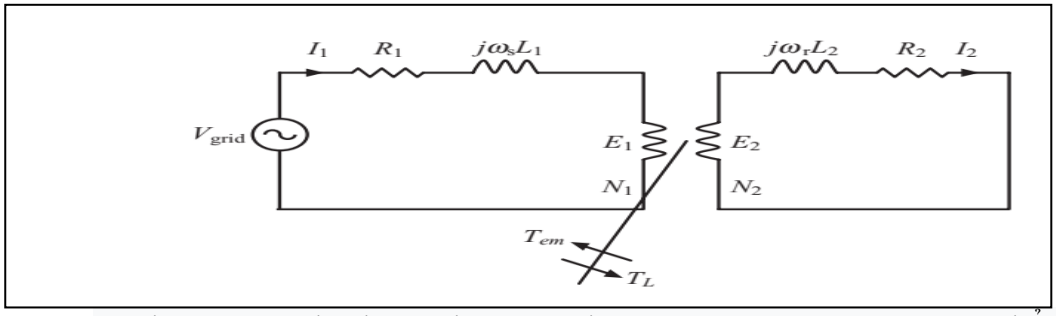
$$\tilde{V}_{grid} = \tilde{I}_1(R_1 + jX_1) + \tilde{E}_1 \tag{2.35}$$

$$\tilde{E}_2 = \tilde{I}_2(R_2 + j\omega_r L_2) \tag{2.36}$$

Trong đó R1-điện trở cuộn dây pha, X1=ωL1 trở kháng pha, I1-dòng stato, E1-sđđ cảm ứng trong pha



Hình 2.14. Mô hình mạch tương đương của máy cảm ứng ở chế độ chờ



Hình 2.15 Mô hình mạch tương đương của máy cảm ứng có thể xoay tự do

Chúng ta định nghĩa:

$$a = \frac{N_1}{N_2} \tag{2.37}$$

$$I_1 = \frac{I_2}{a} \tag{2.38}$$

$$e_1 = N_1 \frac{d\Phi}{} = N_1 \Phi_{max} \cos(\omega t + \theta_1) \tag{2.39}$$

Sđđ cảm ứng ở stato và rô to như sau:

$$e_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = sN_2 \Phi_{max} \cos(\omega t + \theta_2) \tag{2.40}$$

Giá trị hiệu dụng của chúng có thê biêu diễn:

$$E_1 = \frac{N_1 \Phi_{max}}{\sqrt{2}} \text{ and } E_2 = \frac{sN_2 \Phi_{max}}{\sqrt{2}} \tag{2.41}$$

Tỷ số của chúng như sau:

$$E_2 = sN_2 \frac{E_1}{N_1} = s\frac{E_1}{a} \quad (2.42)$$

Dòng I2 và I1 có thể biểu diễn:

$$\tilde{I}_2 = a\tilde{I}_1 \quad (2.43)$$

Sử dụng mối quan hệ trên, chúng ta có thể tính toán mô hình tương đương của một máy điện cảm ứng từ phía stato bằng cách tính chuyển đổi biến số rôtosang phía sta

$$\tilde{E}_2 = \tilde{I}_2(R_2 + j\omega_r L_2) \quad (2.44)$$

$$s\frac{\tilde{E}_1}{a} = a\tilde{I}_1(R_2 + j\omega_r L_2) \quad (2.45)$$

Phương trình 6.50 có thể tính lại bằng cách nhân với a và chia cho s.

$$s\tilde{E}_1 = \tilde{I}_1(a^2 R_2 + jsa^2 X_2) \quad (2.46)$$

$$\tilde{E}_1 = \tilde{I}_1\left(a^2\frac{R_2}{s} + ja^2 X_2\right) \quad (2.47)$$

Công thức 6.47 đại diện cho các biến rôto từ phía stato. Một biến số pha stator được cho b

$$\tilde{V}_{grid} = \tilde{I}_1(R_1 + jX_1) + \tilde{E}_1 \quad (2.48)$$

Kết hợp (2.47) và (2.48) nhận được:

$$\tilde{V}_{grid} = \tilde{I}_1(R_1 + jX_1) + \tilde{I}_1\left(a^2\frac{R_2}{} + ja^2 X_2\right)$$

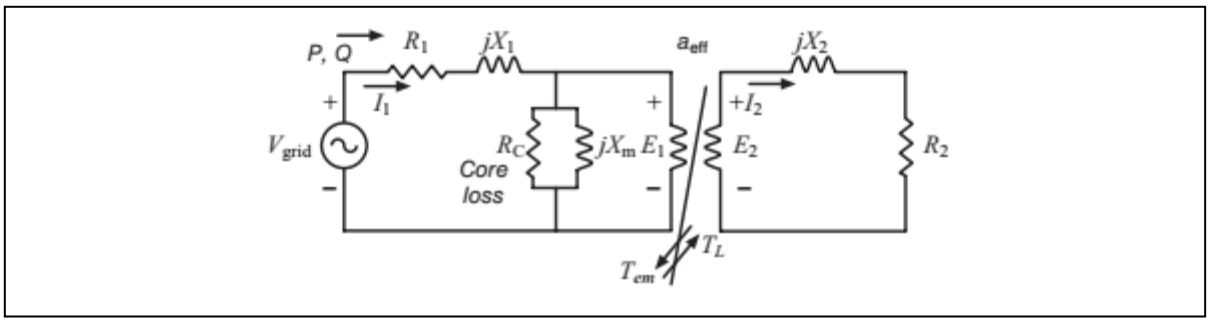
(2.49)

Có thể viết (2.49) như định nghĩa (2.50)

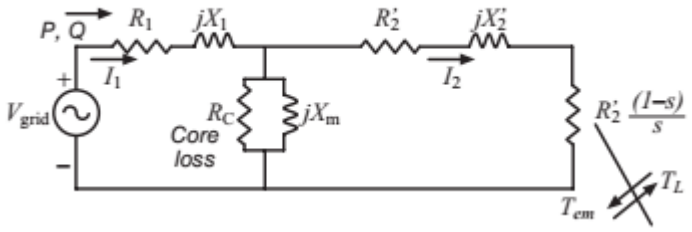
$$R_2' = a^2 R_2 \quad X_2' = a^2 X_2 \tag{2.50}$$

$$\tilde{V}_{grid} = \tilde{I}_1\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right) + j(X_1 + X_2')\right] \tag{2.51}$$

Mạch tương đương của động cơ cảm ứng từ phía stato được cho trong Hình. 2.16 và 2.17.



Hình 2.16 Mô hình mạch tương đương của một máy cảm ứng có điện cảm từ hóa được trình bày ở phía stator



Hình 2.17 Mô hình mạch tương đương của máy cảm ứng có biến trở rôto được tham khảo ở máy tính stator

2.5 PHÂN TÍCH CÔNG SUẤT CỦA MỘT MÁY ĐIỆN DỊ BỘ

Công suất đầu vào có thể được tính từ điện áp đầu vào và dòng điện được tạo ra bởi máy như trong Công thức 2.52.

$$P_i = 3\,\mathrm{Re}\{V_1 I_1^*\} \tag{2.52}$$

Công suất vượt qua khe hở không khí của máy (xem Hình 2.17 hoặc 2.28) có thể được tính bằng cách trừ đi tổn hao điện trở dây stato và tổn hao lõi thép như đã cho bằng phư

$$P_{AG} = 3P_i - 3\left(I_1^2 R_1 + P_c\right) = 3|I_2|^2 \frac{R_2'}{s} \tag{2.53}$$

nở đây Pc là tổn hao lõi thép được thể hiện bằng điện trở tương đương Rc trong Hình 2.18. Theo Công thức 2.53, công suất khe hở không khí cũng có thể được tính bằng bình phương của dòng điện rôto, I2 và R'2/s.

Khi máy hoạt động như một động cơ, công suất truyền đến trục có thể được tính bằng kế toán tổn thất rôto.

$$P_{em} = P_{AG} - 3I_2^2 R_2' \tag{2.54}$$

Bằng cách thay cho công suất khe hở không khí trong Công thức 2.54, chúng ta có thể thu được Phương trình 2.55.

$$P_{em} = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s} - 3I_2'^2 R_2' = 3I_2'^2\left(\frac{R_2'}{s} - R_2'\right) \tag{2.55}$$

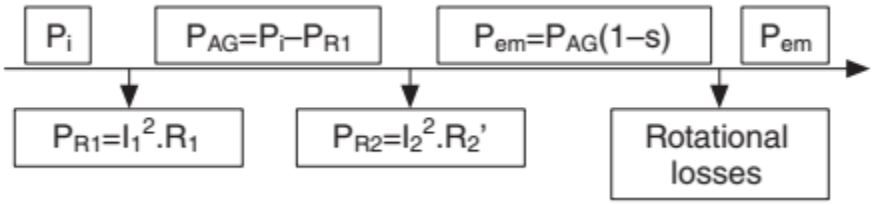
$$P_{conv} = P_{em} = 3I_2'^2 R_2'\left(\frac{1-s}{s}\right) \tag{2.56}$$

Do đó, công suất điện từ truyền đến trục máy có thể được biểu thị dưới dạng hàm của công suất khe hở không khí bằng Công thức 2.57.

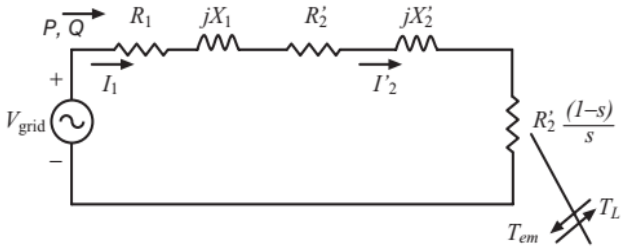
$$P_{em} = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s}(1-s) = P_{AG}(1-s) \tag{2.57}$$

Dòng công suất từ stato đến trục máy được mô tả bằng dòng điện như trong Hình 2.19. Dòng điện được cung cấp từ nguồn đầu vào Pi, công suất khe hở không khí, PAG, công suất điện từ, Pem, và công suất đầu ra, Po đến trục của máy. Máy cảm ứng có ba vùng hoạt động. Nó có thể hoạt động như một động cơ, như một máy phát điện, hoặc như một máy hãm. Để mô tả các vùng hoạt động này, chúng ta cần nghiên cứu mômen máy như một hàm của tốc độ. Sử dụng phương trình 2.58 và mô hình máy như trong Hình 2.15, trước tiên chúng ta cần tính mômen máy như một hàm của điện áp đầu vào.

$$P_{em} = T_{em}\omega_m \tag{2.58}$$



Hình 2.18 Dòng điện trong máy cảm ứng



Hình 2.19 Mô hình mạch tương đương của một máy cảm ứng hoạt động như một động cơ từ các thiết bị đầu cuối của Stator ,bỏ qua các phần tử hóa

Trong phương trình 2.58, ωm là tốc độ trục và Tem là mômen quay trục và Pem là công suất cung cấp cho máy. Chúng ta có thể tính Pem bằng cách tính dòng điện cung cấp cho máy từ lưới điện. Bởi vì bỏ qua dòng từ hóa, dòng điện, I1 bằng I2 ′.

$$V_{grid} = I_1\{(R_1 + R_2) + j(X_1 + X_2')\}$$

(2.59)

Từ phương trình trên, chúng ta có thể tính dòng điện I1 được biểu thị bằng Phương trình 6.60 còn mô men là biểu thức (6.61)

$$|I_1|^2 = \frac{|V_{grid}|^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \quad (2.60)$$

$$T_{em} = \frac{3}{\omega_m}\left(\frac{1-s}{s}\right)R_2'|I_1|^2 \quad (2.61)$$

Tốc độ quay của trục là biểu thức (6.62)

$$\omega_m = \omega_{sync}(1-s) \quad (2.62)$$

$$\omega_m = \omega_{sync}(1-s)$$

Bằng cách thay các phương trình 6.61 và 6.62, chúng ta có thể biểu thị mômen là hàm củ

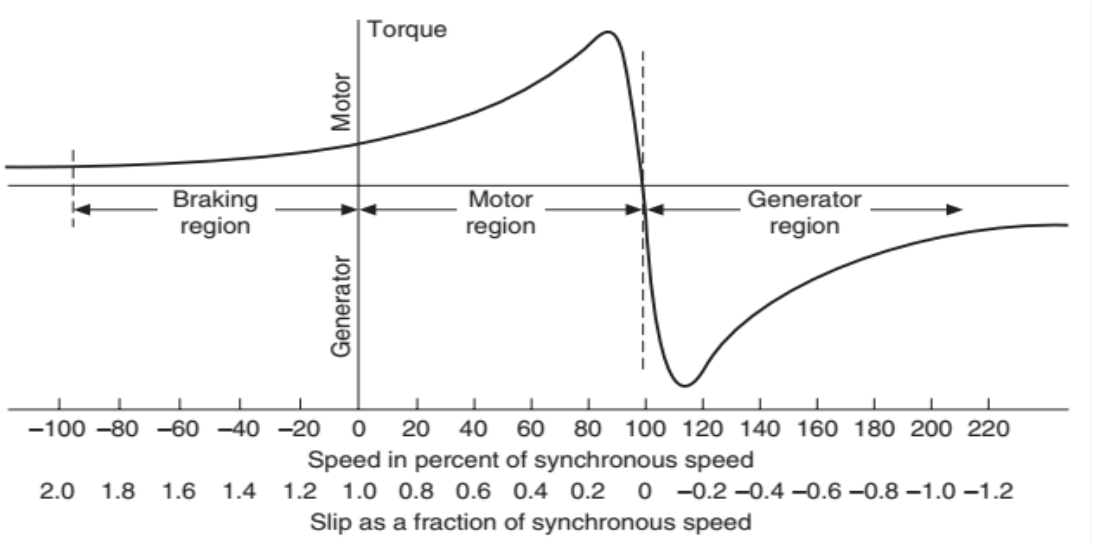
$$T_{em} = \frac{3}{\omega_{sync}}\frac{R_2'}{s}\frac{|V_{grid}|^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \quad (2.63)$$

Chúng ta hãy nghiên cứu hiệu năng của máy đối với các giá trị khác nhau của điện trở ngoài khi điện áp đầu vào không đổi. Từ việc xem xét cẩn thận Phương trình 6.63, chúng ta có thể kết luận như sau:

a. Khi độ trượt bằng 0, tốc độ trục, ωm bằng tốc độ đồng bộ, ωsyn và mômen điện từ được tạo ra bằng không.

b. Khi độ trượt, s bằng một, tức là tốc độ trục bằng 0 (khởi động), có thể thu được mô men khởi dộng.

c. Khi điện trở bên ngoài được thay đổi bằng cách sử dụng bộ điều khiển, giá trị mômen cực đại xảy ra ở các giá trị khác nhau của tốc độ trục. Việc điều khiển tốc độ trục trên một phạm vi rộng sẽ cung cấp khả năng để vận hành máy ở nhiều tốc độ khác nhau. Khi máy được sử dụng như một máy phát điện cảm ứng, chúng ta có thể nắm bắt sức gió và đưa vào cấp điện cholưới điện địa phương.



Hình 2.20 Các khu vực hoạt động khác nhau của máy cảm ứng

Chúng ta cót ba điểm khác biệt trong ở đường cong tốc độ theo mô-men máy cảm ứng: (1) mômen khởi động khi tốc độ trục bằng không; (2) khi trục tốc độ bằng tốc độ đồng bộ của từ trường quay, mômen tạo ra là 0 (xem Hình 2.21); và (3) điểm tạo ra mô-men cực đại. Để tính toán mô-men cực đại, chúng ta tính đạo hàm của mô-men theo độ trượt rồi cho nó bằng 0.

$$\frac{dT_m}{ds} = 0 \tag{2.64}$$

Ta tìm được độ trượt tới hạn là độ trượt mà ở đó có mô men cực đại:

$$s_{\max} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (2.65)$$

Mô men cực đại có giá trị:

$$T_{\max} = \pm \frac{3}{2\omega_{sync}} \frac{|V_{grid}|^2}{\left[R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right]} \quad (2.66)$$

Công thức 2.65 cho thấy rằng độ trượt tại đó mômen cực đại xảy ra tỷ lệ thuận với điện trở của rôto. Phương trình 2.66 cho thấy mômen cực đại không phụ thuộc vào điện trở của rôto. Tuy nhiên, nó trực tiếp tỷ lệ với bình phương điện áp đầu vào.

2.6 VẬN HÀNH MÁY PHÁT ĐIỆN DỊ BỘ

1. Máy điện dị bộ rôto bị dây quấn có stato giống như máy điện lồng sóc. Tuy nhiên, các đầu nối cuộn dây của rôto của chúng được đưa ra ngoài qua các vòng trượt và chổi để điều khiển mô-men và tốc độ. Đối với điều khiển mô-men không có công suất đưa đến các vòng trượt. Điện trở ngoài được nối tiếp với rôto cuộn dây trong quá trình khởi động để hạn chế dòng khởi động. Không có điện trở bên ngoài, dòng khởi động gấp nhiều lần dòng định mức. Tùy về kích thước của máy, nó có thể tạo ra 300% đến hơn 900% dòng điện đầy tải. Các điện trở bị ngắn mạch khi một động cơ được khởi động. Điện trở bên ngoài cũng được sử dụng để điều khiển tốc độ máy và mô-men khởi động của nó. Các hoạt động trượt âm của máy cảm ứng chỉ ra rằng máy hoạt động như một máy phát điện và nguồn năng lượng được đưa vào lưới điện địa phương. Máy phát điện cảm ứng yêu cầu công suất phản kháng để từ hóa rôto, và nguồn điện này được cung cấp bằng các phương pháp khác nhau sau đây. 1. Máy được kích từ và khởi động là cảm ứng. Sau đó, gió tuabin được tham gia để cung cấp năng lượng cơ học và tốc độ trục tăng trên tốc độ đồng bộ. Khi ở trạng thái khởi động độc lập, chúng ta có thể khởi động máy dị bộ bàng mắc thêm

tụ điện , sau đó điều khiển nó trên tốc độ đồng bộ, máy sẽ hoạt động như một máy phát điện cảm ứng. Điện dung giúp tạo ra dòng điện cảm ứngở dây dẫn rôto và dòng điện xoay chiều được tạo ra. Tải có thể được kết nối với các dây dẫn tụ điện vì các tụ điện mắc song song. Phương pháp khởi động máy độc lập này đảm bảo thực hiện được, nếu từ dư trong rôto tồn tại. Tuy nhiên, máy có thể kích từ bằng sử dụng nguồn dòng điện một chiều chẳng hạn như pin 12 V cho một thời gian rất ngắn.

2. Điện trở rôto của máy phát điện cảm ứng thay đổi tức thời bằng sử dụng bộ điều khiển điện tử công suất tác động nhanh. Tốc độ rôto thay đổi (do đó trượt biến) cung cấp khả năng tăng công suất bắt được từ gió với các tốc độ gió khác nhau. Điều này có thể đạt được nếu cuộn dây rôto các được truy cập bằng cách thay đổi độ trượt qua điện trở bên ngoài nối với dây quấn rôto máy phát. Điện trở bên ngoài sẽ chỉ được nối để tạo ra độ trượt mong muốn khi tải tuabin gió là lớn. Mối quan hệ giữa sự thay đổi của điện trở bên ngoài và vị trí mô-men cực đại và đứng yên có thể được nghiên cứu bằng cách thay đổi điện trở bên ngoài nối với mạch rô to. Chúng ta có thể nghiên cứu mối quan hệ này bằng cách viết các chương trình trên MATLAB M - như mô tả trong Ví dụ 2.1. Năng lượng từ chuyển động quay của rôto tuabin gió được chuyển đến máy phát điện cảm ứng thông qua một bộ truyền tải bao gồm trục chính tuabin, hộp số và trục máy phát tốc độ cao. Phạm vi bình thường của tốc độ gió không lớn và thay đổi trong ngày và theo mùa. Ví dụ, một máy phát điện ba pha hai cực được kết nối trực tiếp với lưới điện cục bộ đang hoạt động ở tần số 60 Hz đang chạy với tốc độ 3600 vòng / phút. Chúng ta có thể giảm tốc độ của rôto máy phát điện, nếu máy phát điện có số cực nhiều hơn. Ví dụ, nếu số lượng cực là bốn, sáu hoặc tám, tốc độ trục giảm tương ứng là 1800, 1200 và 900 vòng / phút. Lưới điện do gió cung cấp Máy phát điện yêu cầu tốc độ gió cao hơn nhiều trong khoảng 900 - 3600 vòng / phút. Để giảm tốc độ của rôto máy phát, ta có thể tăng số cực. Tuy nhiên, việc thiết kế một máy phát điện có số cực cao đòi hỏi phải có đường kính lớn và sẽ dẫn đến khối lượng và trọng lượng lớn. Chúng ta có thể tăng tốc độ thấp

và mô-men cao của tuabin gió tới mô-men thấp và tốc độ caokhi sử dụng hệ thống bánh răng. Trước khi thảo luận về các khái niệm bánh răng, chúng ta cần hiểu cách chuyển vận tốc thẳng thành vận tốc quay.

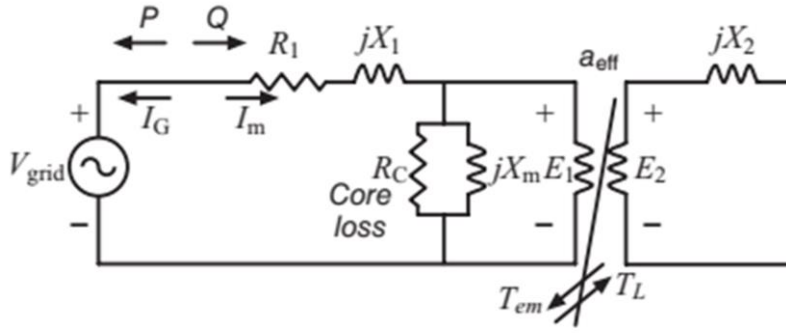
Từ vật lý cơ bản, chúng ta biết vận tốc tuyến tính và chuyển động quay vận tốc có thể được biểu thị bằng:

V=r.ω (2.67)

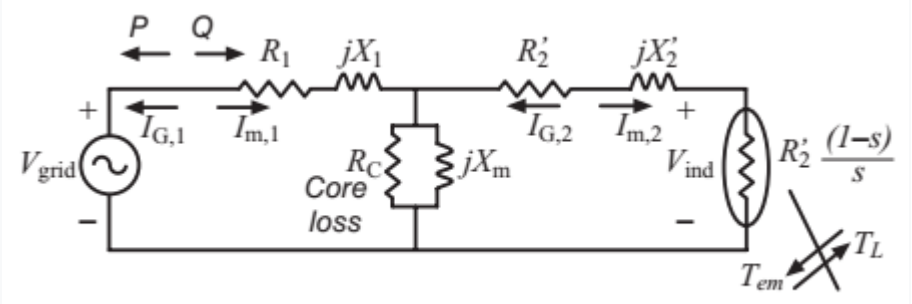
trong đó V là vận tốc thẳng tính bằng mét trên giây, r là bán kính tính bằng mét, và vận tốc quay, ω tính bằng radian trên giây. Chúng ta có thể chuyển đổi vận tốc quay, ω thành số vòng quay trên phút như

$$\omega = N\frac{2\pi}{60}$$

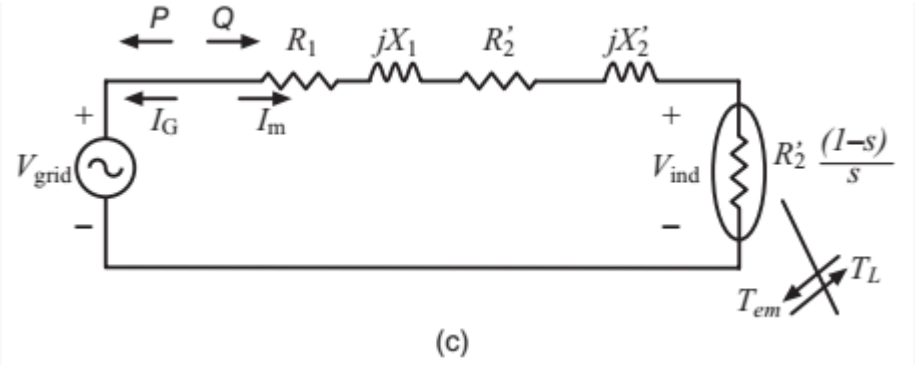
Ở trên, N tính bằng vòng / phút. Phương trình (2.67) có thể được trình bày lại thành



(a)



(b)



Hình 2.21 a) Mạch tương đương của máy phát điện cảm ứng. (b) Mạch tương đương của một máy phát điện cảm ứng với tất cả các đại lượng được đề cập đến phía Stator. (c) Mạch tương đương của máy phát điện cảm ứng được đề cập đến các thành phần từ hóa và suy hao Stator

$$V = N\frac{2\pi}{60}r$$

trong đó V tính bằng mét trên giây, N tính bằng vòng quay trên phút và r tính bằng mét. Ngược lại, chúng ta có thể viết lại phần trên là.

$$N = V \cdot \frac{60}{2\pi \cdot r} \tag{2.68}$$

Trong biểu thức 2.69, V tính bằng mét trên giây, r là mét và N tính bằng vòng quay mỗi phút. Ngược lại, đơn vị trong Công thức 2.69 có thể tính bằng feet / giây cho V, r tính bằng feet, và N là số vòng quay trên phút. Nếu chúng ta muốn

$$N = V \cdot \frac{60}{2\pi \cdot r} \tag{2.69}$$

$$\frac{5280}{3600}V = \frac{\pi r \cdot N}{30} \tag{2.70}$$

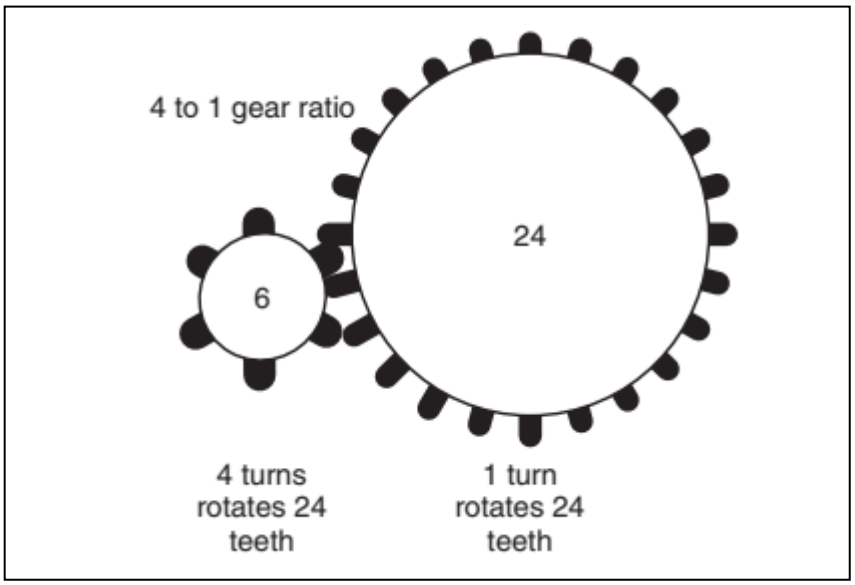
biểu diễn vận tốc trong dặm một giờ (mph), chúng ta viết lại Phương trình 6.69 dưới dạng

trong đó V là dặm trong một giờ, r đo là feet , và N là vòng trong một phút. Trong Phương trình 2.70, chúng ta đã thay thế giá trị của 5280 feet cho một dặm và 3600 giây trong một giờ. Phương trình 2.70 có thể được trình bày lại thành

$$N = \frac{14.01 \cdot V}{r} \quad (2.71)$$

Tốc độ gió trong khoảng 10 dặm một giờ (14,67 ft / giây) sẽ cho kết quả 124,2 vòng quay mỗi phút. Máy phát điện gió được thiết kế để thu năng lượng gió trong phạm vi dưới 120 vòng / phút sử dụng hệ thống truyền hộp số. Hộp bánh răng như một máy biến áp. Hộp số cung cấp chuyển đổi tốc độ và mô-men xoắn

$$T_{input}\omega_{input} = T_{output}\omega_{output} \quad (2.72)$$



Hình 2.22 Sơ đồ cơ chế bánh răng

ở đây T input và Toutput là mô-men tính bằng newton - mét và ωinput và ωoutput

tính bằng radian . Để cung cấp chuyển đổi tốc độ mô-men hộp số truyền đã sử dụng. Hộp số được thiết kế với một số răng.

$$Gear\ ratio = \frac{input\ number\ of\ teeth}{output\ number\ of\ teeth} = \frac{T_{input}}{T_{output}} \tag{2.73}$$

Hộp số chuyển đổi tốc độ thấp và công suất mô-men cao của một rô to tuabin gió thành công suất mômen thấp và tốc độ cao của rôto máy phát. Các tỷ số truyền nằm trong phạm vi từ 1 đến 100 đối với máy phát điện gió trong phạm vi 600 kW đến 1,5 MW.

Ví dụ 2.1 Xét một máy cảm ứng cuộn dây quấn ba pha nối sao hoạt động như máy phát song song với lưới điện địa phương. Các máy có giá trị định mức ở 220 V, 60 Hz và 14 kW, với tám cực và thông số như sau: Điện trở mỗi pha của stato (R1) 0,2 ôm (Ω / pha) và điện trở của (X1) 0,8 Ω / pha, Điện trở rôto R2 ′ 0,13 Ω / pha và điện trở (X2) 0,8 Ω / pha. Bỏ qua điện kháng từ hóa và tổn hao lõi. Thực hiện như sau:

i) Xây dựng sơ đồ một dây và mô hình tương đương một pha.

ii) Nếu tốc độ của động cơ lai là 1000 vòng / phút, hãy xác định công suất tác dụng và phản kháng giữa nguồn lưới điện địa phương và máy phát điện gió. Bao nhiêu tụ điện phải đặt ở cực stato máy để hệ số công suất hoạt động bằng 1?

iii) Vẽ đồ thị đặc tính tốc độ mômen của máy ở các giá trị khác nhau của điện trở ngoài.

Giải:

-Tốc độ đồng bộ:

$$N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{8} = 900\ rpm$$

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{900 - 1000}{900} = -0.111$$

Tốc độ rô to nr=1000v/p

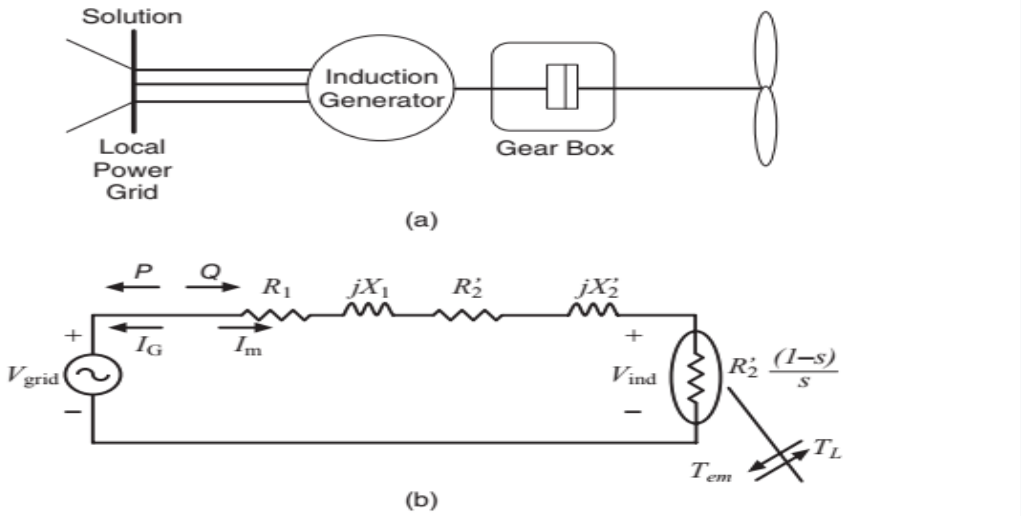
Độ trượt:

Dòng điện chuyển đổi của roto:

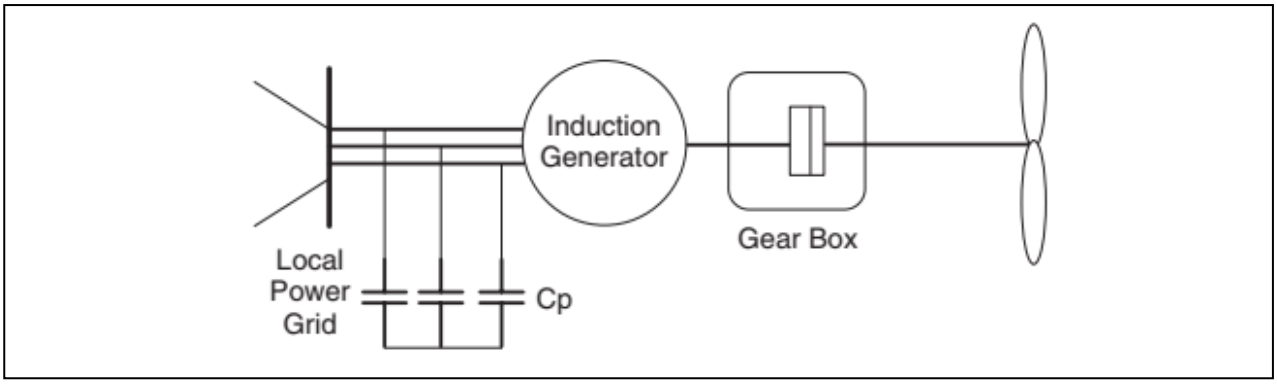
$$I_m = \frac{V_{grid}}{R_1 + R_2'/s + j(X_1 + X_2')}$$

$$= \frac{220/\sqrt{3}}{0.2 - 0.13/0.111 + j(0.8 + 0.8)} = 67.88\angle -121.22°$$

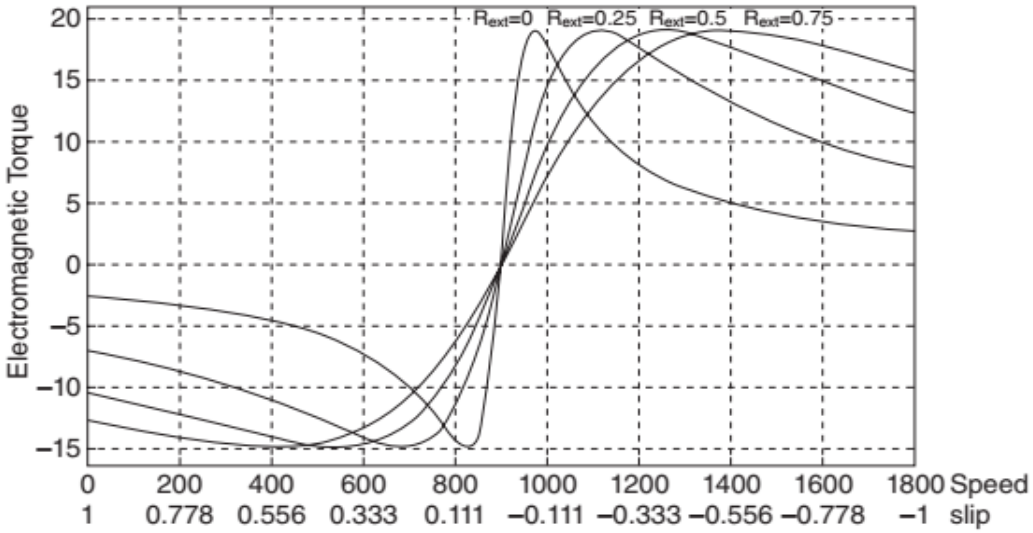
Khi hoạt động như động cơ, dòng điện từ lưới điện đến máy điện cảm ứng. khi hoạt động của máy phát, chiều của công suất hoạt động được đảo ngược. Sử dụng động cơ chuyển đổi và tính dòng điện, góc của dòng điện lớn hơn 90 °. Điều này có nghĩa là hướng của dòng điện ngược với hướng như được hiển thị theo quy ước bởi máy phát chuyển đổi Hình 2.26 (b). Với dòng điện tuân theo quy ước máy phát và chạy từ cảm ứng máy phát điện vào lưới, dòng điện IG= ∠1800 -121,22° = 67,88< 58,77



Hình 2.23 (a) Sơ đồ một dòng. (b) Mạch tương đương của một pha máy phát điện cảm ứng



Hình 2.24 Mốt máy phát điện cảm ứng lồng soc với công suất phản kháng được cung cấp cục bộ bởi một ngân hang tụ điện



Hình 2.25 Sơ đồ trình bày mô-men xoắn như một chức năng của các bên ngoài khác nhau, kháng cự với công ước máy phát điện.

Điện áp cảm ứng tính bằng:

$$V_{ind} = \frac{1-s}{s} R_2' \cdot I_G$$

$$= \frac{1-(-0.111)}{-0.111} \times 0.13 \times 67.88 \angle 58.77° = 88.25 \angle 58.77°$$

$$S_{ind} = 3V_{ind} \cdot I_G^* = 3 \times 88.25 \angle 58.77 \times 67.88 \angle -58.77° = 17.93 + j0\ kVA$$

Bỏ qua tổn thất cơ học, công suất điện được tạo ra từ năng lượng gió.

Từ Sind, ta thấy rằng máy phát điện cảm ứng tạo ra công suất tác dụng. Tuy nhiên, nó không tạo ra bất kỳ công suất phản kháng nào. Công suất phản kháng do lưới cung cấp. Điện năng được tạo ra bởi máy phát điện cảm ứng được đưa vào lưới điện địa phương và tổn hao trong điện trở stato và rôto.

Tổng công suất bơm vào lưới địa phương như sau:

$$S_{grid} = 3V_{grid} \cdot I_G^* = 3 \times \frac{220}{\sqrt{3}} \angle 0° \times 67.88 \angle -58.77° = 13.41 - j22.12\ kVA$$

Máy phát điện cảm ứng cung cấp 13,41 kW công suất tác dụng cho lưới điện, nhưng con công suất phản kháng lấy từ lưới là 22,12 kVAr. Giả sử một tập tụ điện 3 pha nối Y(sao) được đặt cực máy phát điện cảm ứng. Để hoạt động hệ số công suất bằng 1, Giá trị tụ điện cần nối vào máy phát phải cung cấp công suất phản kháng cho máy phát điện cảm ứng.

$$C_P = \frac{3V_{grid}^2}{2\pi f \cdot Q} = \frac{3 \times \left(220/\sqrt{3}\right)^2}{2\pi \times 60 \times 22.12 \times 10^3} = 5.8\ mF$$

Giả sử rằng giá trị của điện trở bên ngoài thay đổi từ 0 đến 0,75 với các bước 0,25 và tốc độ của máy thay đổi từ 0 đến tốc độ đồng bộ. Trong mô phỏng MATLAB sau đây, một đặc tính được tạo cho các giá trị khác nhau của Rext.

```
%TORQUE vs SPEED
clc; clear all;
v1=220/sqrt(3);
f=60;
P=8;
r1=0.2;
x1=0.8;
r2d=0.13;
x2d=0.8;                                % The electrical
                                        quantities are defined
ws=120*f/P;
Tmax=-(3/2/ws)*v1^2/(r1+sqrt(r1^2+(x1+x2d)^2))
Tmax_gen=-(3/2/ws)*v1^2/(r1-sqrt(r1^2+(x1+x2d)^2))
w=0:1:2*ws;
for r_ext=0:0.25:0.75                   % the value of external
                                        resistance is varied
  Tstart=-(3/ws)*((r2d+r_ext)/1)*v1^2/((r1+(r2d+r_ext)/
  1)^2+(x1+x2d)^2)
  smax=(r2d+r_ext)/sqrt(r1^2+(x1+x2d)^2)
  for j = 1:length(w)
    s(j)=(ws-w(j))/ws;
    Tem(j)=-(3/ws)*((r2d+r_ext)/s(j))*v1^2/((r1+(r2d+
    r_ext)/s(j))^2+(x1+x2d)^2);
  end


   plot(w,Tem,'k','linewidth',2)
   hold on;
end
grid on;

xlabel('Speed')
ylabel('Electromagnetic Torque')
axis([0 2*ws 1.1*Tmax_gen 1.1*Tmax])
gtext('R_e_x_t=0')
gtext('R_e_x_t^,=0.25')
gtext('R_e_x_t^,^,=0.5')
gtext('R_e_x_t^,^,^,=0.75')
```

Kết quả cho ở bảng 2.1

External Resistance (Ω)	Starting Torque (N-m)	Slip at Maximum Torque (N-m)	Maximum Torque (N-m)
0.00	–2.62	0.08	
0.25	–7.06	0.24	–14.84 (Motor)
0.50	–10.43	0.39	19.04 (Generator)
0.75	–12.70	0.55	

Hoạt động của máy phát điện cảm ứng giống như động cơ cảm ứng ngoại trừ hướng của dòng điện là từ năng lượng gió truyền động từ trục của máy. Do đó, máy phát điện cảm ứng sẽ bơm hoặc cung cấp điện vào lưới điện địa phương. Đối với quy ước động cơ, dòng điện dương chạy từ nguồn vào động cơ. Đối với quy ước máy phát điện, dòng điện dương chảy từ động cơ đến lưới điện địa phương. Điều này có nghĩa là dấu hiệu của dòng điện với quy ước động cơ sẽ là âm cho máy phát điện hoạt động.

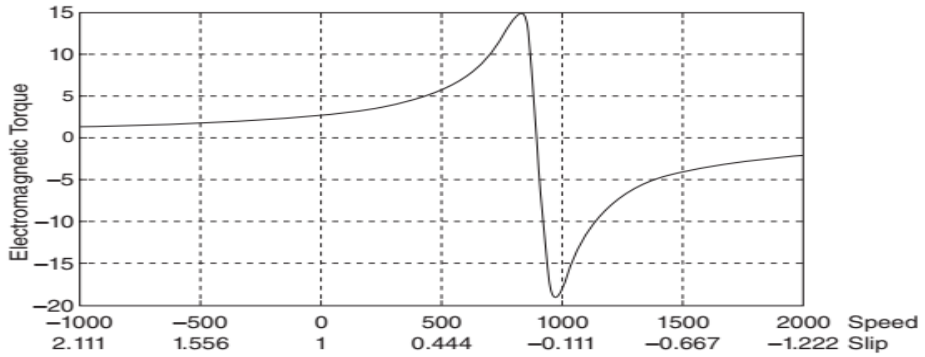
Ví dụ 2.2 Đối với máy của Ví dụ 2.1 có cùng điện áp nguồn nối với lưới điện địa phương, vẽ biểu đồ mô-men theo độ trượt với phạm vi tốc độ từ 1000 vòng / phút đến 2000 vòng / phút với quy ước động cơ. Viết MATLAB M –file thử nghiệm và biểu đồ.

Giải: MATLAB M –file thử nghiệm cho Ví dụ 2.2 được đưa ra bên dưới.

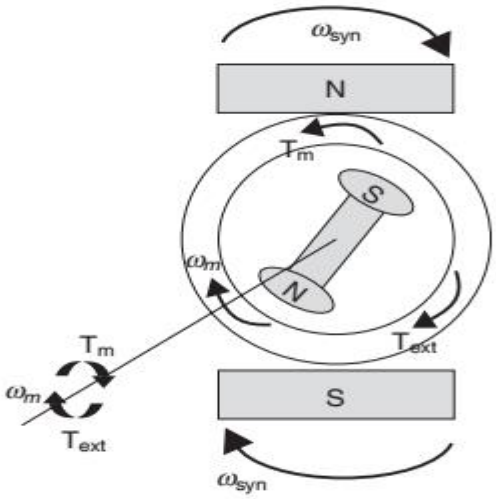
```
%TORQUE vs SPEED
clc; clear all;
v1=220/sqrt(3);
f=60;
P=8;
```

```
r1=0.2;
x1=0.8;
r2d=0.13;
x2d=0.8;                    % The electrical quantities
                            are defined
ws=120*f/P;
w=-1000:0.2:2000;
for j = 1:length(w)
  s(j)=(ws-w(j))/ws;
  Tem(j)=(3/ws)*(r2d/s(j))*v1^2/((r1+r2d/s(j))^2+(x1+
  x2d)^2);
end
plot(w,Tem,'k','linewidth',2)
hold on;
grid on;
xlabel('Speed')
ylabel('Electromagnetic Torque')
```

Các nhận xét sau có thể được thực hiện từ các ví dụ trên: Khi ωsyn và ωm đang quay cùng chiều và ωsyn đang quay nhanh hơn ωm: điều kiện này mô tả hoạt động bình thường của cảm ứng máy như một động cơ. Trong vùng này, độ trượt được cho bởi Côn $s = \frac{\omega_{syn} - \omega_m}{\omega_{syn}}$ rong vì cả hai đang quay cùng chiều. (2.74)



Hình 2.66 Ví dụ 2.2 . Biểu đồ mô-men xoắn so với tốc độ của máy cảm ứng



Hình 2.67 Hoạt động của một máy cảm ứng như một máy phát điện

$$R_{eff} = \frac{1-s}{s} R_2' \tag{2.75}$$

Trong đoa ωsyn và ωm đang quay cùng chiều và ωsyn quay chậm hơn hơn ωm, điều kiện hoạt động này là hoạt động của một máy trong chế độ máy phát điện. Trong vùng này, ωsyn và ωm đang quay cùng chiều. Tuy nhiên ωsyn đang quay chậm hơn ωm. Do đó, ở khu vực này, công suất cơ học từ nguồn ngoài cung cấp cho trục và ωm lớn hơn ωsyn và độ trượt là âm (s <0). Vùng này (s <0) tương ứng với chế độ máy phát. Đối với khu vực này, điện trở tương đương đưa ra bởi Phương trình 2.71 của rôto là âm (xem Hình 2.21) và tương ứng công suất (mô-men) cũng âm. Điều này có nghĩa là công suất cơ học đã truyền động máy và lần lượt máy cung cấp năng lượng điện tại các đầu nối stator với nguồn. Hoạt động của máy phát điện có thể được tóm tắt như sau:

1.ωm>ωsyn

2. ωm , ωsyn quay cùng chiều

3.Hoạt động của máy phát: năng lượng điện được cấp cho lưới qua các cực đấu dây.

4.s=(ωsyn-ωm)/ωsyn<1

Trượt âm cho biết hoạt động của máy phát. Khi ωsyn và ωm quay ngược chiều nhau thì máy hoạt động ở vùng máy hãm. Chế độ hoạt động hãm có thể được thực hiện khi động cơ cảm ứng hoạt động trong điều kiện bình thường ở một số giá trị

của độ trượt dương trong vùng ổn định (0 <s <smax); sau đó chúng ta đổi bất thứ tự kỳ 2 cực đấu dây của stato. Hoạt động này đảo ngược hướng của trường quay stato. Tốc độ rôto ωm bây giờ có thể được coi là âm đối với của trường stator. Đối với trường hợp này, s> 1 và tổn hao công suất là âm, chứng tỏ rằng cơ năng đang được chuyển thành điện năng. Công suất cấp cho stato và công suất cấp cho rôto đều bị biến thành nhiệt ở điện trở của rôto. Vùng này được gọi là vùng hãm.

Ví dụ 2.3: Công suất máy điện cảm ứng 60 Hz tám cực, chạy với tốc độ 1000 vòng / phút là 3 kW. Tính tổn hao đồng rôto?

Giải:

Công suất ở khe hở không khí xác định (công suất của máy điện)

$$P(Input \cdot power \cdot to \cdot rotor) = P_{AG_\phi} = 3|I_2|^2 \frac{R_2'}{s}$$

Tổn hao dồng như sau:

$$P_{rotor\ loss} = 3|I_2|^2 R_2'$$

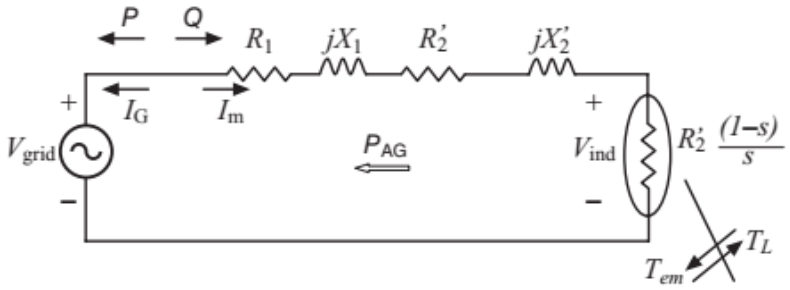
Do đó·

$$\frac{P_{rotor\ loss}}{P_{rotor\ in} = P_{AG}} = \frac{3|I_2|^2 R_2'}{3|I_2|^2 \frac{R_2'}{s}} = s$$

Biểu diễn tổn hao đồng theo độ trượt ta có:

$$P_{rotorloss} = sP_{AG}$$

Theo quy ước động cơ, P> 0 cho biết máy đang tiêu thụ điện năng.



Hình 2. 68 Mạch tương đương một pha của máy phát điện cảm ứng

Đối với máy phát điện, P> 0 cho biết nguồn điện đang được tạo ra bởi máy.

Tốc độ đồng bộ cho bởi Nsyn=120f/P=120.60/8=900r/p

Độ trượt cho bằng:

$$s = \frac{N_{syn} - N_m}{N_{syn}} = \frac{900 - 1000}{900} = -0.11$$

Máy đang hoạt động như một máy phát điện cảm ứng. Do đó, tuân theo quy ước máy phát điện, ta đảo ngược hướng của công suất ở khe hở không khí, tổn thất công suất rôto được cho bởi:

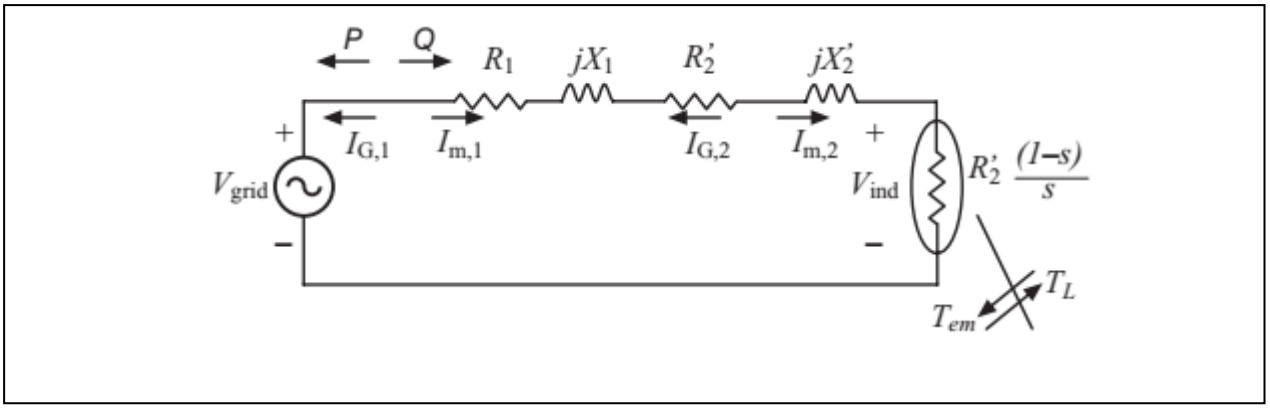
$$P_{rotorloss} = -sP_{AG} = 0.111 \times 3000 = 333\ kW$$

Ví dụ 2.4. Một máy phát điện cảm ứng ba pha, sáu cực, nối Y có giá trị định mức 400 V, 60 Hz đang chạy ở 1500 vòng / phút cung cấp dòng điện 60 A hệ số công suất 0,866 dượng. Nó đang vận hành song song với lưới điện địa phương. Các tổn hao đồng của stato là 2700 W, tổn hao khi quay là 3600 W. Thực hiện như sau:

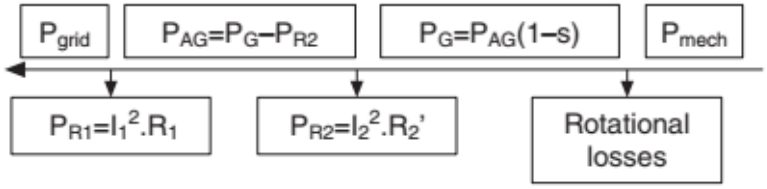
i) Xác định công suất tác dụng và phản kháng giữa máy phát cảm ứng và lưới điện

ii) Xác định công suất phản kháng phải cung cấp cho máy phát điện là bao nhiêu để vận hành máy phát điện cảm ứng ở công suất bằng 1.

iii) Tính hiệu suất của máy phát điện



Hình 2.29 Mạch tương đương một pha của máy phát điện cảm ứng



Hình 2.30 Sơ đồ dòng công suất cho chế độ máy phát điện vận hành máy giới thiệu

iv) Tìm giá trị của điện trở stato, điện trở rôto và tổng điện kháng stato và rôto

v) Tính công suất điện cơ do rôto phát triển

Tốc độ đồng bộ cho bởi Nsyn=120f/P=120.60/6=120ov/p

$$s = \frac{N_{syn} - N_m}{N_{syn}} = \frac{1200 - 1500}{1500} = -0.25$$

Côi $P_{grid} = 3V_{L-N} \cdot I_s \cdot \cos\theta = 3 \times \frac{400}{\sqrt{3}} \times 60 \times 0.866 = 36,$

-Điện trở qui đổi của rô to

$$R_2' = \frac{P_{R2}}{3I^2} = \frac{9675}{3\times 60^2} = 0.90\ \Omega$$

Tổng trở kháng mạch stato và rô to:

$$X = X_1 + X_2' = \frac{Q_{grid}}{3I^2} = \frac{20,786}{3\times 60^2} = 1.92\ \Omega$$

Công suất điện cơ phát triển bởi rô to:

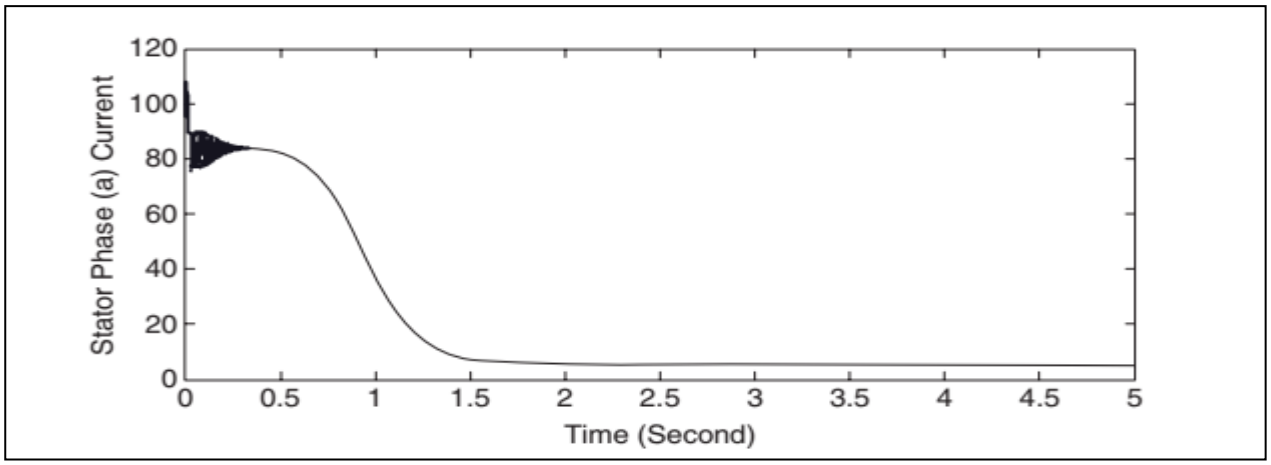
$$= -3I^2 \frac{1-s}{s} R_2' = -3\times 60^2 \times \frac{1-(-0.25)}{-0.25} \times 0.9 = 48,600\ W$$

CHƯƠNG 3 CÁC LOẠI MÁY PHÁT ĐIỆN DÙNG CHO NĂNG LƯỢNG GIÓ

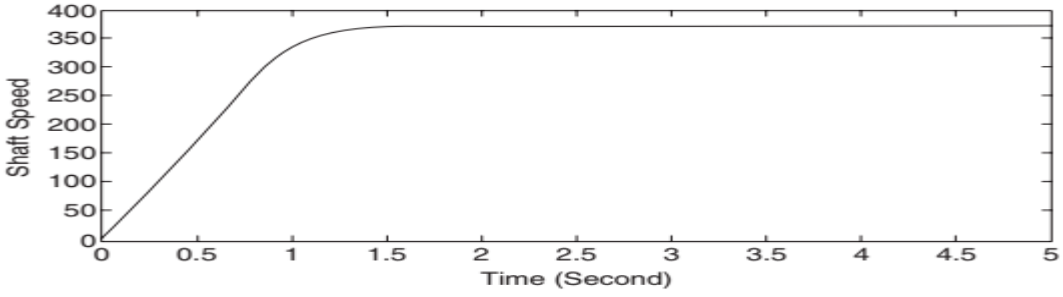
3.1 ĐẶC TÍNH ĐỘNG

Trong các phần trước, chúng ta đã phân tích trạng thái ổn định của máy cảm ứng. Để phân tích động, chúng ta phải lập mô hình máy bằng một tập hợp các các phương trình vi phân. Đối với cuộn dây stato, chúng ta có ba cuộn dây phân bố hình

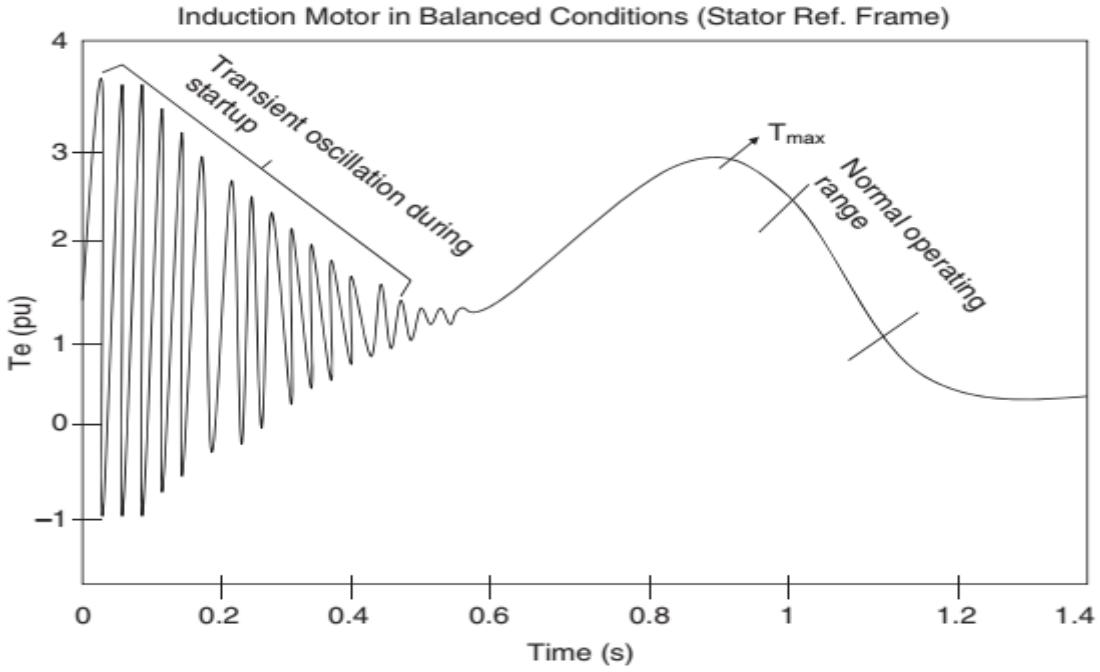
sin một cách hợp lý xung quanh stato. Khi các cuộn dây được liên kết này đại diện cho ta các giá trị về độ tự cảm và hỗ cảm, chúng làm phát sinh mộthệ ba phương trình vi phân khác nhau. Tương tự, chúng ta cũng có 3 phương trình vi phan cho mạch roto.Mô men điện từ có thể được biểu thị bằng một phương trình đại số phi tuyến và động học của rô to thể được biểu diễn bằng một phương trình vi phân biểu diện với tốc độ của động cơ. Do đó, tính chất động cho máy cảm ứng có thể được biểu thị bằng bảy phương trình vi phân và một đại số phương trình. Mô hình động của máy cảm ứng là một phương tiên tiến. Đây là hướng dẫn để nghiên cứu kết quả của phân tích động như được mô tả trong Hình 6.32 đến hết 6.34. Hình 6.32 mô tả quá trình khởi động của động cơ cảm ứng. Như ta thấy, dòng điện stato có nhiều chu kỳ dao động ở quá trình quá độ.



Hình 3.1 Stator máy cảm ứng hiện tại cho khởi động không tải



Hình 3.2 Tốc độ trục cảm ứng để khởi động không tải

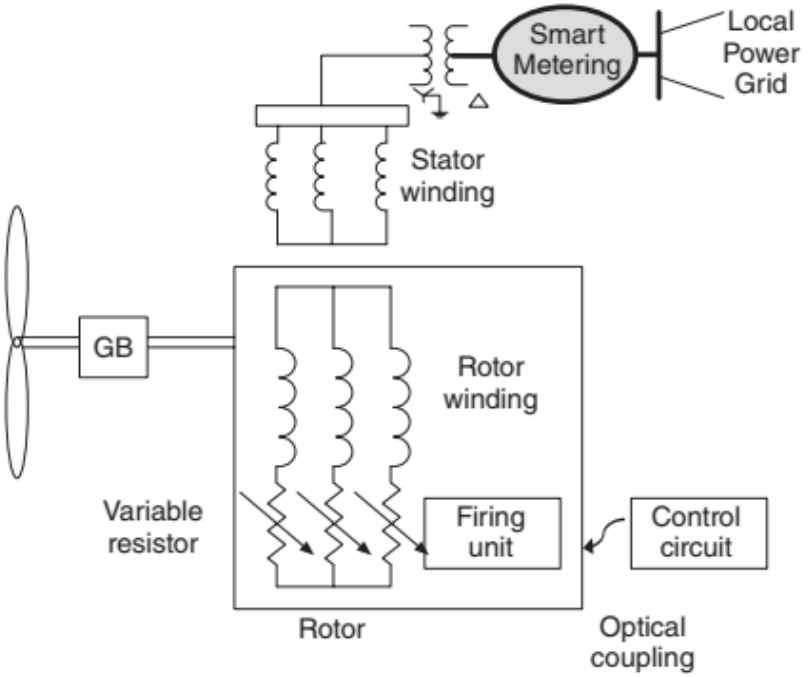


]

Hình 3.3 Hiệu suất động của máy cảm ứng

Trước khi nó đạt đến trạng thái ổn định của dòng điện. Dòng điện ổn định - trạng thái được cung cấp bởi nguồn để từ hóa máy tổn hao nhiệtt do máy đang hoạt động không tải. Hình 3.2 mô tả tốc độ trục máy từ trạng thái nghỉ (khởi động) đến không tải tốc độ thấp hơn tốc độ đồng bộ. Hình 3.3 mô tả các dao động quá độ của máy. Như có thể thấy từ Hình 3.3, máy trải qua 0,4 giây dao động và đạt đến nó mô-men cực đại. Vùng bình thường của máy cảm ứng hoạt động dưới tốc độ tối đa. Trong hình 3.3, hoạt động động cơ được trình bày. Bởi vì máy được mô phỏng không tải từ

trạng thái nghỉ, máy phát triển mô-men đủ lớn để hỗ trợ điện trở máy và tổn thất quay. Sơ đồ của một microgrid của một máy cảm ứng được điều khiển như một máy phát được trình bày trong Hình 3.4



Hình 3.4 Một lưới điện siêu nhỏ của máy cảm ứng được điều khiển như một máy phát điện cảm ứng, cung cấp nguồn điện cho lưới điện cục bộ

hoạt động dưới tốc độ tối đa. Trong hình 3.4, trình bày hoạt động động cơ của máy. Bởi vì máy được mô phỏng không tải từ trạng thái nghỉ, máy phát triển đủ mô-men để hỗ trợ điện trở máy và tổn thất quay. Sơ đồ một microgrid của một máy cảm ứng được điều khiển nhưmột máy phát được trình bày trong Hình 3.5.

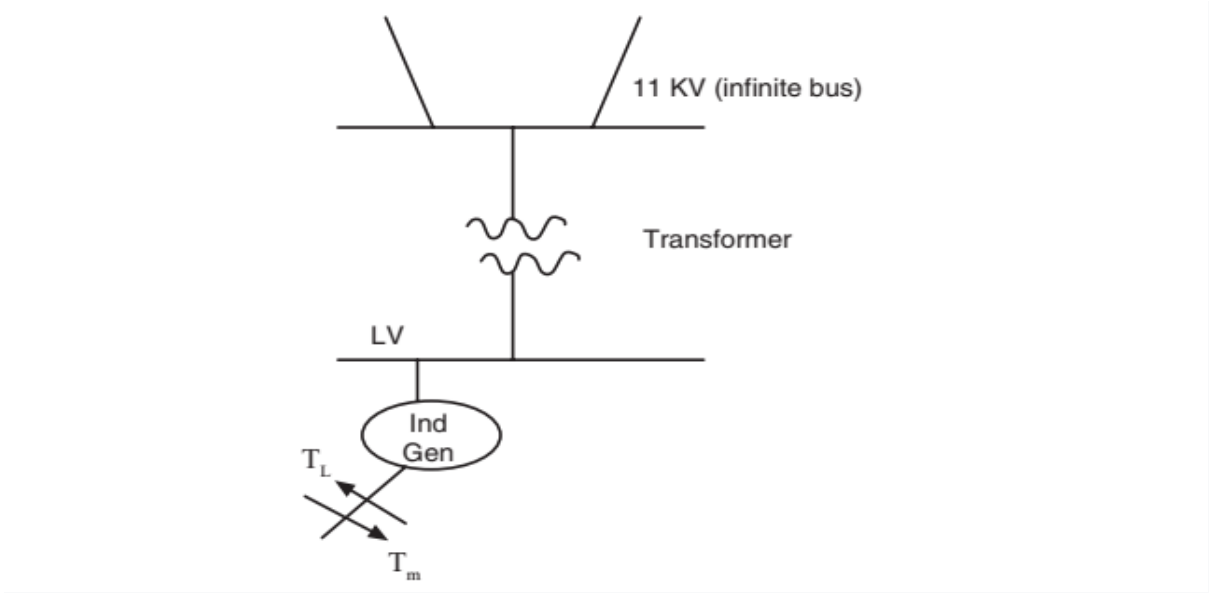
Ví dụ 3.1

Hãy xem xét microgrid cho trong Hình 3.5 với những điều sau dữ liệu: 1. Máy biến áp định mức ở 440 V / 11 kV, với điện kháng 0,16 Ω và điện trở 0,02 Ω và công suất định mức 60 kVA 2. Máy điện cảm ứng có điện áp 440 V, 60 Hz, ba pha, tám cực; 50 kVA, 440 V, 60 Hz; điện trở của stato 0,2 Ω / pha; điện trở phía ro to được tính về stato 0,2 Ω / pha, điện kháng stator 1,6 Ω / pha; điện kháng rôto tính về stato 0,8 Ω / pha. Tốc độ máy phát điện là 1200 vòng / phút. Thực hiện như sau:

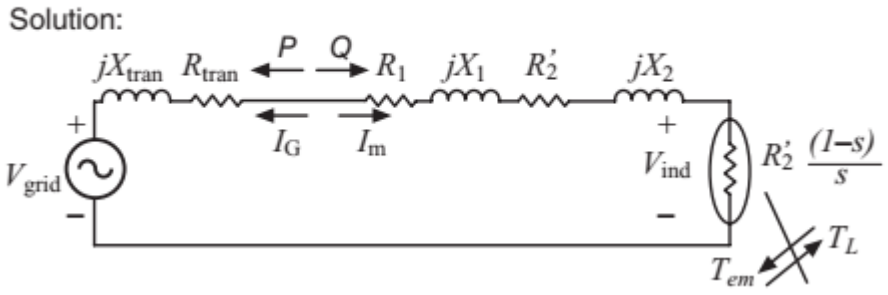
i) Xây dựng mô hình bằng đại lượng đơn vị (p.u)

ii) Tính toán điện năng cung cấp cho lưới điện địa phương

iii) Tính toán công suất phản kháng giữa lưới điện và máy phát điện cảm ứng. Giả sử các giá trị cơ bản bằng với giá trị định mức của máy cảm ứng .



Hình 3.5 Lưới điện siêu nhỏ được kết nối với lưới điện cục bộ



Hình 3.6 Mạch tương đương một pha trên đơn vị cho ví dụ 3.1

Giải:

Chọn đại lượng so sánh như sau:Sb=50KVA, Vb=440V

Tổng trở so sánh

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{440^2}{50 \times 10^3} = 3.872$$

Điện trở so sánh của biến áp:

$$R_{tran,pu} = \frac{R_{tran}}{Z_b} = \frac{0.02}{3.872} = 0.005$$

Trơ kháng tương đối của biến áp:

$$X_{tran,pu} = \frac{X_{tran}}{Z_b} = \frac{0.15}{3.872} = 0.04$$

Điện trở tương đố

$$R_{s,pu} = \frac{R_s}{Z_b} = \frac{0.2}{3.872} = 0.052$$

Điện trở tương đối của rô to tính chuyển về stato:

$$R'_{r,pu} = \frac{R'_r}{Z_b} = \frac{0.2}{3.872} = 0.052$$

Trở kháng tương

$$X_{s,pu} = \frac{X_s}{Z_b} = \frac{1.6}{3.572} = 0.413$$

Trở kháng tương đối của rô to tính chuyển về stato:

$$X'_{r,pu} = \frac{X'_r}{Z_b} = \frac{0.8}{3.572} = 0.207$$

Tốc độ đồng b

$$N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{8} = 900\ rpm$$

Độ trượt:

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{900 - 1200}{900} = -0.333$$

với N là tốc độ trục động cơ (rôto) tính bằng vòng / phút. Tần số điện áp rôto

$$f_r = s \cdot f_s$$
$$f_r = 0.333 \times 60 = 20\ Hz$$

Điện áp nạp là 440V bằng địa lượng so sánh vậy dòng điện so sánh:

$$I_b = \frac{VA_b}{\sqrt{3}V_b} \qquad \sqrt{3} \times 440$$

Giá trị tương đối của tổng trở

$$Z_{pu} = \sqrt{\left(R_{s,pu} + R_{tran,pu} + R'_{r,pu}/s\right)^2 + \left(X_{s,pu} + X_{tran,pu} + X'_{r,pu}\right)^2}$$
$$= \sqrt{(0.052 + 0.005 - 0.052/0.333)^2 + (0.413 + 0.04 + 0.207)^2} = 0.667$$

Hệ số góc công suất:

$$\tan^{-1}\left(\frac{X_{s,pu} + X_{tran,pu} + X_{r,pu}}{R_{s,pu} + R_{tran,pu} + R_{r,pu}/s}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{0.413 + 0.04 + 0.207}{0.052 + 0.005 - 0.052/0.333}\right) = 98.54°$$

Dòng đi $Z_{pu} = |Z_{pu}| \angle\theta = 0.667 \angle 98.54°$

$$I_{pu} = \frac{V_b}{Z_{pu}} = \frac{1}{0.667 \angle 98.54°} = 1.499 \angle -98.54°$$

Dòng điện thực tê của động cơ:

$$I_m = I_b \times I_{p.u} = 65.61 \times 1.499 = 98.35 \angle -98.54° A$$

Do đó: $I_m = 98.35\angle -98.54° A$

Vì góc này lớn hơn 90 ° nên dòng điện từ máy phát điện đưa vào lưới điện địa phương. Sử dụng quy ước máy phát điện, hướng của dòng điện được đảo ngược so với IG n $I_G = 98.35\angle 180 - 98.54° = 98.35\angle 81.46° A$

,

Công su $P_{grid} = \sqrt{3} \cdot V_{grid} \cdot I_G \cdot \cos\theta = \sqrt{3} \times 440 \times 98.35 \times \cos 81.46 = 11,130\ W$

Tổn hao công suất ở máy biến áp:

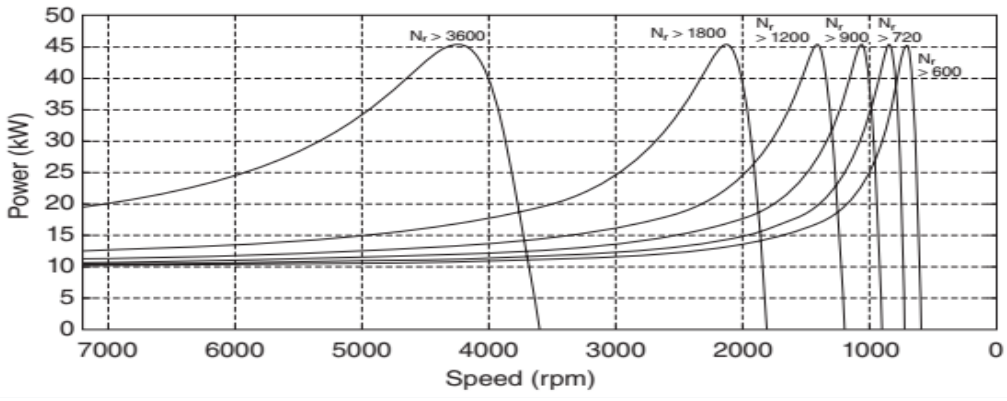
$$P_{loss} = 3I_G^2 R_{trans} = 3 \times 98.35^2 \times 0.02 = 580\ W$$

Do đó, công suất tác dụng do máy phát cảm ứng đưa vào máy biến áp,

$$P = P_{grid} + P_{loss} = 11,130 + 580 = 11,710\ W$$

Công suất phản kháng đưa vào lưới:

$$Q_{erid} = \sqrt{3} \cdot V_{erid} \cdot I_G \cdot \sin\theta = \sqrt{3} \times 440 \times 98.35 \times \sin 81.46 = 74121\ W$$



Hình 3.7 Công suất so với tốc độ của máy phát điện cảm ứng cực thay đổi cho nhiều loại, tốc độ rôto

Tổn hao công suất phản kháng ở máy biến áp:

$$Q_{loss} = 3I^2_G X_{trans} \cdot 3.98{,}35^2 \text{ x}0{,}15 = 4{,}355 War$$

Do đó, công suất phản kháng do máy phát cảm ứng tiêu thụ là được cho bởi

$$Q = Q_{grid} + Q_{loss} = 74121 - 4355 = 69{,}766\ W$$

Ví dụ 3.2

Một máy phát cơ dị bọ 3 pha ro to day quan cuọn day noi sao co đại lượng định mức 220 V, 60 Hz và 16 mã lực; cực của máy có thể thay đổi từ 2 đến 12 để điều khiển tốc độ gió. Máy có các thông số: R1 = 0,2 Ω / pha và X1 = 0,4 Ω / pha R2 ′ = 0 13. Ω / pha và X2 = 0,4 Ω / pha. Vẽ đồ thị đường cong công suất theo tốc độ của máy điều khiển tốc độ gió bằng cách thay đổi số cực. MATLAB M - file lập bảng sau đây mô tả hoạt động của máy móc.

```
%POWER vs SPEED
clc;
v1=220/sqrt(3);
f=60;
P=2;
r1=0.2;
x1=0.4;
r2d=0.13;
x2d=0.4;                                % The electrical
                                        quantities are defined
```

```
for P=2:2:12                                % The no. of poles i
                                            varied from 2 to 12
  ws=120*f/P;
  w=0:.2:7200;                              % The value of speed
                                            is varied till
                                            synchronous speed
  for i=1:length(w)
    s(i)=(ws-w(i))/ws;
    Tem(i)=(3/ws)*(r2d/s(i))*v1^2/((r1+r2d/s(i))^2+
    (x1+x2d)^2);
    Po(i)=-Tem(i)*w(i)/1000;    % Power in kW
  end
  plot(w,Po)
  hold on;
end
axis([0 7200 0 50])
grid on;
set(gca,'XDir','reverse')
xlabel('Speed (rpm)')
ylabel('Power (kW)')
```

Hình 3.7 mô tả công suất so với tốc độ của một máy cảm ứng khi thay đổi số đôi cực cho các tốc độ rôto khác nhau.

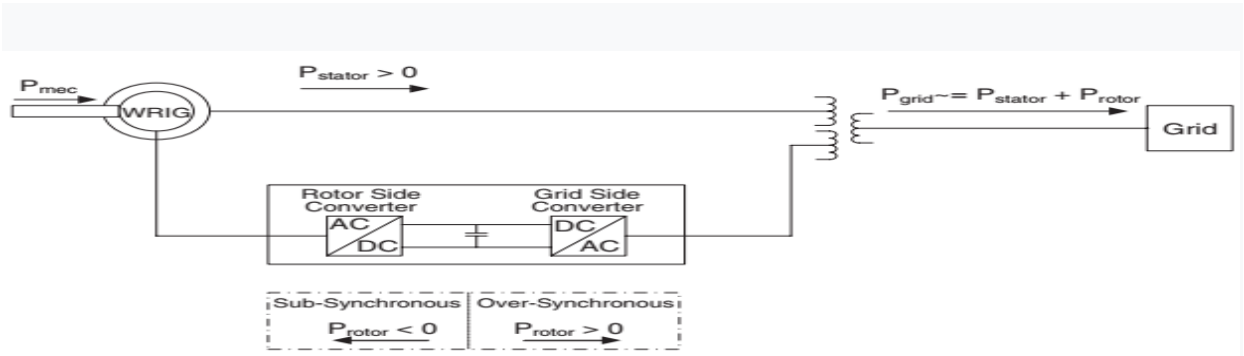
3.2 MÁY PHÁT ĐIỆN DỊ BỘ NẠP TỪ HAI PHÍA

Máy điện được phân loại dựa trên số lượng cuộn dây trong cơ sở biến đỏi cơ năng sang điện năng. Máy cấp điện mọt phía chỉ có một cuộn dây. SCIG là loại máy chỉ có một cuộn dây, tham gia vào biến đổi năng lượng. Loại máy điện nạp 2 phía có 2 cuộn hai cuộn dây tham gia vào biến đổi năng lượng. Máy phát điện dị bộ nạp 2 phía là một loại máy điện có thể hoạt dộng với mô men định mức ở 2 lần tốc độ đồng bộ khi cho trước tần số. Trong máy DFIG dòng điện chạy trong nhánh kích từ và dòng mô men là một véc tơ vuông góc. Nó không được mong muốn để thiết kế máy từ hóa từ rôto vì hệ thống chuyển mạch, cần có vòng trượt và chổi han để đưa dòng điện vào cuộn dây rôto. Những các loại máy này có chi phí bảo dưỡng cao.

Tuy nhiên máy có thể làm việc với hệ số công suất bằng 1. Tần số và biên độ điện áp tỷ lệ với độ trượt biểu diễn bằng (3.3) Về nguyên lý máy này là một biến áp làm

việc ở trạng thái đứng yên. Nếu DFIG tạo ra mô-men và hoạt động như một động cơ , thì rôto sẽ tiêu thụ điện năng. Ở chế độ đứng yêu toàn bộ công suất cấp cho stato được tiêu tán dưới dạng nhiệt ở trong stato và rôt Vì vậy ở tốc độ thấp hiệu suất của máy DFIG rất thấp vì dòng điện được cung cấp chủ yếu sử dụng để tạo dòng điện từ hóa và các quá trình chuyển đổi công suất như một chức năng của động cơ hoặc máy phát điện không diễn ra. Nếu DFIG đang hoạt động ở trên tốc độ đồng bộ, công suất cơ được cấp vào cả hai thông qua stator và rôto. Do đó, máy có hiệu suất cao hơn và máy có thể tạo ra công suất gấp đôi so với một máy chạy điện đơn lẻ. Với DFIG ở tốc độ đồng bộ thấp hơn, cuộn dây stato đang tạo ra năng lượng điện và một phần công suất của nó được cấp lại cho rôto. Ở tốc độ trên tốc độ đồng bộ, cuộn dây rôto và cuộn dây stato đang cung cấp năng lượng điện vào lưới. Tuy nhiên, DFIG không tạo ra mô-men cao hơn cho mỗi khối lượng so với máy được cấp nguồn đơn lẻ. Giá trị định mức công suất cao hơn có thể nhận được vì tốc độ cao hơn và không làm suy yếu từ thông. Hệ thống cấu hình DFIG được mô tả trong Hình 3.7 . DFIG này là một máy phát điện cảm ứng rôto dây quấn (WRIG) với các cuộn dây stato được nối trực tiếp vào lưới điện. DFIG có hai bộ biến đổi AC / DC song song. Mặc dù những bộ biến đổi này hoạt động cùng nhau, chúng không nhất thiết phải hoàn toàn giống nhau liên quan đến giá trị định mức của chúng. Các cuộn dây rôto được nối với biến đổi AC / DC ở phía lưới và một bộ biến đổi DC / AC ở phía rôto. Bộ biến đổi back-to-back hoạt động như một bộ biến đổi nguồn hai chiều với một cáp DC chung. Các máy biến áp trong hình 3.8 có hai cuộn thứ cấp; một nối với cuộn dây stato và nối khác với rôto. Bộ biến đổi ở phía rôto làm cho nó có kích từ rôto ở điện áp bus DC thấp hơn. DFIG này cung cấp khả năng điều khiển công suất phản kháng thông qua bộ biến đổi công suất của nó bởi vì nó tách điều khiển công suất phản kháng và tác dụng bằng cách điều khiển độc lập dòng điện kích từ rôto. DFIG có thể cung cấp (hấp thụ) công suất kháng đến và đi từ lưới điện. Phương pháp điều khiển dựa trên tốc độ thay đổi / bước gió thay đổi. Hai cấp độ điều khiển phân cấp

được sử dụng. Các bộ điều khiển này được thiết kế để bám điểm hoạt động của tuabin gió, để



Hình 3.8 Một lưới siêu nhỏ của máy phát điện cảm ứng

hạn chế hoạt động của tuabin trong trường hợp tốc độ gió lớn. Ngoài ra, bộ điều khiển điều khiển công suất phản kháng đưa vào lưới điện và công suất phản kháng do máy phát tuabin gió tiêu thụ. Bộ điều khiển công suất điều khiển góc nghiêng để giữ cho tuabin gió hoạt động ở công suất định mức. Đồng thời, bộ điều tốc điều khiển trục tốc độ của máy phát điện để đảm bảo rằng nó vẫn nằm trong phạm vi an toàn. Tuy nhiên, ở tốc độ gió thấp, bộ điều khiển tốc độ cố gắng tối đa hóa công suất và hiệu suất của máy phát điện. Do đó, sự thay đổi tốc độ máy phát theo sự thay đổi chậm của tốc độ gió. Là một phần vốn có của hệ thống DFIG, stator máy phát điện cấp tới 70% nguồn điện được tạo ra trực tiếp vào lưới điện, thường ở điện áp thấp, sử dụng máy biến áp nâng áp. Một nhược điểm được của hệ thống DFIG là xuất hiện dòng điện lạc bên trong máy phát điện. Những dòng điện này làm hỏng ổ trục máy phát điện. Phương pháp bộ đếm bảo vệ gồm thiết kế vòng bi máy phát điện đặc biệt và / hoặc vòng đệm che chắn vòng bi chống lại tác động tiêu cực của dòng đi lạc. Cuộn dây quấn DFIG có một số ưu điểm so với máy cảm ứng phát điện thông thường. Do cuộn dây rôto được điều khiển tích cực bởi bộ biến đổi, máy phát điện

cảm ứng có thể tạo ra và tiêu thụ công suất phản kháng. Do đó, DFIG có thể hỗ trợ hệ thống điện ổn định trong thời gian khắc nghiệt rối loạn điện áp bằng cách cung cấp hỗ trợ công suất phản kháng. Như một phần vốn có của các hệ thống DFIG, stator máy phát điện cung cấp 70 - 76% tổng số điện năng trực tiếp vào lưới điện, thường lên đến 690 V. Lưới điện gió được nối với lưới điện địa phương bằng cách sử dụng một máy biến áp nâng áp. Hệ thống DFIG được thiết kế cho cả hệ thống 60 Hz và 50 Hz, nhưng mỗi tình huống lưới điện yêu cầu vận hành máy phát điện thích ứng với chu kỳ hoạt động cụ thể . Máy điện dị bộ lồng sóc có chi phí chế tạo thấp hơn rôto dây quấn của máy phát điện cảm ứng và được thiết kế tương đối đơn giản; chúng chắc chắn, chi phí - hiệu quả và được sử dụng rộng rãi trong các microgrid gió.

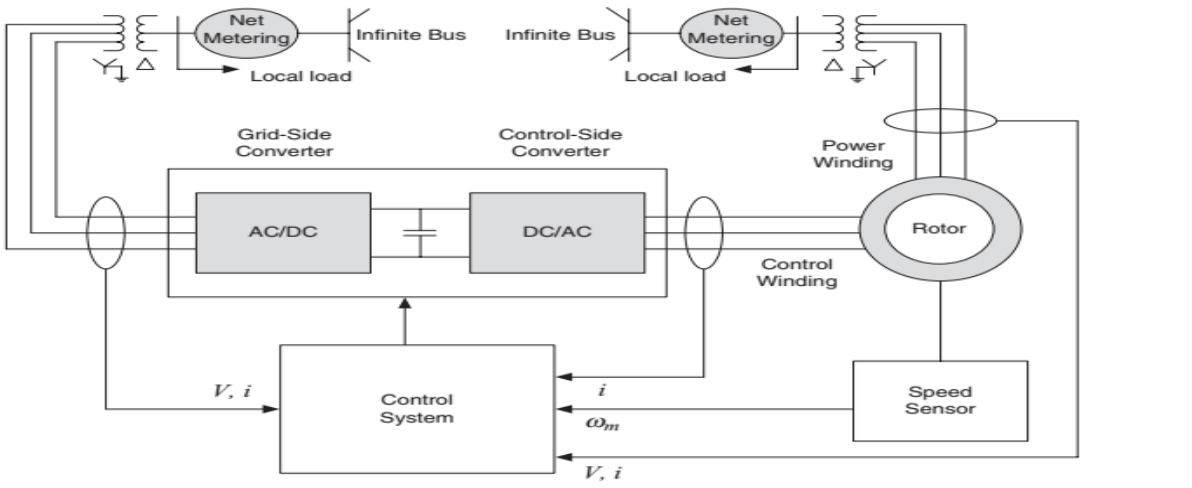
3.3 HỆ THỐNG MÁY PHÁT ĐIỆN CẢM ỨNG KHÔNG CHỔI THAN CẤP ĐIỆN 2 PHÍA

Hệ thống DFIG không chổi than được thiết kế bằng cách đặt hai cuộn dây nhiều pha có số cặp cực khác nhau trên cấu trúc stato. Một trong những cuộn dây stato được chỉ định là cuộn dây nguồn và được nối với mạng lưới điện. Điều khiển cuộn dây thứ hai được cung cấp từ một bộ biến đổi và điều khiển quá trình chuyển đổi năng lượng. Máy phát điện được điều khiển bằng cách thay đổi tần số của cuộn dây nối với bộ biến đổi điện. Vì số đôi cực của 2 cuộn dây không giống nhau, cảm ứng từ tần số thấp được tạo ra trong cuộn dây nối với lưới điện trên một dải tốc độ mà rôto cung cấp bằng năng lượng gió. DFIG không chổi than không sử dụng lõi từ tốt. Khu vực stator đặt cuộn dây kép lớn hơn về mặt vật lý so với các máy điện khác có công suất định mức tương đương.

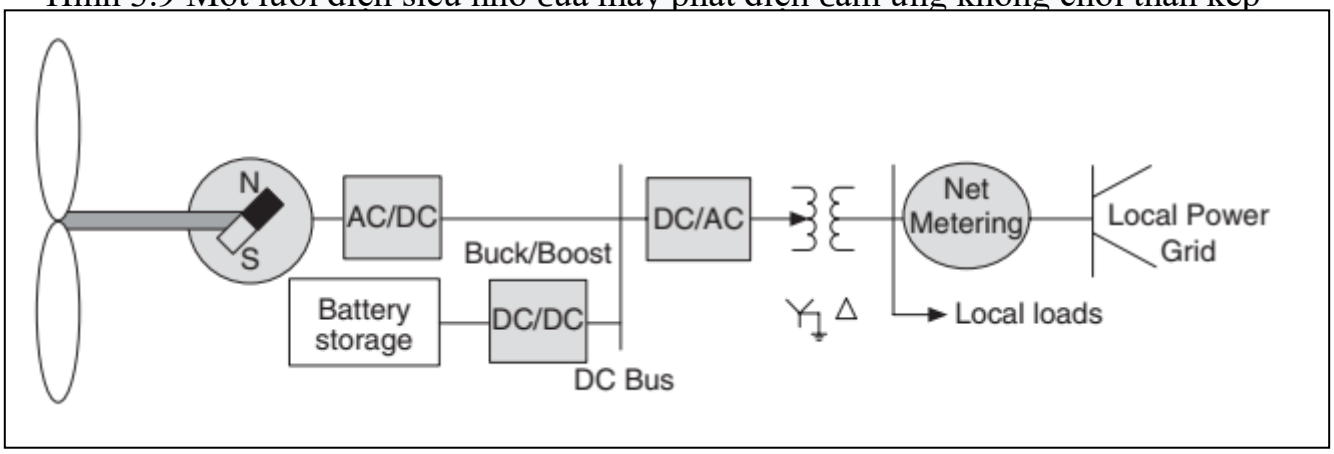
3.4.MÁY PHÁT NAM CHÂM VĨNH CỬU TỐC ĐỘ THAY ĐỔI

Các loại máy phát điện gió này hoạt động với tốc độ gió thay đổi. Chúng sử dụng bộ biến đổi nguồn AC / DC và DC / AC "đầy đủ". Nguồn DC được đảo ngược sử dụng một biến tần DC / AC và được kết nối với một máy biến áp tăng áp, sau đó

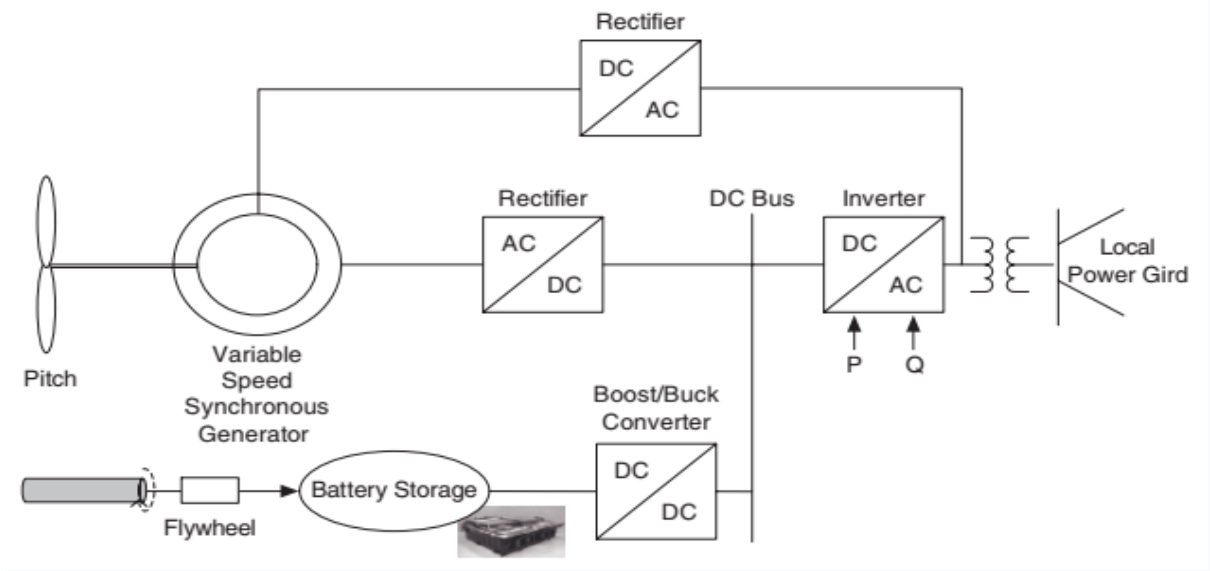
được kết nối với lưới điện địa phương như trong Hình 3.10. Máy phát điện nam châm vĩnh cửu tốc độ thay đổi của Hình 3.10 tạo ra một điện áp xoay chiều có tần số thay đổi được. Vì nguồn điện tạo ra không ở tần số của lưới điện địa phương, công suất đầu ra của máy phát tần số biến đổi không thể được đưa vào lưới điện địa phương. Vì thế, điện áp tần số AC thay đổi được chỉnh lưu bằng bộ chỉnh lưu AC / DC (xem Hình 3.10). Cáp DC của Hình 3.9 có thể được sử dụng để sạc hệ thống lưu trữ sử dụng bộ chuyển đổi boost - buck. Hình 3.11 mô tả một máy phát tốc độ biến thiên. Cuộn dây kích từ của máy phát hình 3.11 được cung cấp từ nguồn DC bằng cách sử dụng bộ chỉnh lưu AC / DC từ một cáp AC của microgrid. Bởi vì năng lượng cơ học gió được cung cấp có tốc độ thay đổi, công suất đầu ra của máy phát cũng sẽ chứa tần số biến đổi. Bộ biến tần DC/AC được sử dụng để chuyển đổi nguồn DC thành AC cấp điện ở tần số và điện áp lưới điện địa phương như trong Hình 3.10 và H.3.11



Hình 3.9 Một lưới điện siêu nhỏ của máy phát điện cảm ứng không chổi than kép



Hình 3.10 Một lưới siêu nhỏ của một nam châm vĩnh cửu có tốc độ thay cho máy phát điện gió



Hình 3.11. Lưới điện gió siêu nhỏ có thể được nối với nguồn điện địa phương lưới của một cáp AC vì nó đang hoạt động ở tần số của nguồn điện địa phương lưới điện. Tuy nhiên, việc điều khiển phối hợp các bộ biến đổi của Hình 3.10 và Hình 3.11 là một chủ đề nâng cao không được đề cập ở đây.

3.5 MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ TỐC ĐỘ BIẾN ĐỔI

Rôto của máy phát điện đồng bộ quay với tốc độ đồng bộ. Cho một máy phát điện đồng bộ, tần số của điện áp cảm ứng trong stato cuộn dây được cho bởi biểu thức dưới đ

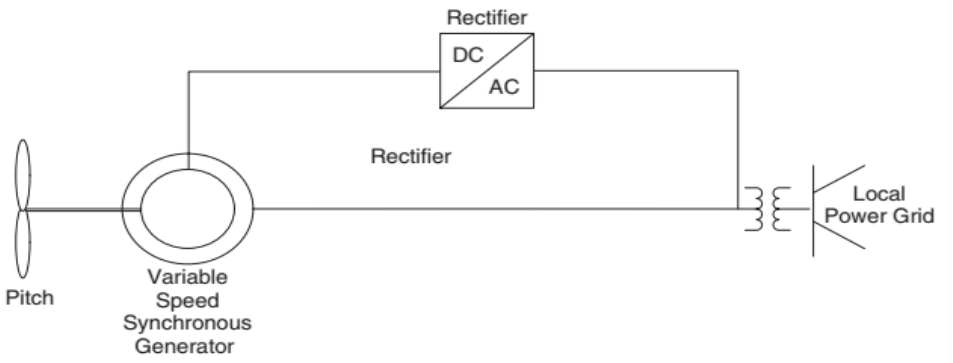
Nếu P=2 thì ωsyn=ωs .

$$\omega_{syn} = \frac{2}{P}\omega_s$$

Và tần số sđđ cảm ứng trong cuộn dây:

$$\omega_s = 2 \cdot \pi \cdot f_e$$

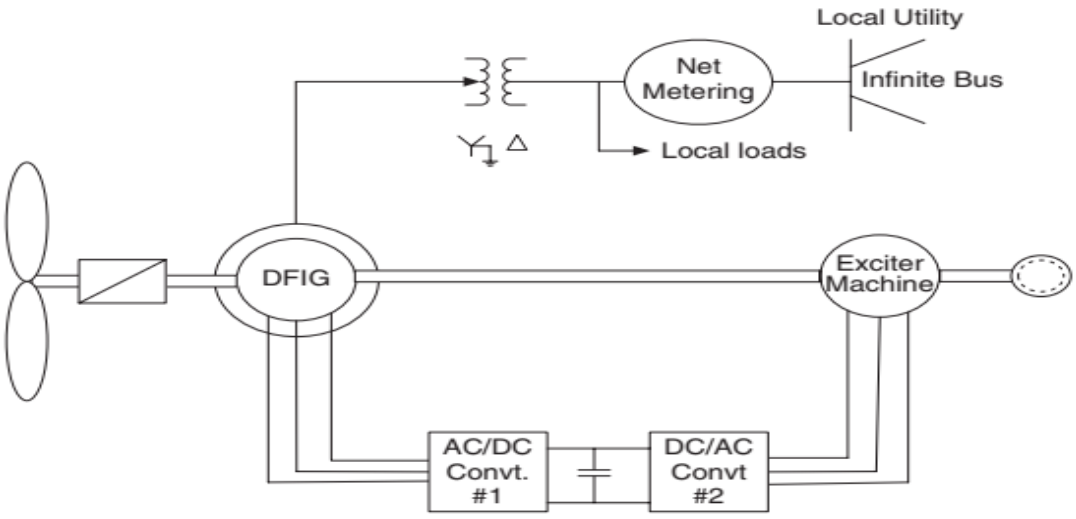
Nêu tôc độ gió thay đôi, điện áp cảm ứng cũng sẽ thay đôi theo thời gian, và nó sẽ có nhiều tần số. Hình 6.43 mô tả một loại gió dựa trên lưới nhỏ. Tuy nhiên, trước khi nối máy phát điện với lưới điện địa phương, chúng ta phải vận hành máy phát điện ở tốc độ đồng bộ. Tùy thuộc vào tốc độ gió dự kiến cho một vị trí nhất định, máy phát điện có thể được thiết kế với một hệ thống bánh răng. Tỷ số truyền được điều chỉnh sao cho tốc độ của rôto máy phát điện ở tốc độ đồng bộ. Do đó, điện áp cảm ứng của stato của máy phát điện cùng tần số với lưới điện địa phương.



Hình 3.12 Máy phát điện đồng bộ tốc độ thay đổi

3.6 MÁY PHÁT ĐIỆN TỐC ĐỘ THAY VỚI BỘ BIẾN ĐỔI CÁCH LI LƯỚI ĐIỆN

Một loại khác của hệ thống máy phát tuabin gió bao gồm một máy kích từ cùng với một DFIG. So với hệ thống DFIG thông thường, hệ thống này máy phát điện gió có một bộ biến đổi. Do gồm cả máy kích thích, nên nó có thể cách ly bộ biến đổi điện để không được nối trực tiếp với lưới điện. Tức là, stator là đầu ra duy nhất được nối với lưới điện. Đây là một giải pháp khác với lưới DFIG nối thông thường, trong đó rôto máy phát nguồn điện được đưa vào lưới điện thông qua bộ biến đổi điện năng. Hình 3.13 mô tả một máy phát tuabin gió có tốc độ thay đổi với một bộ biến đổi được cách ly khỏi lưới điện. Bộ biến đổi đầu tiên bộ biến tần DC / AC cấp điện cho rôto của DGIF. Tuy nhiên, trong cấu trúc liên này, đơn vị chuyển đổi thứ hai là một bộ chỉnh lưu AC / DC, được cung cấp từ máy kích từ (xem Hình 3.13). Ngược lại cả máy phát điện đồng bộ và không đồng bộ, DFIG vốn dĩ không có khả năng hoạt động phanh điện đột ngột



Hình 3.13 Một lưới nhỏ máy phát tua bin gió tốc độ thay đổi với bộ chuyển bị cô lập khỏi lưới

tách tuabin gió khỏi lưới điện hoặc tốc độ gió cao đột ngột. Tuy nhiên, trong cấu trúc liên kết trên, công suất máy kích từ có thể được sử dụng để điều khiển một phanh điện. Phanh điện cũng có thể được sử dụng cùng với phanh khí động học, giảm thiểu tải mô-men cực đại. Các tuabin gió này đặc trưng bởi quán tính thấp hơn loại cổ điển; do đó, chúng không thể tham gia tải hệ thống điện có tần số thay đổi. Khi máy phát điện gió được trang bị hệ thống lưu trữ, chúng có thể tham gia điều khiển tải - tần số. Các tuabin tốc độ thay đổi được thiết kế dựa trên việc sử dụng các bộ biến đổi điện tử back-to-back. Cáp điện áp DC trung gian tạo ra sự tách rời điện giữa máy và lưới điện. Việc phân tách như vậy tạo ra một cơ hội mới để sử dụng các loại hệ thống tạo gió để điều khiển tải - tần số.

Ví dụ 3.3

Chọn bộ chỉnh lưu AC / DC và bộ biến tần DC / AC cho Máy phát điện gió tốc độ biến đổi công suất 600 kW hoạt động ở 690 V AC. Điện áp bên lưới là 1000 V.

Giá trị điện áp cực đại dây có giá trị:

$$V_{L-L,peak} = \sqrt{2} \cdot V_{L-L,rms} = \sqrt{2} \times 690 = 975.8\ V$$

Do đó, định mức điện áp phía DC của bộ chỉnh lưu là ≥976,8 V. Đặt định mức điện áp của bộ chỉnh lưu là 1000 V ở phía DC và 690 V trên mặt AC. Biến tần cũng có thể được chọn với định mức 1000 V trên mặt AC. Cả bộ chỉnh lưu và bộ biến tần phải có giá trị định mức 600 kW.

Trong chương này, chúng ta đã nghiên cứu mô hình của máy cảm ứng và hoạt động của chúng như động cơ và máy phát điện. Việc sử dụng máy phát điện cảm ứng như một nguồn điện trong microgridds yêu cầu một dòng điện kích từ cho máy phát điện hoạt động được cung cấp từ các microgrid cục bộ. Nếu các vi lưới dựa trên gió được kết nối với lưới điện địa phương, lưới điện sẽ cung cấp cho dòng kích

từ (VAr). Do đó, lưới điện địa phương phải được quy hoạch để cung cấp các yêu cầu về công suất phản kháng (VAr) của các microgrid gió. Chúng ta cũng đã xem xét các máy phát điện cảm ứng được cấp nguồn kép, máy phát điện cảm ứng tốc độ thay đổi và máy phát điện nam châm vĩnh cửu tốc độ thay đổi. Điều khiển phối hợp của bộ biến đổi là một chủ đề nâng cao không phải là chủ đề của cuốn sách này.

KẾT LUẬN

Sau thời gian 3 tháng làm đồ án với sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn ,em đã hoàn thành đề tài được giao **"Năng lượng gió, đi sâu tìm hiểu hệ thống điện năng lượng gió"**

Trong đồ án này em đã tìm hiểu được các vấn đề:

- Quy trình sản xuất điện của năng lượng gió
- Được học hỏi và hiểu thêm về các loai máy phát điện tạo ra năng lượng gió.

Ví dụ như :Máy phát điện tốc độ thay với bộ biến đổi cách li lưới điện, máy phát điện đồng bộ tốc độ biến đổi.

Quá trình thực hiện đồ án đã giúp em củng cố lại những kiến thức mà mình đã học.Ngoài ra qua quá trình tìm hiểu thực tế bên ngoài để hoàn thành đồ án đã giúp em có thêm những kiến thức thực tế. Do thời gian làm đồ án ngắn và kiến thức còn hạn chế nên trong đồ án còn có những thiếu sót nhất định. Vì vậy, em rất mong được sự góp ý, bổ sung của các thầy cô giáo để đồ án của em được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn !

Hải phòng, ngày....tháng.....năm 2020

Sinh viên

HOÀNG NAM

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Các chiến lược và quy hoạch năng lượng quốc gia

1) Quyết định số 1855/QĐ-TTg ngày 27/12/2007 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050.

2) Dự thảo chiến lược và quy hoạch phát triển năng lượng tái tạo của Việt Nam đến năm 2015 có xét đến năm 2025.

3) Quyết định số 110/QĐ-TTg ngày 18/7/2007 của Thủ Tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực giai đoạn 2006-2015 có xét đến 2025.

4) Quy hoạch tổng thể phát triển năng lượng giai đoạn 2006-2015 có xét đến 2025.

5) Dự thảo quy hoạch phát triển điện lực giai đoạn 2011-2020 có xét đến 2030.

6) UNEP, 2004. CDM information and guidebook.

7) TrueWind Solutions, 2000. Bản đồ tài nguyên gió cho Khu vực Đông Nam Á. LLC, New York.

8) Quy hoạch phát triển điện gió tỉnh Bình thuận giai đoạn 2009-2015 có xét đến 2020.

9) Báo cáo tổng kết Tập đoàn điện lực Việt Nam năm 2007.

10) AWS Truepower, 2011. Wind resource atlast of Vietnam. 463 New Karner Road, Abany, New York 12205

11) Design of smart power grid renewable enegry -xuất bản 2011, tác giả

Ali Keyhani