

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



بررسی انرژی تجدید پذیر و مدل سازی سیستم های هایبرید

دانشجو: ابوالفضل اسدی

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



فهرست

فصل اول : مقدمه

تقاضای انرژی جهانی

1

تولید حرارتی توان الکتریکی مرسوم

2

زغال سنگ

3

گاز طبیعی

3

نفت

.....

3

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

توان هسته ای

4

توان هیدرو الکتریک

4

چرا انرژی تجدید پذیر؟

5

پیشرفت های اخیر در تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر
انرژی باد

7

اثرات زیست محیطی استفاده از انرژی باد

9

انرژی فتوولتائیک

10

اثرات زیست محیطی و موانع و محدودیت انرژی خورشیدی

11

پیل سوختی (فیول سل)

12

سایر منابع انرژی تجدید پذیر

13

کاربرد های تولید پراکنده (DG)

14

فصل دوم : مفاهیم بنیادی سیستم های انرژی تجدید پذیر

شکل های انرژی

تعریف انرژی

18

انرژی مکانیکی

18

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انرژی شیمیایی

19

انرژی الکترومغناطیسی و الکتریکی

20

انرژی حرارتی

20

انرژی هسته ای

21

آنالیز ترمودینامیک

قانون اول ترمودینامیک

22

موتور گرمایی و چرخه کارنو

23

قانون دوم ترمودینامیک

25

ساختار پروسه های الکتروشیمیایی

26

انرژی آزاد گیبس

26

تعادل انرژی در واکنش شیمیایی

27

معادله نرنست

29

مفاهیم بنیادی سیستم های انرژی تجدید پذیر

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم انرژی باد

مقدمه

31

انرژی موجود در باد

32

توان استخراجی از باد

33

نسبت سرعت نوک

34

سیستم تبدیل انرژی باد

35

سیستم های تبدیل انرژی باد سرعت ثابت و سرعت متغییر

37

توان خروجی توربین باد بر حسب سرعت باد

39

پیل های سوختی

مقدمه

40

عملکردی

اصول

42

PEMFC

SOFC

44

MCFC

46

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم انرژی فتوولتائیک

اصطلاحات

46

اثر فتوولتائیک

47

الکترو لایزر

49

فصل سوم : سیستم تولید پراکنده انرژی تجدید پذیر چند منبعی (هایبرید)

مقدمه

52

کوپلینگ AC و کوپلینگ DC

54

سیستم های مستقل و سیستم های متصل به شبکه

57

پیکربندی سیستم پیشنهادی

58

فصل چهارم : مدل کردن اجزای سیستم انرژی تجدید پذیر

هایبرید

مقدمه

59

سیستم تبدیل انرژی باد

مقدمه

60

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

.....	ایجاد مدل دینامیکی	60
	پیل سوختی	
	مقدمه	
61	مدل	
دینامیکی		
62		
67	مدل الکترو لایزر	
بالا	مدل	
	خازن	
	با	
	ظرفیت	
68		
توان	مدل	
	مبدل	
70		
	کنترلرها	
	مقدمه	
70		
کنترلر	انتخاب	
	پارامترهای	
71		
سوختی	کنترلر	
	پیل	
72		
توان	کنترلر	
73		

فصل پنجم : شبیه سازی و نتایج آن

سازى	شبیه	
74		
سازى	نتایج	
	شبیه	
79		
گیرى	نتیجه	
83		

مراجع

84



فصل اول

مقدمه

انرژی از ضروریات زندگی هر فرد در هر مکان و زمان است . این مطلب ، بویژه در قرن جدید صادق تر است ، قرنی که مردم دنبال سطح بالایی از کیفیت زندگی می گردند . در میان انواع مختلف انرژی ، انرژی الکتریکی یکی از مهمترین انرژی هایی است که مردم در هر روز به آن نیاز دارند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

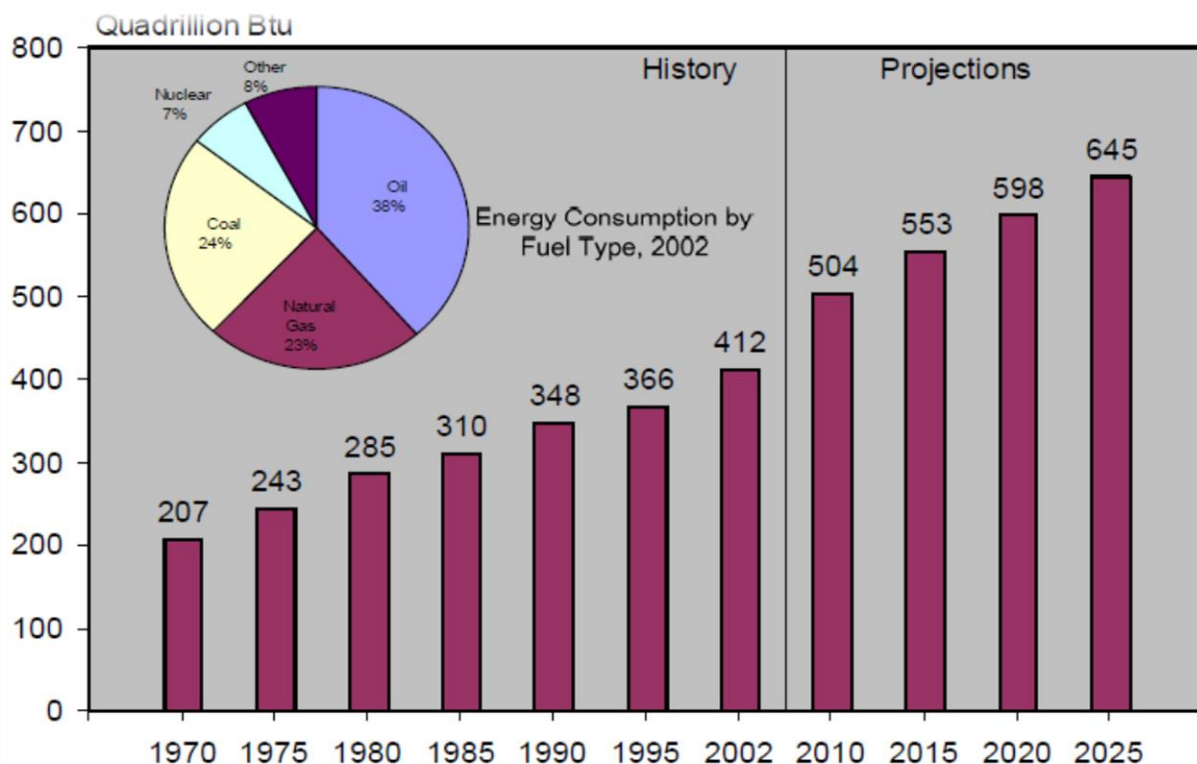
تقاضای انرژی جهانی

انتظار می رود که مصرف انرژی جهان در دو دهه ی آینده حدود 57٪ رشد کند [1]. شکل 1.1 رشد وسیع تقاضای انرژی جهانی در سه دهه ی اخیر را نشان می دهد و هم چنین یک پیش بینی از تقاضای انرژی در دو دهه ی آینده را نیز نشان می دهد. همچنین مصرف انرژی جهان توسط انواع سوخت در سال 2002 نیز در شکل آمده است. با توجه به شکل، این نکته واضح است که قسمت عظیمی از انرژی کل به وسیله ی سوخت های فسیلی فراهم شده است. (حدود 86٪ در سال 2002). سوخت های فسیلی به طور مساوی در جهان توزیع نشده است، و همچنین اگر اقتصاد جهان هنوز به طور وسیع وابسته به سوخت های فسیلی باشد، ممکن است کشمکش های منطقه ای و جهانی به دلیل بحران انرژی رخ دهد. به علاوه، در طول فرآیند تولید و استفاده انرژی الکتریکی با تکنولوژی های مرسوم امروزی، محیط جهانی به طور قابل توجهی متأثر شده است و محیط بعضی از مناطق به طور شدید صدمه دیده است. بنابراین، حل کردن این مسئله که چگونه مقدار انرژی مورد نیاز و انواع منابع انرژی را با کمترین لطمه تولید کنیم، یک چالش بزرگ برای همه ی جهان شده است.

تولید حرارتی توان الکتریکی مرسوم

نیروگاه های حرارتی مرسوم توان الکتریکی را با استفاده از سوخت های فسیلی به نام های زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی تولید میکنند. در یک نیروگاه حرارتی سوخت فسیلی، آب از میان بویلر عبور داده شده و به وسیله ی سوخت های فسیلی حرارت داده می شود تا بخاری با فشار و دمای بالا تولید شود. سپس بخار وارد یک توربین بخار چند مرحله ای شده که یک ژنراتور را برای تولید برق به حرکت درمی آورد.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 1.1 مصرف انرژی جهان 1970-2025 [1] [2]

زغال سنگ

زغال سنگ به دلیل قیمت کم آن و ذخایر فراوان نسبی آن ، سوختی غالب برای تولید الکتریسیته است و هم باید باشد .

در حال حاضر آمریکا و چین ، از سردمداران ظرفیت سوخت زغال سنگ نصب شده در جهان هستند . حتی تحت فشار پروتکل Kyoto برای کاهش دادن گاز های گلخانه ای و سایر آلاینده های هوا ، قابل انتظار است ظرفیت تولید الکتریسیته سوخت زغال سنگی در هر سال ، رشد 1.5 درصدی داشته باشد . به هر حال ، این گرایش می تواند تغییر کند اگر فشار بیشتری به کار گرفته شود برای پیاده سازی سیاست های حفاظتی محیط از سوی نهادهایی مانند پروتکل Kyoto و Clean Air Act در آمریکا .

گاز طبیعی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تکنولوژی تولید الکتریسیته توسط سوختن گاز طبیعی یک انتخاب جاذب برای نیروگاههای جدید است ، به دلیل بهره ی سوختی آن ، انعطاف پذیری عملکرد ، گسترش سریع ، و هزینه های پایین نصب در مقایسه با سایر تکنولوژی های تولید مرسوم .

سیاست های تنظیمی برای کاهش آلاینده های دی اکسید کربنی می تواند تغییر سوخت ، از زغال سنگ به گاز را افزایش دهد . به هر حال ، ذخایر گاز طبیعی به فراوانی زغال سنگ نیست .

نفت

در متوسط جهان ، نفت منبع اصلی برای تولید توان الکتریکی نیست و نخواهد بود . دلیل اصلی این است که عمده تولیدات نفت خام برای اهداف حمل و نقلی مانند اتومبیل های گازوئیلی و بنزینی به کار گرفته می شوند تا برای تولید برق .

اولین مشکل نفت این است که کل جهان دارای ذخایر کمی از نفت است در حالی که تقاضا برای نفت در حال افزایش است . انتظار می رود که تقاضای نفت در هر سال ، حدود 2.5 درصد افزایش بیابد [3] .

مقدار ذخایر نفت خام ثابت شده در جهان در سال 2005 ، 1277 بیلیون بشکه است . مصرف نفت جهان در 2002 ، 78.2 میلیون بشکه در روز بوده است [3] . اگر ما نتوانیم سرعت مصرفمان را تغییر دهیم ، آنگاه همه ی ذخایر نفت جهان فقط کمتر از 45 سال دوام خواهد آورد . گازهای گلخانه ای و آلاینده های هوا نیز مشکل بزرگ دیگری در رابطه با استفاده از نفت است . به علاوه ، مشکلات بسیار دیگری وابسته به نفت وجود دارد ، مانند :
قیمت بالای نفت و بی ثباتی بعضی از مناطق استخراج نفت .

توان هسته ای

انرژی هسته ای یک منبع مهم برای تولید برق در بسیاری از کشور ها است . در سال 2003 ، 19 کشور از طریق سوخت هسته ای ، حدود 20 درصد از برق مورد نیاز خود را تامین می کردند [4]

فرانسه ، کشوری است که بیشترین سهم را در تولید برق به وسیله ی انرژی هسته ای را داراست (78.1٪) [4] . به هر حال ، گرایش به توان هسته ای می تواند سخت باشد یا حتی می تواند معکوس باشد ، بدلیل استدلال های متنوع . امنیت نیروگاه هسته ای هنوز بزرگترین نگرانی است . و همچنین طرز دفع کردن پسماندهای هسته ای می تواند همیشه یک موضوع بحث بر انگیز برای حافظان محیط زیست باشد . بعلاوه ، سوخت هسته ای (اورانیوم) تجدیدپذیر نیست .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

توان هیدرو الکتریک

امروزه ، توان هیدروالکتریک (برق آبی) هنوز منبع تجدید پذیر بزرگی برای تولید برق در جهان است . در سال 2002 ، بیش از 18 درصد از برق جهان به وسیله ی منابع تجدید پذیر تأمین شده بود . قابل انتظار است که ظرفیت هیدرو الکتریک جهان اندکی رشد کند ، به دلیل پروژه های هیدرو الکتریکی بزرگ که در مناطق پر بازده در حال اجراء است .

اگر چه توان هیدرو الکتریک تمیز و تجدید پذیر است ، هنوز مشکلاتی مرتبط با آن وجود دارد . اول اینکه سد ها و مخزن های بزرگ سبب بسیاری از نگرانی های محیطی و مشاجره های اجتماعی می شود و دوم اینکه جا به جایی جمعیت می تواند یک مشکل بزرگ باشد .

چرا انرژی تجدید پذیر؟

نگرانی های زیست محیطی و افزایش نیاز به استفاده از انرژی ، باعث ایجاد فرصت های جدیدی برای استفاده عمومی از منابع انرژی تجدید پذیر شده است . عبارت " انرژی تجدیدپذیر " به انرژی ای اطلاق میشود که بدون آسیب به طبیعت به دست آید (متمایز از راههای مرسوم، یعنی از طریق نیروگاه های سوخت فسیلی ، نیروگاههای اتمی و نیروگاههای برق آبی) . رنج وسیعی از منابع انرژی را میتوان به عنوان انرژی تجدید پذیر طبقه بندی کرد . مانند خورشید ، باد ، هیدروژن (پیل سوختی) ، بیوماس و انرژی زمین گرمایی . با این حال ، اکثر برق جهان هنوز بوسیله سوختهای فسیلی ، انرژی اتمی و انرژی برق آبی تأمین میشود .

اما به دلیل نگرانیهای زیر در مورد تکنولوژی های مرسوم تولید برق ، منابع انرژی تجدیدپذیر نقش مهمی در تولید برق ایفا میکنند . و دیر یا زود این انرژی های نو به اصلی ترین منابع تولید برق تبدیل خواهند شد .

- منابع انرژی مرسوم تجدیدپذیر نیستند : سوختهای فسیلی (زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی) و سوخت های هسته ای تجدیدپذیر نیستند . ذخایر این سوختها در آینده تمام خواهد شد . بنابراین نیاز به یک استراتژی توسعه بلند مدت انرژی برای رشد اقتصادی پیوسته احساس میشود .

- تکنولوژی های مرسوم با طبیعت سازگار نیستند : اگرچه شاهد پیشرفت های اساسی در تکنولوژی مانند (گوگرد زدایی) برای کاهش آلودگی ها هستیم ، اما هنوز نیروگاه های گرمایی مرسوم مقدار زیادی گازهای گلخانه ای مانند اکسید سولفور و اکسید نیتروژن تولید میکنند [5] . ضایعات رادیواکتیو نیروگاه های اتمی ، همواره یکی از

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نگرانی های بزرگ برای طبیعت بوده است . سدها و مخازن انرژی برق آبی ممکن است به سیستم بوم شناختی اطرافشان لطمه بزنند [6]. به گونه ای که طبق برآورد های محیط زیست بین المللی میزان آلودگی به ازای هر مگاوات ساعت تولید انرژی با سوخت گازوییل 21.3 کیلوگرم انواع اسید کربن و منواکسید کربن و ۶۵۷ کیلوگرم CO₂ به محیط اطراف پراکنده می شود و در صورت استفاده از سوخت گازی این ارقام به ترتیب 6.7 و ۴۴۷ کیلوگرم کاهش می یابند . عوامل فوق علاوه بر آلودگی محیط زیست باعث افزایش دمای اتمسفر شده و به نظر برخی از دانشمندان ذوب شدن یخ های قطبی و بالآمدن سطح دریاها و اقیانوس ها را به دنبال خواهد داشت .

- هزینه استفاده از سوخت های فسیلی و اتمی در حال بالا رفتن است : با توجه به افزایش پیوسته تقاضای انرژی جهانی و تجدیدپذیر نبودن منابع سوخت موجود ، واضح است که قیمت این سوخت ها بالاتر می رود . در مقایسه با گاز طبیعی و نفت خام ، زغال سنگ سوخت ارزانهتری برای تولید برق است . اما ، در صورتیکه هزینه کاهش آلودگی ها را به حساب آوریم ، قیمت تولید برق از زغال سنگ بسیار بیشتر خواهد بود . هزینه رو به افزایش استفاده از تکنولوژی های مرسوم ، تولید برق از منابع تجدیدپذیر را رقابتی تر و گرایش به سمت انرژی های تجدیدپذیر را توجیح پذیر میکند .

- منابع انرژی برق آبی کافی نیستند و محل آنها معمولا دور از مراکز بار است : مجموع مقدار انرژی برق آبی که میتوان استخراج کرد کافی نیست . و در خیلی از کشورهای توسعه یافته ، توسعه انرژی برق آبی کامل شده است . از این گذشته معمولا نقاط مساعد برای سدها در مناطق دور افتاده قرار دارد ، بنابراین انتقال انرژی آنها نیاز به خطوط انتقال طولانی دارد و این مطلب باعث تحمیل هزینه اضافی به این نیروگاه ها میشود .

- نگرانی های سیاسی و اجتماعی درمورد امنیت انرژی هسته ای : حادثه چرنوبیل در جماهیر شوروی در سال 1986 باعث ترس مردم از نیروگاههای هسته ای شد . هیچکس خواهان همسایه بودن با یک نیروگاه یا تاسیسات هسته ای نیست . این حادثه و حوادث مشابه سیاست انرژی دولت ها را بطور اساسی تغییر داد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به عبارت دیگر در مقایسه با تکنولوژیهای تولید برق مرسوم، انرژیهای تجدیدپذیر/نو مزایای زیر را دارند :

1) منابع انرژی تجدیدپذیر تنها تجدیدپذیر نیستند بلکه فراوان اند : برای مثال برطبق اطلاعات سال 2000 منابع انرژی باد آمریکا میتوانند بیش از کل مصرف جهان برق تولید کنند [7]. مجموع انرژی خورشید در روز در سطح زمین حدود 1000 برابر انرژی بدست آمده از سوختههای فسیلی است [5].

2) پیل های سوختی بازده انرژی بالایی دارند : بازده پیل سوختی دما پایین غشا تعویض پروتون (PEM) حدود 35-45% است [8]. پیل سوختی دما بالای اکسید جامد (SOFC) میتواند حدود 65% بازده داشته باشد [9]. بازده کلی SOFC براساس سیکل ترکیبی میتواند به 70% برسد [9].

3) انرژی های تجدیدپذیر و پیل های سوختی دوستدار محیط زیست اند : با این سیستم ها آلودگی (گازهای گلخانه ای) که باعث باران های اسیدی ، آلودگی نهرها و دیگر مسائل میشود ، کم و یا صفر می شود . بنابراین هزینه پاکسازی یا دفع ضایعات برای آنها وجود ندارد [5].

4) منابع انرژی تجدیدپذیر مختلف میتوانند یکدیگر را تکمیل کنند : با وجود اینکه منابع انرژی تجدیدپذیر در جهان بطور یکسان پخش نشده اند ، هر ناحیه منابع انرژی تجدیدپذیر مخصوصی دارد . حداقل خورشید به هر گوشه از جهان می تابد ، و منابع انرژی دیگر می توانند آن را تکمیل کنند .

5) سیستم های تولید توان تجدیدپذیر را معمولا میتوان نزدیک مراکز بار بعنوان منابع تولید پراکنده (بجز مزارع باد و خورشید بزرگ) نصب کرد . بنابراین به خطوط انتقال ولتاژ بالا نیاز ندارند. بطور کلی ، به دلیل رشد مصرف انرژی ، آگاهی عمومی برای حفظ محیط زیست ، تهی شدن ذخایر سوخت های فسیلی و نگرانی های سیاسی و اجتماعی درمورد ایمنی انرژی هسته ای ، سیستم های تولید توان نو (تجدیدپذیر و مبتنی بر پیل سوختی) علاقه زیادی را جذب کرده اند .

پیشرفت های اخیر در تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در قسمت های بعدی ، پیشرفت های اخیر در توان بادی ، توان خورشیدی ، فیول سل ها و سایر تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر مرور می شود .

انرژی باد

انرژی باد یکی از تکنولوژی های انرژی سریع رشد در جهان است . در شکل (1.2) رشد چشمگیر انرژی باد در جهان را تا سال 2005 نشان می دهد . که این نمودار از طرف انجمن انرژی باد جهانی (GWEC) داده شده است . در سال 2005 یک افزایش 43.4٪ ظرفیت تولید توان باد درافزایش های سالیانه وجود دارد ، در 11 سال قبل از 2005 ، ظرفیت انرژی باد جهانی بیش از 17 برابر افزایش یافته است – از 3.5 GW در سال 1994 به تقریباً 60 GW در انتهای سال 2005 – (شکل 1.2) . چشم اندازهای آینده صنعت باد جهانی ، نیز خیلی امید بخش هستند ، حتی مبتنی بر یک تجسم محافظه کارانه ، توان بادی نصب شده در کل جهان می تواند در سال 2012 به 160 GW برسد . گستره ای از کشورهای جدید در سرتاسر جهان ، در ده سال آینده در بازار انرژی باد جهانی شریک خواهند شد [10] .

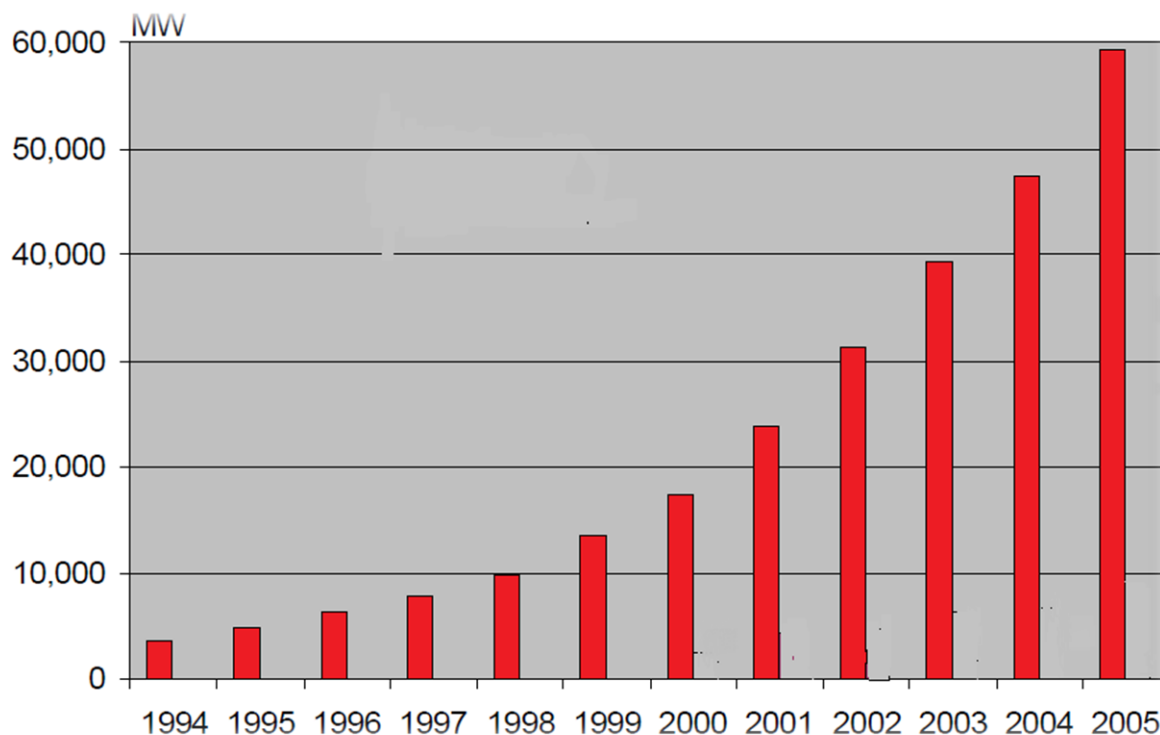
رشد جهانی پدیدار شده در صنعت باد ، در طول دهه ی گذشته ، میتواند نسبت داده شود به سیاست های حمایت کننده ی حکومتی و پیشرفت سریع در تکنولوژی های جدید هزینه کاه . اغلب ، انرژی بادی در زمینه های پتانسیل تئوری قابل دستیابی از آن مورد بحث و ارزیابی قرار می گیرد . مطالعات پتانسیل انرژی بادی نشان می دهد که منابع بادی در دنیا فراوان هستند . مثلاً دریافته اند که پتانسیل ساحلی مفید در سیستم های آبی اروپا به تنهایی در حدود 2500 Twh/year (تریلیون وات ساعت بر سال) است . این در حدود ۸۵ درصد مصرف اروپا در سال ۱۹۹۷ است [11] .

نتیجه می گیریم منابع انرژی بادی مورد مطالعه بستگی دارند به کیفیت داده های انرژی باد همانطور با اتخاذ تکنولوژی بهتر و فضای مورد نیاز ، بهر حال این خیلی مهم است که بدانیم پتانسیل بادی زمین می تواند نقش موثر و مهمی را در تمامی نقاط زمین ایفا کند. ظرفیت دقیق نصب شده توربین های بادی اندازه کوچک یا سیستم های مستقل از شبکه اطلاعات جامعی در دست نیست . اطلاعات منطقه ای اغلب محدود است .

به عنوان مثال، چین مدعی است که بیش از ۱۱۰۰۰۰ توربین بادی کوچک (50 – 200 وات) نصب کرده است، این توربین ها جهت تامین نیروی مورد نیاز عشایر دامدار و یا کشاورزان مورد استفاده قرار می گیرند . کارشناسان پیش بینی می کنند که بکارگیری سیستم های مستقل از شبکه ، در آینده نزدیک رشد سریعی خواهد داشت . با برنامه ریزی جهت تامین الکتریسیته روستایی در قسمت های مختلف جهان این رشد عملی خواهد بود ، در برزیل،

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مکزیک ، اندونزی ، فیلیپین و آفریقای جنوبی برنامه های مشابهی دارند که از تولید انرژی محلی پشتیبانی می کند . در ایران با توجه به سوابق تاریخی آن پتانسیل استفاده از انرژی بادی و نیروگاههای مستقل از شبکه بسیار بالا است .



شکل 1.2 ظرفیت تجمعی توان بادی جهان [10] [12]

اندازه و توان نامی توربین های بادی به سرعت در حال افزایش است . یکی از راهکارهای دستیابی به توان های بالاتر ، افزایش ارتفاع توربین های بادی است . اما افزایش اندازه و ارتفاع توربین های بادی احتمال برخورد صاعقه به آنها و ادوات کنترلی شان را افزایش می دهد . تجهیزات تولید توان در توربین های بادی در ارتفاع حدود صد متری از سطح زمین قرار گرفته اند که حفاظت در برابر صاعقه باید برای آنها نیز فراهم شود .

اثرات زیست محیطی استفاده از انرژی باد

البته چند محدودیت در کاربرد گسترده از انرژی باد وجود دارد که عبارتند از:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

عدم وجود اطلاعات دقیق از منابع باد در منطقه و اثرات آن بر محیط مانند تداخل در چشم انداز و زیبایی، صدا، تلفات پرندگان، پارازیت در سیستم مخابراتی و منابع سرمایه گذاری در دسترس. مزایای مولدهای برق بادی در مقایسه با نیروگاه فسیلی :

- ناچیز بودن هزینه جاری و سیر نزولی هزینه سرمایه گذاری بر مرور زمان.
- عدم احتیاج به آب و تأسیسات جانبی
- قابلیت بهره برداری در هر ظرفیت
- ایجاد تحرک در صنایع موجود داخلی و ایجاد بازار کار در تولید بعضی از قطعات توربین بادی

انرژی فتوولتائیک

انرژی خورشیدی اساساً منبع تمام نشدنی برای همه نوع منبع انرژی در روی زمین است. مقدار کل انرژی ای که زمین از رشد دریافت می کند بسیار زیاد و در هر ثانیه معادل انرژی حاصل از سوختن 3 میلیون تن بنزین است. معمولاً دو راه برای تولید برق از نور خورشید وجود دارد: از طریق فتوولتائیک (PV) و سیستم های حرارتی خورشیدی.

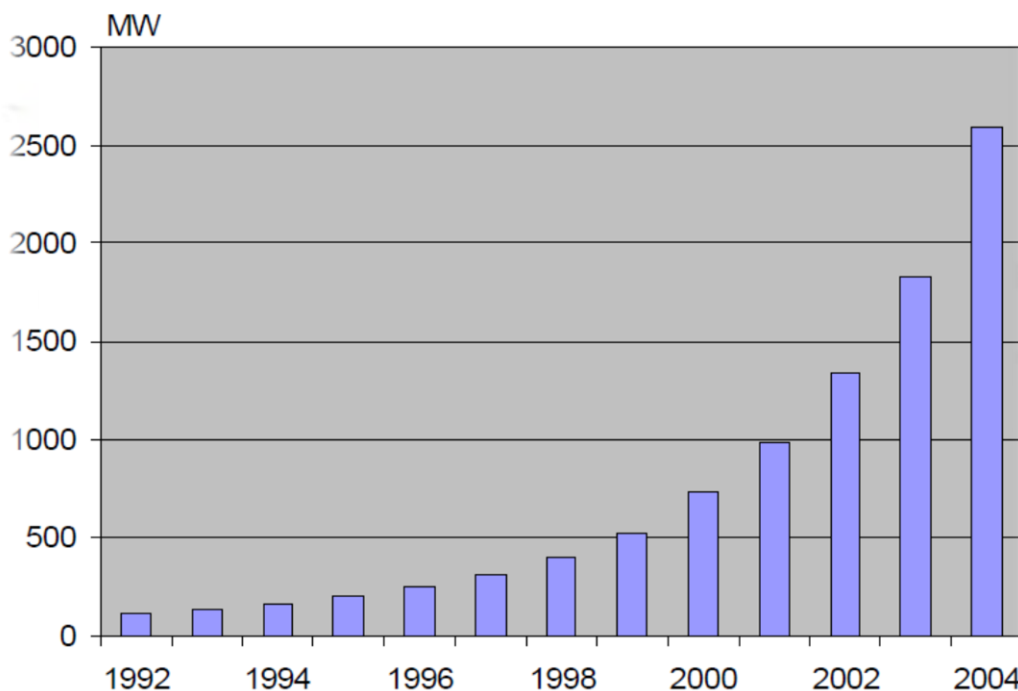
عیناً شبیه رشد انرژی باد، انرژی PV نیز از دیگر تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر سریع رشد است. اگر چه مقدار مطلق ظرفیت تولید توان PV جهانی خیلی کمتر از توان باد است، ولی در مدت دوازده سال گذشته (از 1992-2004) دارای رشد سریع تری نسبت به توان بادی بوده است [13].

بر طبق آمار بازار درخواست های توان فتوولتائیک در کشورهای عضو IEA-PVPS² 1، ظرفیت PV نصب شده ی جهانی بیش از 23 برابر افزایش یافته است، از 110 MW در سال 1992 تا 2596MW در سال 2004 (شکل 1.3) [13].

به دلیل پیشرفت در مواد نیمه هادی و طراحی تجهیزات، کیفیت تولید و توسعه ی ظرفیت تولید بهبود یافته است و همچنین هزینه های سرمایه گذاری تابلوهای PV به طور قابل توجهی کاهش یافته است، از 50 \$/w در ابتدای سال 1980 [5] تا حدود 3.5 تا 4.5 \$ بر وات در سال 2004 [13]. هزینه ی برق تولید شده به وسیله ی سیستم های PV مدام در حال افت است. که این هزینه از 0.9\$ در سال 1980 به 0.06\$ تا به امروز کاهش یافته است [5]. به هر حال، انرژی PV هنوز معمولاً گرانتر از سایر انرژی های مرسوم است. به طور جاری، سرمایه گذاری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اولیه ی یک سیستم PV بیشتر از ژنراتور ماشین بخار است . با این وجود ، درخواست های بسیاری وجود دارد که سیستم PV را یک انتخاب دراز مدت و مؤثر از نظر هزینه قرار داده است ، به ویژه در مناطق دورافتاده ، مانند تامین توان برای دامپروری های بیابانی ، تامین روشنایی برای خانه های دورافتاده .



شکل 1.3 ظرفیت PV نصب شده در کشورهای IEA-PVPS² [13]

اثرات زیست محیطی و موانع و محدودیت انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی از نظر محیط زیست بی خطر است و همچنین انرژی خورشیدی با شرایط فرهنگی متفاوت بخوبی پیوند می بندد . شمار محدودیتهای اقتصادی و اساسی وجود دارند که برای استفاده وسیع از این انرژی می باید رفع شوند از جمله :

- محدودیتهای فنی که شامل : شدت انرژی کم – منبع تنها در روز در دسترس می باشد – ابرها و هوای نامنظم .
- محدودیت بنیادی شامل : تغییرپذیری برنامه های تشویقی دولت .
- محدودیت اقتصادی شامل : قیمتهای ارزان برای سوخت معمولی – هزینه سرمایه ای زیاد برای سیستمهای خورشیدی – هزینه بالا برای حمل و نقل انرژی برقی یا حرارتی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حاصل از انرژی خورشیدی - هزینه آنالیز ساختمان مناسب محل در مقایسه با ارزش انرژی.

- محدودیت فرهنگی اجتماعی : شامل تغییرات در روش زندگی برای حداکثر استفاده - تغییر از منابع انرژی سنتی .
- محدودیت آموزشی : که متخصصین محل معلومات و تجربیات محدودی دارند .

پیل سوختی (فیول سل)

فیول سل ها (FCs) تجهیزات تبدیل انرژی استاتیک هستند که انرژی شیمیایی یک سوخت را مستقیماً به انرژی الکتریکی DC تبدیل می کنند .

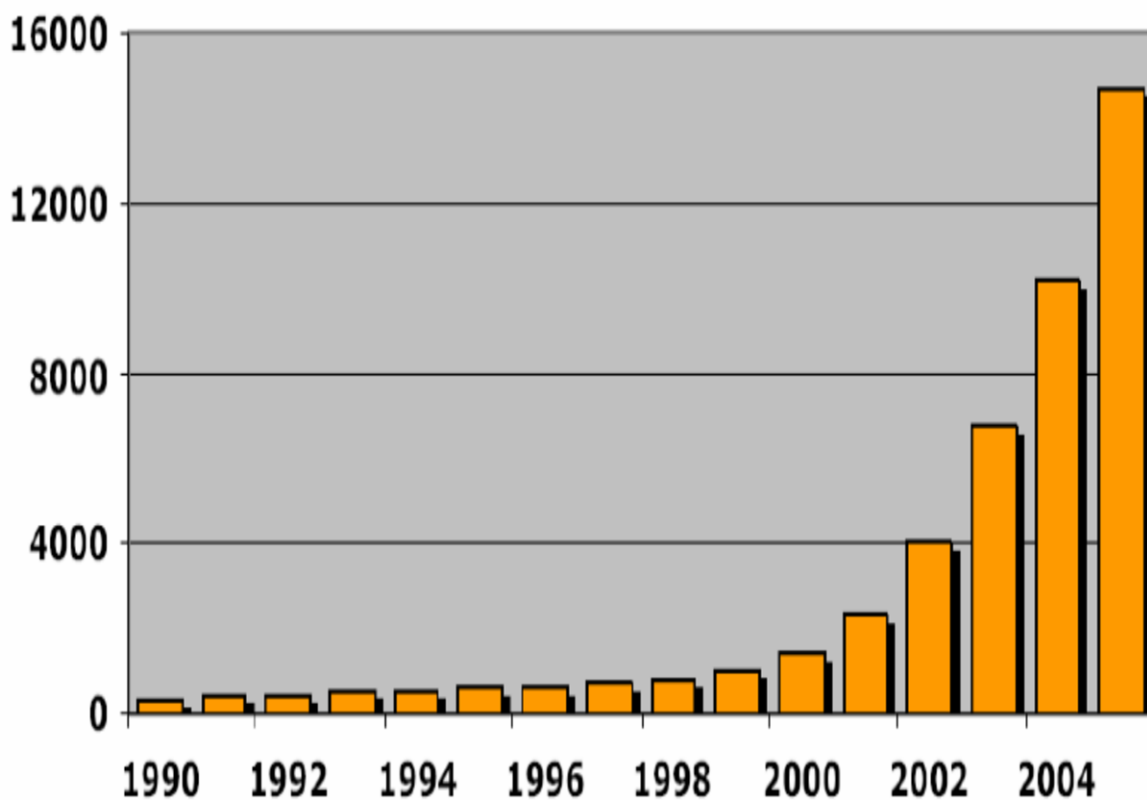
فیول سل ها دارای یک تنوع وسیعی از کاربرد های بالقوه شامل میکرو- توان ، توان کمکی ، توان انتقالات ، توان ایستا برای ساختمان ها و دیگر کاربرد های تولید پراکنده هستند . از زمان وارد شدن به قرن جدید ، تکنولوژی های فیول سل دارای رشد نمایی قابل توجهی شده اند . همان طور که در شکل 1.4 [14] نشان داده شده است . تعداد کلی کاربرد های فیول سل به 14500 در سال 2005 می رسد [14] . سیاست های دولت ، افکار عمومی و پیشرفت تکنولوژی در فیول سل ، همه با رشد این پدیده مرتبط هستند . در میان انواع مختلف فیول سل ها ، فیول سل های غشای الکترولیت پلیمری (PEMFC) و فیول سل های اکسید جامد (SOFC) دارای پتانسیل های بزرگی در انتقالات و کاربرد های DG هستند [8] [14] . در مقایسه با نیروگاه های مرسوم ، سیستم های DG با تکنولوژی فیول سل دارای مزیت های بسیاری مانند بهره ی بالا ، آلودگی (گاز های آلاینده) کم یا حتی صفر ، و ساختار پیمانه ای انعطاف پذیر هستند .

در آینده نزدیک استفاده از سیستم های تولید پراکنده نقش بزرگی در تولید انرژی الکتریکی خواهد داشت . یکی از انواع تکنولوژی های رایج در تولیدات پراکنده ، پیل های سوختی می باشد . سیستم های DG فیول سلی می توانند از لحاظ استراتژیکی در هر مکانی در یک سیستم قدرت قرار بگیرد (معمولاً در سطح توزیع) به منظور تقویت شبکه ، به تعویق انداختن و بر طرف کردن نیاز به بهبود سیستم و بهبود صحت ، اطمینان و بهره ی سیستم .

از مشخصات سیستم های پیل سوختی ، مستقل بودن راندمان از ابعاد واحد پیل سوختی است ، به این معنا که می توان واحدهای نیروگاهی کوچک را با بازده بالا در کاربردهای غیر متمرکز مورد استفاده قرار داد و لذا از هزینه های مرتبط با ایجاد واحدهای نیروگاهی بزرگ اجتناب نمود . واحدهای نیروگاهی پیل سوختی اولیه با تمرکز بر ظرفیت هایی بین چند صد کیلو وات تا زیر یک مگاوات ، توسعه داده شده اند . واحدهای نیروگاهی کوچک را می توان در محل مصرف در

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اختیار مصرف کننده قرار داد و برای تولید چند منظوره ، یعنی تولید الکتریسیته و حرارت ، از آن استفاده - ده کرد . واحدهای پیل سوختی بزرگتر (با ظرفیت 1 تا 10 مگاوات) برای تولید الکتریسیته به صورت غیرمتمرکز مناسب می باشد . مولدهای غیر متمرکز پیل سوختی به دلیل بهره مندی از فن آوری مطمئن تر نسبت به سیستم های رایج ، بازده بالا ، تاثیرات زیست محیطی کمتر و نصب راحت تری دارند . این مولدهای پیل سوختی ، در مکان های مختلف از جمله بیمارستان ها ، هتل ها ، رستوران ها ، بانک ها ، ساختمان های بزرگ ، واحدهای تولیدی ، واحدهای تصفیه فاضلاب و مؤسسات ، قابل نصب می باشند .



شکل 1.4 واحد های فیول سل نصب شده در جهان از سال 1990 تا 2004 [1.13]

سایر منابع انرژی تجدید پذیر

علاوه بر PV و انرژی باد بسیاری دیگر از منابع انرژی تجدید پذیر وجود دارد مانند بیوماس ، انرژی زمین گرمایی ، انرژی حرارتی خورشیدی و توان جذر و مدی . این منابع انرژی می توانند استفاده شوند برای تولید برق . در میان این ها ، بیوماس و زمین گرمای ی دارای ظرفیت تولید عمده ای در آمریکا هستند [5] .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بیوماس شامل محصولاتی می شود که از فتوسنتز بدست می آیند و اصولاً ذخیره شیمیایی انرژی خورشیدی است ، در ضمن نمایشگر انبار تجدیدپذیری از کربن در محیط زیست می باشد . این انرژی در سرتاسر جهان توزیع شده است و در هر کشوری در کره زمین بصورتی در دسترس است اگرچه که ظرفیت آن در هر هکتار بطور قابل توجهی متغیر می باشد . بیوماس یک منبع انرژی گرمایی است که اغلب بوسیله افرادی خارج از بازارهای انرژی جمعآوری می شود (بیوماس سنتی) و برای نمونه بیش از ۹۰٪ کل انرژی مصرفی در نپال و مالوای بدین طریق تأمین می شود . بیوماس (سوخت های گیاهی) می تواند مستقیماً سوخته شود یا اینکه ابتدا تبدیل به گاز شود سپس استفاده شود برای تولید برق . بیوماس همچنین می تواند استفاده شود برای تولید بیوسوخت ها ، مانند اتانول . نیروگاه های بیوماس امروزی آمریکا از روش سوختن مستقیم استفاده می کنند . در سال ۲۰۰۴ کل ظرفیت بیوماس به ۹۷۰۹ MW رسید ، حدود یک درصد از کل ظرفیت الکتریکی آمریکا [۱۵] . در سال ۱۹۹۰ سهم بیوماس (بیشتر از نوع سنتی) در کل انرژی جهان ۱۲٪ بوده است که مصرف عمده آن در کشورهایی مانند هندوستان، چین و برزیل صورت گرفته است .

انرژی زمین گرمایی می تواند به وسیله ی 3 تکنولوژی به الکتریسیته تبدیل شود : بخار خشک ، فلاش و سیکل دو تایی.

نوع رایج نیروگاه های زمین گرمایی ، نیروگاههای فلاش هستند ، در صورتیکه بزرگترین نیروگاه زمین گرمایی جهان از نوع بخار خشک است [۱۶] . نیروگاه زمین گرمایی بخار خشک در آتشفشان های کالیفرنیا ، بزرگترین نیروگاه زمین گرمایی در جهان است با ظرفیت ۲۰۰۰ MW [۵] . بهر حال ، به علت مقادیر محدود از منابع حرارتی زمین گرمایی در دسترس ، هیچ کس انتظار دیدن پیشرفت قابل توجهی در این زمینه را ندارد . با این همه انرژی زمین گرمایی می تواند یک منبع انرژی مهم در مناطق دور دست باشد ، جایی که منابع انرژی زمین گرمایی در دسترس و فراوان باشد . اولین سال های بهره برداری از این نوع انرژی به خاطر آزاد شدن مستقیم بخار و جاری شدن آب داغ به داخل رودخانه ها مشکلات زیست محیطی زیادی به جای گذاشت . اما در حال حاضر با ظهور تکنیک های جدید تزریق مجدد این مسئله تا حد زیادی برطرف و در بسیاری موارد بکلی از بین رفته . از طرفی به دلیل اینکه منابع انرژی زمین گرمایی اغلب در دل طبیعت زیبا یا در نقاط دوردست وجود دارند لذا از لحاظ انتخاب مکان و نوع طرح و اندازه نیروگاهها باید توجه زیادی مبذول داشت .

کاربرد های تولید پراکنده (DG)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در واقع ایده ی تولید پراکنده ، ایده ای قدیمی و به اواخر قرن 19 میلادی برمیگردد [19] ، آن زمان که از منابع کوچک و پراکنده ای نظیر رودخانه ها و توربین های کوچک آبی برای تولید انرژی الکتریکی بکار گرفته شدند . خیلی زود با پیشرفت سریع صنعت برق و ساخت ماشین های عظیم الجثه ی تولیدکننده و دریافت کننده ی انرژی برق ، مولدهای انرژی کوچک و محلی به نیروگاههای چندصد مگاواتی که شمار زیادی از مصرف کنندگان دور و نزدیک را تحت پوشش قرار می دادند ، تبدیل شدند . اکنون پس از گذشت نزدیک به یک قرن از بهره برداری انسان از انرژی الکتریکی برای تامین رفاه و آسایش بیشتر ، طراحان و برنامه ریزان صنعت برق در سراسر دنیا به ایده ی تولید پراکنده روی آورده و در جهت کوچک سازی حجم مراکز تولید و سطح تحت پوشش آنها تلاش می کنند [19] .

نیاز در حال افزایش به تولید توان الکتریکی و محدودیت های سخت برای ساخت خطوط انتقال جدید برای انتقال توان فواصل بلند ، باعث شده است که به تولید توان پراکنده توجه شود . منابع DG معمولا در نزدیکی مراکز مصرفی نصب می شوند و اغلب در سطح توزیع اضافه می شوند . این منابع نسبتا از نظر سائز کوچک هستند و دارای ساختار مدولار [19] و ظرفیتی کمتر از 100 مگاوات آمپر هستند . این تجهیزات DG می توانند از لحاظ استراتژیکی در سیستم های قدرت نصب شوند به منظور تقویت شبکه ، کاهش دادن تلفات توان و بهبود دادن پروفایل ولتاژ و فاکتور های بار ، به تأخیر انداختن یا حذف نیاز به سرمایه گذاری برای توسعه ی سیستم ، افزایش امنیت برای بارهای حساس و پر اهمیت بهبود صحت ، ارتقاء بهره وری ، امنیت و اطمینان شبکه ، آزادسازی ظرفیت سیستم های توزیع و انتقال [17] [20] . کاهش تلفات خط و ترانسفورماتورها ، کاهش اثرات محیطی ، آزاد شدن ظرفیت سیستم انتقال و توزیع از نتایج مثبت به کار گیری DG برای تولیدکنندگان و متصدیان شبکه است . مصرف کنندگان انرژی هم با دریافت توان مطلوب با کیفیت بالا و اطمینان بیشتر اما هزینه ی پایین تر و با اثرات مخرب کمتر ، از این تکنولوژی سود می برند . همچنین ارتقاء سلامت محیط زیست ، افزایش بهره وری در سیستم و بهره برداری مفید و پربازده از منابع انرژی ، منافی هستند که شامل جامعه و مردم می شوند . به طور کلی ویژگیهای مثبت سیستم های DG را در قالب های ویژگی های عمومی ، فنی و اقتصادی می توان بیان کرد [20].

پیشرفت تکنولوژی منابع انرژی تجدید پذیر ، و همچنین پیشرفت فیول سل ها و تکنیک های تولید توان کوچک ، یک پروفایل مختلف برای کاربرد های DG فراهم کرده است . جدول 1.1 تکنولوژی های داوطلب برای سیستم های DG را نشان می دهد . همچنین سازمان جهانی انرژی پنج دلیل برای حرکت به سمت تولید پراکنده بیان کرده است که عبارتند از:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

1. توسعه تکنولوژی تولیدات پراکنده
2. محدودیت در ساخت خطوط انتقال جدید
3. تقاضای مشترکین برای داشتن انرژی با قابلیت اطمینان بیشتر
4. رقابتی شدن بازارهای انرژی الکتریکی
5. نگرانی درباره ی آلودگی محیطی و شرایط جوی

تکنولوژی	سایز	سوخت	بازده الکتریکی (%)
سیکل ترکیبی	50- 500	گازطبیعی ،	50-60
توربین احتراقی صنعتی	MW 50-1	گازطبیعی ، سوخت های مایع	25-40
توربین احتراق داخلی (موتور پیستونی)	MW 10KW - 1	گاز طبیعی ، دیزل ، پروپان ، نفت ، گازوئیل	38 - 25
میکرو توربین	KW27- 400	گازطبیعی ، پروپان	30 - 22
موتور استرلینگ	KW1.1 - 5	هر نوع	25 - 18
پیل های سوختی	KW 1	گاز های طبیعی ، هیدروژن	60 - 80
فتوولتائیک	MW 10 W - 1	تجدید پذیر	40 <
توربین بادی	1000 - 10000	تجدید پذیر	تقریباً 20
بیوماس	چندین - 20KW MW	تجدید پذیر	تقریباً 20

جدول 1.1 تکنولوژی های استفاده شده برای سیستم های تولید پراکنده [11]

معمولاً سیستم های DG زمان نصب کوتاهی دارند و ریسک سرمایه گذاری در آنها کمتر است . ابعاد فیزیکی کوچک سیستم های DG نصب آنها در محل مصرف را بدون نیاز به جست و جو برای یافتن مساحت وسیعی از زمین و اخذ تایید مسئولین ذیربط را میسر می سازد . با توجه به روند رو به گسترش بهره برداری از مولدهای DG در تامین انرژی شبکه ، شبکه های قدرت آینده از منابع مختلف و پراکنده ای تغذیه می شوند که شبکه ی برق کلی را می سازند و با پیچیدگی شبکه برق رسانی ، وجود مرکزی به عنوان مرکز رهبری شبکه و کنترل توان جاری در آن ضروری خواهد بود [20] .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سهم DG از تولید انرژی الکتریکی با سرعت قابل توجهی در حال رشد است ، به نحوی که در ابتدای دهه ی 90 ، تولید غیر شبکه ای یا NUG ها (Nonutility Generators) 50% از کل تولید در کشور آمریکا را شامل می شدند اما در پایان این دهه به 20% از کل تولید رسیده بودند . به عبارتی دیگر از 40 گیگاوات به بیشتر از 150 گیگاوات بالغ شده بوده است [19] .

یک عامل مهم به هنگام استفاده از یک تکنولوژی DG ، هزینه می باشد . بهرحال تعیین هزینه یک تکنولوژی DG اغلب پیچیده می باشد . علاوه بر هزینه یا سرمایه اولیه تجهیزات ، دیگر مخارج مربوط به نصب تجهیزات ، تعمیرات و بهره برداری و هزینه سوخت نیز وجود دارد . همچنین هزینه برق تولیدی توسط تکنولوژی DG می تواند برآورد و با قیمت موجود پرداخت شده برای برق شبکه قدرت مقایسه شود . هزینه تجهیزات برای تکنولوژی های DG اغلب بر حسب هزینه یکی از انواع مختلف تکنولوژی DG عوامل مختلفی وجود دارد تا مشخص شود کدام تکنولوژی برای وضعیت ویژه مناسب تر می باشد . این عوامل در ذیل آمده است .

- دسترسی تجاری
- هزینه های اولیه و نصب
- ضریب کارکرد

فصل دوم

مفاهیم بنیادی سیستم های انرژی تجدید پذیر

این فصل مروری است بر مفهومات بنیادی و اصول سیستم های انرژی و تبدیل انرژی . نگاهی کوتاه به پایه های الکتروشمی ، الکترودینامیک و سیستم های انرژی تجدید پذیر مقدمه ای خوب برای درک و مدل سازی سیستم انرژی هایبرید پیشنهاد شده در این پروژه است .

شکل های انرژی

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تعریف انرژی

انرژی به عنوان مقدار کاری که یک سیستم فیزیکی قادر به انجام دادن است ، تعریف می شود . انرژی یک کمیت بنیادی است که هر سیستم فیزیکی آن را داراست . انرژی می تواند در 5 شکل زیر وجود داشته باشد :

1) انرژی مکانیکی 2) انرژی شیمیایی 3) انرژی الکترومغناطیسی و الکتریکی 4) انرژی گرمایی 5) انرژی هسته ای

انرژی مکانیکی

انرژی مکانیکی نوعی انرژی ای است که مربوط به حرکت اشیاء می باشد ، یا اشیاء یی که پتانسیل لازم برای حرکت خودشان یا بقیه ی اشیاء را دارند . این انرژی می تواند به عنوان کار استفاده شده برای بالا بردن یک وزنه تعریف شود [21]. انرژی جنبشی مکانیکی یک شی معین (E_{mt}) با جرم m در سرعت V به صورت زیر است :

$$E = \frac{1}{2} Mv^2 \quad (2.1)$$

برای یک جسم دوار با لختی I در سرعت زاویه ای ω ، انرژی مکانیکی جنبشی (E_{mv}) به صورت زیر تعریف می شود :

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.2)$$

انرژی پتانسیل مکانیکی انرژی ای است که یک سیستم مکانیکی در خود ذخیره می کند واجسام را در حیطه ی میدان خود تحت تاثیر قرار می دهد [21]. به عنوان مثال ، در یک میدان جاذبه ی g ، انرژی پتانسیل مکانیکی یک جسم با جرم m در ارتفاع h به صورت زیر به دست می آید:

$$E_{mpg} = m.g.h \quad (2.3)$$

به عنوان مثال دیگر ، انرژی پتانسیل یک فنر الاستیک با ثابت فنر k در جابه جایی x به صورت زیر است :

$$E_{mps} = \frac{1}{2} kx^2 \quad (2.4)$$

انرژی شیمیایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

انرژی شیمیایی، انرژی ای است که در پیوند شیمیایی بین اتم ها و مولکول ها جا گرفته است [22]. هر پیوند دارای یک مقدار معین انرژی است. انرژی شیمیایی در شکل یک انرژی ذخیره شده وجود دارد، که می تواند به سایر اشکال انرژی از طریق واکنش ها تبدیل شود. ابتدا، برای شکستن پیوند ها (گرمایر نامیده می شود) انرژی لازم است، سپس هنگامی که این پیوند های شکسته شده با هم برای تولید مولکول های پایدار تر ترکیب می شوند انرژی آزاد خواهد شد (گرمایر نامیده می شود). اگر کل انرژی آزاد شده بیشتر از انرژی گرفته شده باشد، آنگاه کل واکنش گرمایر نامیده می شود، در غیر این صورت واکنش گرمایر نامیده می شود. سوختن سوخت های فسیلی، (احتراق) یکی از مهمترین واکنش های گرمایر برای تولید انرژی است. فتوسنتز نیز یک مثال خوب برای واکنش گرمایر است چون گیاهان از انرژی خورشید برای انجام واکنش هایشان استفاده می کنند [67].

انرژی الکترومغناطیسی و الکتریکی

انرژی الکترومغناطیسی و الکتریکی انرژی ای است که با میدان های الکترومغناطیسی، مغناطیسی و الکتریکی سرو کار دارد. به عنوان مثال انرژی الکترواستاتیکی ذخیره شده در یک خازن به صورت زیر است:

$$E_c = \frac{1}{2} q^2 / c \quad (2.5)$$

که c ظرفیت خازن و q کل شارژ ذخیره شده در خازن است. انرژی مغناطیسی ذخیره شده در یک سلف با اندوکتانس L در جریان i به صورت زیر است:

$$E_m = \frac{1}{2} Li^2 \quad (2.6)$$

بیان دیگری برای نمایش انرژی مغناطیسی استفاده می شود که به صورت زیر است: [23]

$$E_m = \frac{1}{2} \int \mu H^2 dV \quad (2.7)$$

که μ پرمابیلیته ماده، H شدت مغناطیسی و v حجم ماده تحت بررسی است. این بیان به ویژه در محاسبه تلفات هیستریزس داخل ترانسفورماتور های قدرت مفید است. انرژی تشعشی یکی از شکل های انرژی الکترومغناطیسی است. انرژی تشعشی فقط در شکل انتقال وجود دارد و این انرژی به صورت زیر معین می شود [21].

$$E_R = f.h \quad (2.8)$$

که h ثابت پلانک ($6.626 \times 10^{-34} \text{ j.s}$) و f فرکانس تشعشع است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

انرژی حرارتی

از دیدگاه ماکروسکوپی ، انرژی حرارتی یا گرما ، می تواند به عنوان انرژی انتقال داده شده بین دو سیستم به دلیل اختلاف دما تعریف شود [24]. از دیدگاه میکروسکوپی ، انرژی حرارتی با تغییرات مولکولی و اتمی اجسام در رابطه است [21]. همه ی اشکال انرژی دیگر می توانند به انرژی حرارتی تبدیل شوند در حالی که عکس این قضیه محدود می شود به قانون دوم ترمودینامیک (که به طور مختصر در قسمت های بعدی توضیح داده خواهد شد). مبتنی بر این حقیقت ، انرژی حرارتی می تواند به عنوان اساسی ترین شکل انرژی مطرح شود [21].

انرژی هسته ای

انرژی هسته ای یک موضوع نا مربوط به این پایان نامه است اما برای تکمیل بخش اشکال انرژی ، یک مرور خیلی کوتاه و مختصر در اینجا انجام می دهیم . شبیه به انرژی شیمیایی ، انرژی هسته ای نیز یک نوع انرژی ذخیره شده در مواد است ، که هنگام یک واکنش هسته ای می توان این انرژی را آزاد کرد ، معمولا این نوع واکنش در یک راکتور هسته ای انجام می شود (راکتور هسته ای در واقع کوره ای است که سوخت آن به جای زغال سنگ ، نفت یا گاز ، ماده ی شکافت پذیر است) . می توان برای واکنش شکافت هسته ای ، هسته ی بعضی از اتم های سنگین مانند اورانیوم 235 را مثال زد . هنگامی که هسته اورانیوم یک نوترون می گیرد ، به دو اتم سبکتر شکافت خواهد شد ، و دو یا سه نوترون جدید را آزاد خواهد کرد . سپس اتم های جدید اشعه های گاما ساطع می کند تا در حالت پایدار جدیدشان ساکن شوند . یک مقدار باور نکردنی انرژی از گرما و اشعه های گاما در طول فرآیند بالا آزاد می گردد . جرم محصول شکافت هسته ای و نیوترون با هم کمتر از جرم اتم اورانیوم 235 اصلی است ، که جرم کاسته شده به وسیله ی معادله ی جرم - انرژی مشهور انیشتین معین می شود :

(2.9)

$$E = mc^2$$

که m جرم ماده و c سرعت نور در خلا (تقریبا 3×10^8 m/s) است . هر چند سوخت های هسته ای آلاینده هایی چون CO_2 و SO_2 تولید نمی کنند اما استفاده از این سوخت ها با مسائل و مشکلات بزرگی همراه است ، که عبارتند از :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

- مقدار عناصر شکافت پذیر که سوخت راکتور های هسته ای را تشکیل می دهند ، محدود و تمام شدنی است .
- آماده سازی این عناصر برای فرآیند شکافت در راکتورهای هسته ای ، فرآیندی مشکل و پرهزینه است .
- هسته ی اتم های شکافت پذیر ، پرتوزا هستند و کار کردن با آنها زیان بار است .
- پسماند محصولات شکافت نیز پرتوزا هستند ، و نگه داری و دفن آنها ، مسائل زیست محیطی فراوانی را به دنبال دارد که راه حل این مسائل خود هزینه ی زیادی در بر دارد .

آنالیز ترمودینامیک

آنالیز ترمودینامیک پروسه های تبدیل انرژی به مدلسازی و کنترل سیستمهای انرژی هیبرید کمک می کند. بنابراین در این بخش ابتدا مرور مختصری بر مفاهیم اساسی و اصول ترمودینامیک داده میشود، سپس اصول و مفاهیم ساختاری سیستمهای انرژی و تبدیل انرژی باد و هیدروژن را مرور میکنیم.

قانون اول ترمودینامیک

اغلب این قانون را قانون بقای انرژی مینامند. در اینجا انرژی بصورت گرما یا کار است. این قانون می گوید که انرژی بوجود نمیآید و از بین نیز نمیرود، تنها از صورتی به صورت دیگر درمیآید. تغییر انرژی سیستم (dE) برابر است با حرارت منتقل شده به سیستم (dQ) و کار انجام شده بوسیله سیستم (dW) [25] [26].

$$dE = dQ - dW$$

(0.12)

توجه کنید که منظور از کار در معادله بالا کار انجام شده بوسیله سیستم است. برای سادگی کار، سیستم بالا ایده آل در نظر گرفته شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در نوع خاصی از سیستم به نام سیستم ساده، مجموع انرژی سیستم مساوی مجموع انرژی داخلی سیستم نشان داده شده با علامت U است [۲۵]. در اینجا تنها سیستم ساده را در نظر میگیریم.

$$1) E = U \quad (2.1)$$

برای حجم کنترل (هر حجم قابل تعیین و شناسایی در فضا) زمانیکه حرارت بوسیله سیستم در فشار ثابت جذب میشود، سیستم منبسط میشود. قسمتی از حرارت صرف انرژی داخلی و در نتیجه بالا رفتن دما میشود. و باقی حرارت باعث انبساط در خلاف فشار P میشود. از خاصیت سیستم به نام آنتالپی (H) برای بیان حالت سیستم تحت این شرایط خاص استفاده میشود.

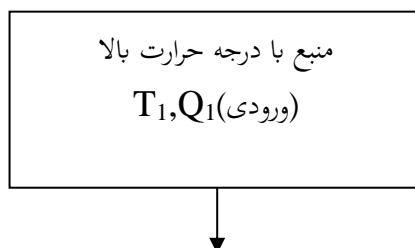
$$2.1) H = U + PV \quad (2.1)$$

که در اینجا V حجم سیستم است. آنتالپی پارامتری تابع حالت سیستم است، و مستقل از راه رسیدن سیستم به آن شرایط است. حال میتوان معادله ۲.۱ را بصورت زیر نشان داد:

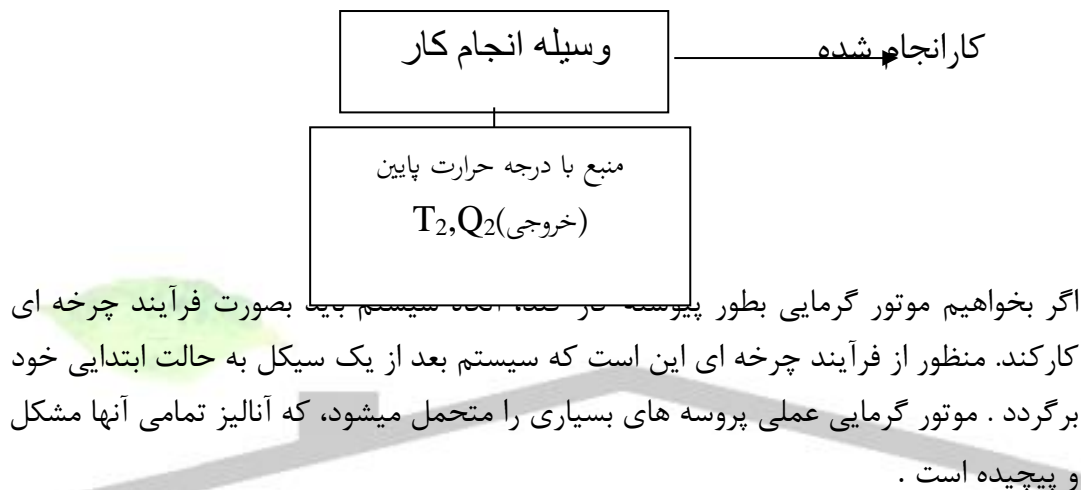
$$3) dH = dQ - dW \quad (2.1)$$

موتور گرمایی و چرخه کارنو

موتور گرمایی برای تبدیل گرما به کار طراحی شده است. شکل ۱.۱ بلوک دیاگرام موتور گرمایی ایده آل را نشان میدهد.

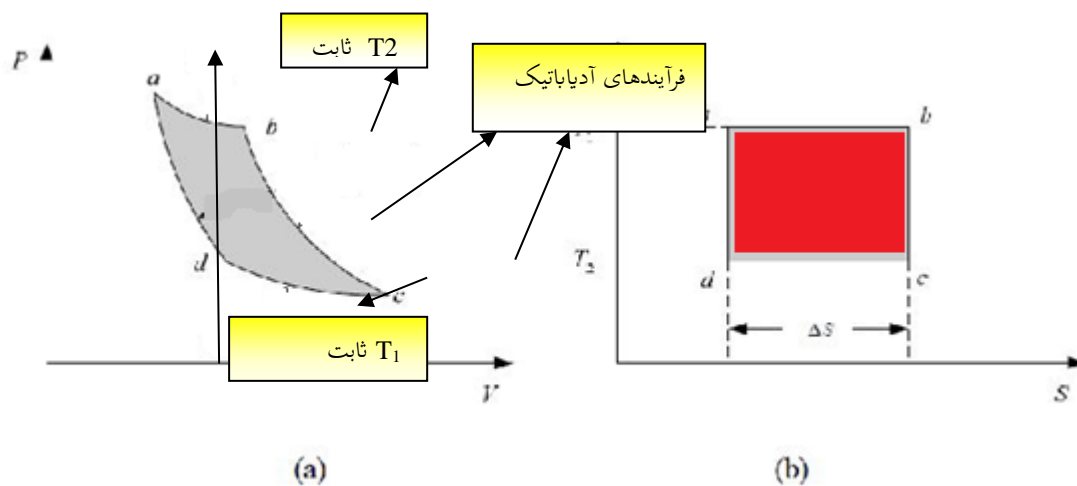


برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



اگر بخواهیم موتور گرمایی بطور پیوسته کار کند، باید سیستم را به صورت فرآیند چرخه ای کار کند. منظور از فرآیند چرخه ای این است که سیستم بعد از یک سیکل به حالت ابتدایی خود برگردد. موتور گرمایی عملی پروسه های بسیاری را متحمل میشود، که آنالیز تمامی آنها مشکل و پیچیده است.

در سال ۱۸۴۲ دانشمند فرانسوی سعدی کارنو راهی برای آنالیز پروسه های سیکل گرمایی ارائه کرد و بازده ماکزیمم ممکن برای موتور گرمایی را کشف کرد. سیکل کارنو در شکل ۲.۲ نشان داده شده است.



شکل ۲.۲ (a) دیاگرام فشار - حجم (b) دیاگرام دما- آنترپی

سیکل شامل دو پروسه هم دما و دو پروسه بی دررو است. شکل a دیاگرام P-V سیکل کارنو را نشان میدهد [26]. گرمای Q_1 در T_1 وارد سیستم میشود و Q_2 در T_2 سیستم را ترک میکنند. از آنجا که پروسه ها چرخه ای هستند، انرژی سیستم بعد از هر سیکل ثابت باقی می ماند. طبق قانون اول ترمودینامیک (معادله ۲.۱۰) میتوان نشان داد که :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (2.14)$$

W کار انجام شده بوسیله سیستم است. که همچنین با ناحیه abcd در شکل برابر است. برای چرخه کارنو اثبات میشود که :

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$(2.15)$$

بنابراین بازده سیستم عبارت است از:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (2.16)$$

از رابطه بالا واضح است که برای بازده بالاتر باید اختلاف دما بیشتر باشد. نتیجه دیگر از کارنو این است که Q/T خاصیت ذاتی سیستم است. با نشان دادن تساوی Q_1/T_1 و Q_2/T_2 براساس ایده کارنو، کلازیوس مفهوم آنتروپی را رشد داد و قانون دوم ترمودینامیک را ارائه کرد.

قانون دوم ترمودینامیک

اگر به سیستم، پروسه بازگشت پذیر بسیار کوچک با گرمای ورودی dQ در دمای T تحمیل شود، سپس تغییر بسیار کوچک در آنتروپی بصورت زیر تعریف میشود. [25] [27]

$$ds = \frac{dQ}{T} (rev) \quad (2.17)$$

پروسه برگشت پذیر، پروسه ای است که میتواند بدون برجا گذاشتن اثری بر محیطش برگردد. اگر فرآیند چرخه ای تنها شامل پروسه های برگشت پذیر باشد، آنگاه بعد از یک سیکل تغییری در آنتروپی بوجود نمی آید ($\Delta S=0$). به عبارت دیگر اگر چرخه ای شامل پروسه های برگشت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ناپذیر باشد، آنگاه تغییرات آنتروپی بوجود می آید. آنتروپی مشخصه مهمی از سیستم است. همچنین در شرح پروسه های ترمودینامیک بسیار مفید است. شکل 2.1 (b) دیاگرام T-S چرخه کارنو را نشان میدهد. ناحیه abcd همچنین نشان دهنده کار انجام شده سیستم در محیط است.

قانون دوم ترمودینامیک بوسیله نامساوی کلازیوس شرح داده میشود [27]
برای هر پروسه چرخه ای داریم :

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (2.18)$$

علامت مساوی تنها برای پروسه های برگشت پذیر بکار میرود. نامساوی بالا را میتوان بصورت بسیار کوچک زیر بیان کرد :

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (2.19)$$

علامت مساوی برای چرخه های برگشت پذیر و علامت نامساوی برای چرخه های برگشت ناپذیر است.

میتوان گفت برای هر پروسه برگشت ناپذیر، پروسه در جهتی که تغییرات آنتروپی بزرگتر از dQ/T است اتفاق می افتد. بدین معنا که گرما نمیتواند از دمای پایین تر به دمای بالاتر بدون انجام کار خارجی منتقل شود. همچنین قانون دوم ترمودینامیک معلوم میکند که بازده موتور گرمایی واقعی در اثرافزایش نمیتواند به ۱۰۰٪ برسد. برای سیستم واقعی تغییرات آنتروپی همواره بزرگتر یا مساوی صفر است.

ساختار پروسه های الکتروشیمیایی

انرژی آزاد گیبس

انرژی آزاد گیبس همچنین تحت عنوان انرژی گیبس یا آنتالپی آزاد نیز شناخته میشود، و بصورت زیرتعریف میشود [27][25]

$$G = H - TS = U + PV - TS \quad (2.20)$$

واکنش های شیمیایی به سمت مینیمم کردن انرژی گیبس پیش میروند. با مشتق گیری از رابطه بالا داریم :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$dG = dH - (TdS + SdT) = dU + VdP - (TdS + SdT) \quad (2.21)$$

dG هنگامیکه واکنش شیمیایی به سمت نقطه تعادل میل میکند منفی است، و هنگامیکه در نقطه تعادل است، صفر است. طبق قانون اول ترمودینامیک، برای یک سیستم ساده معادله بالا را میتوان بصورت زیر نوشت:

$$dG = dH - (TdS + SdT) = dQ - dW + PdV + VdP - (TdS + SdT) \quad (2.22)$$

اگر سیستم تنها به انجام کار بصورت انبساط محدود شود ($dW=PdV$) و پروسه برگشت پذیر باشد، ($dQ=TdS$) آنگاه ۴ جمله سمت راست بالا حذف خواهد شد، در نتیجه:

$$dG = VdP - SdT \quad (2.23)$$

در دمای داده شده T ، انرژی گیبس تحت هر فشار را میتوان با استفاده از رابطه بالا برای دمای داده شده محاسبه کرد:

$$G(T) = G^\circ(T) + nRT \ln\left(\frac{P}{P^\circ}\right) \quad (2.23)$$

که $G^\circ(T)$ استاندارد انرژی گیبس در دمای T است ($P^\circ = 1atm$). برای واکنش الکتروشیمیایی کار (الکتریسیته) ماکزیمم بوسیله تغییر در انرژی گیبس، بصورت تغییر واکنش دهنده به محصول محاسبه میشود. میتوان نشان داد که کار ماکزیمم برابر تغییر در انرژی گیبس است [27]

$$W_e = -\Delta G \quad (2.24)$$

تعادل انرژی در واکنش شیمیایی

در واکنش شیمیایی تغییر آنتالپی در نتیجه واکنش عبارت است از [27]:

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\Delta H = H_P - H_R = \sum_{Pi} H_{Pi} N_{pi} - \sum_{Rj} H_{Rj} N_{Rj} \quad (2.25)$$

که H_P مجموع آنتالپی محصولات و H_R مجموع آنتالپی واکنش دهنده هاست. N_{Pi} میزان مولهای i امین جزء در محصول ها و N_{Rj} میزان مولهای j امین جزء در واکنش دهنده هاست. بنابراین H_{Pi} (H_{Rj}) آنتالپی مولی جزء مترادف است، که میتوان بصورت زیر آنرا نشان داد:

$$H_{Pi} = (H^{\circ}_f + H - H^{\circ})_{Pi} \quad (2.26)$$

که H°_f آنتالپی مولی تشکیل استاندارد (J/mol) و $(H - H^{\circ})$ آنتالپی مشهود در نتیجه اختلاف دماست.

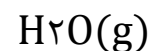
تغییر آنتروپی در نتیجه واکنش عبارت است از [27]:

$$\Delta S = S_P - S_R = \sum_{Pi} S_{Pi} N_{pi} - \sum_{Rj} S_{Rj} N_{Rj} \quad (2.27)$$

که S_P مجموع آنتروپی محصولات است و S_R مجموع آنتروپی واکنش دهنده هاست (S_{Rj}) S_{Pi} آنتروپی مولی اجزاء مشابه است. حال تغییر آنتالپی مولی اجزاء مشابه را میتوان از (2.20) بدست آورد:

$$\Delta G = \Delta G_P - \Delta G_R = \Delta H - T\Delta S \quad (2.28)$$

دو مثال (2.29) و (2.30) روش محاسبه تغییر انرژی گیبس در واکنش را نشان میدهند. مقادیر آنتالپی و آنتروپی برای آب، هیدروژن و اکسیژن در جدول ۲.۱ داده شده است. فرض شده که واکنش ها تحت شرایط استاندارد ($25^{\circ}C$ و $1atm$) اتفاق افتاده است.



زیرنویس (g) نشان دهنده این است که محصول بصورت گاز است و زیرنویس l نشان دهنده این است که محصول بصورت مایع است.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

	Hf (kJ/mol)	S (J/mol/K)
H ₂ O(g)	-۲۴۱.۸	۱۸۸.۷
H ₂ O(l)	-۲۸۵.۸	-۲۸۵.۸
H _۲	۰	۱۳۰.۶
O _۲	۰	۲۰۵

جدول 2.1 مشخصات ترمودینامیک استاندارد

برای واکنش ۲.۲۹ داریم :

$$\Delta H = H_P - H_R = (-۰ - ۰ - ۸.۲۴۱) \text{ (Kj/mol)}$$

$$\Delta S = S_P - S_R = (188.7 - 130.6 - 0.5 \times 205) = -44.4 \text{ (J/MOL/K)}$$

بنابراین، تغییر انرژی گیبس در نتیجه واکنش ۲.۲۹ عبارت است از:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -241.8 - 298 \times (-44.4 \times 10^{-3}) = -228.57 \text{ kJ/mol}$$

برای واکنش ۲.۳۰ داریم:

$$\Delta H = H_P - H_R = (-۰ - ۰ - ۸.۲۸۵) \text{ (Kj/mol)}$$

$$\Delta S = S_P - S_R = (69.9 - 130.6 - 0.5 \times 205) = -163.2 \text{ (J/MOL/K)}$$

بنابراین ، تغییر انرژی گیبس در نتیجه واکنش ۲.۳۰ عبارت است از:

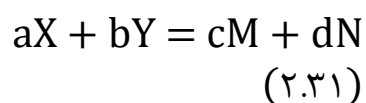
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -285.8 - 298 \times (-163.2 \times 10^{-3}) = -237.16 \text{ kJ/mol}$$

از دو مثال بالا مشاهده میکنیم که اگر محصول مایع باشد کار بیشتری انجام میشود.

معادله نرنست

یک واکنش شیمیایی را تحت دما و فشار ثابت در نظر بگیرید که واکنش دهنده های X, Y به

شکل محصولات M, N درمیآیند :



که a,b,c,d ثابت های استوکیومتریک هستند . طبق رابطه ۲.۲۸ ، تغییر انرژی گیبس واکنش

[27] عبارت است از:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\Delta G = G_P - G_R = cG_M + dG_N - aG_X - bG_Y \quad (2.32)$$

بر حسب تغییر انرژی گیبس استاندارد، ΔG را میتوان بصورت معادله ی صفحه ی بعد بیان کرد : (با توجه به ۲.۲۳)

$$\Delta G = \Delta G^\circ + \quad (2.33)$$

$$RT \ln \left(\frac{P_M^c P_N^d}{P_X^a P_Y^b} \right)$$

که

$$\Delta G^\circ = cG^\circ + \quad (2.34)$$

$$dG^\circ - aG^\circ - bG^\circ$$

در واکنش الکتروشیمیایی، کار را میتوان بصورت انرژی الکتریکی تحویل داده شده بوسیله واکنش در نظر گرفت. کار الکتروشیمیایی عبارت است از:

$$W_e = n_e f E \quad (2.35)$$

که n_e ، تعداد الکترونهاى شرکت کننده، F ثابت فارادی (۹۶۴۸۷ C/mol) و E اختلاف ولتاژ بین الکترودهاست.

طبق (۲.۲۴) تغییر در انرژی گیبس، مقدار منفی کار انجام شده بوسیله واکنش است.

$$\Delta G \quad (2.36)$$

$$= W_e = n_e f E$$

تحت شرایط استاندارد معادله بالا را میتوان بصورت زیر محاسبه کرد:

$$\Delta G^\circ = -W_e^\circ = \quad (2.37)$$

$$-n_e F E^\circ$$

که E° پتانسیل مرجع استاندارد است.

از (۲.۳۶) می توان ولتاژ الکتروود E را بصورت زیر محاسبه کرد :

$$E = - \frac{\Delta G}{f n_e} = \quad (2.38)$$

$$- \frac{\Delta G^\circ}{f n_e} - \frac{RT}{f n_e} \ln \frac{P_M^c P_N^d}{P_X^a P_Y^b}$$

با نوشتن معادله بالایی بر حسب پتانسیل مرجع استاندارد E° ، فرمول الکتروشیمیایی معادله

زرنست بدست میآید [27] [28].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{fn_e} \ln \frac{P_M^c P_N^d}{P_X^a P_Y^b} = E^{\circ} + \quad (2.39)$$

$$\frac{RT}{fn_e} \ln \frac{P_X^a P_Y^b}{P_M^c P_N^d}$$

برای پیل سوختی با واکنش کلی ۲.۲۹ ولتاژ عبوری از الکترودهای پیل سوختی (پتانسیل داخلی پیل- سوختی) بصورت زیر است :

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{2f} \ln \frac{P_{H_2} P_{O_2}^{0.5}}{P_{H_2O}} \quad (2.40)$$

اگر محصول داخلی پیل سوختی بصورت مایع باشد آنگاه پتانسیل داخلی پیل سوختی بصورت زیر است :

$$\ln P_{H_2} P_{O_2}^{0.5} \quad (2.41)$$

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{2f}$$

مفاهیم بنیادی سیستم های انرژی تجدید پذیر

در این قسمت ، مفاهیم بنیادی سیستم تولید انرژی باد ، سلول های PV ، فیول سل ها و الکترو لایزر ها مرور می شود .

سیستم انرژی باد

از انرژی باد برای قرن ها استفاده میشد . ایرانیان اولین کسانی بودند که از انرژی باد برای چرخش آسیابهای بادی در قرن ۷ ام استفاده میکردند . اما استفاده از انرژی باد برای تولید برق در دهه ۸۰ در آمریکا و اروپا با آزمایش روی این موضوع شروع شد

. در میان اولین کسانی که روی تولید برق بوسیله باد از سال ۱۸۹۱ تا ۱۹۰۸ کار کرد ، پروفیسور دانمارکی Pual La Cour بود . وی همچنین به استفاده از هیدروژن بعنوان سوخت و استفاده از ژنراتورهای برق مبتنی بر باد برای الکترو لیز هیدروژن و اکسیژن از باد پی برد . دیگر محققانی که روی سیستم تولید هیدروژن از باد کار کرد زیست شیمیدان انگلیسی J.B.S.Haldang در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کمبریچ انگلستان بود. وی در ۱۹۲۳ پیش بینی کرد که انرژی انگلستان میتواند بوسیله تعداد زیادی ژنراتور بادی برای تولید هیدروژن از باد حل شود.

در طی جنگ جهانی دوم Vannovar Bush مدیر دفتر زمان جنگ تحقیق و توسعه علمی بود. وی نگران ذخایر سوخت آمریکا بود و فکر می کرد که ژنراتورهای بادی می توانند راه حلی برای این مسئله باشند. Percy Thomas حامی توان باد در کمیسیون توان فدرال بود، وی سازمان را به ساخت نمونه اولیه مزرعه باد متقاعد کرد. در ۱۹۵۱ هیئت بررسی بدلیل عدم امکان مقایسه هزینه آن با برق بدست آمده از سوخته های فسیلی رد کرد.

امروزه نیز انرژی باد در مواردی با مخالفت هایی از طرف اجتماع روبرو میشود. بطور مثال در سال ۲۰۰۲ در بخش Prince Edward واقع در Ontario پروژه مزرعه بادی شامل ۲۲ توربین در ساحل دریاچه Ontario را رد شد. آنها عقیده داشتند که این مزرعه باد باعث سر و صدا، کشتن پرندگان و جلوه بد دادن به طبیعت اطراف میشود. اما در فاصله ۲۰۰ متری صدای مزرعه باد بسیار ضعیف و در فاصله نزدیکتر صدای آن شبیه صدای هواپیما داخل کابین هواپیماست. بطوریکه به راحتی میتوان با صدای معمولی در زیر پره های چرخان توربین باد صحبت کرد. یک مطالعه در هلند نشان داد که یک مزرعه باد کوچک کمتر از یک کیلومتر راه یا خط انتقال برای پرندگان ضرر دارد [29].

انرژی موجود در باد

سیستم های انرژی باد انرژی موجود در باد را مهار میکنند و آنرا به انرژی الکتریکی تبدیل، و یا برای استفاده در انجام دیگر کارها مانند پمپ آب، آسیاب بادی و ... آماده میکنند. انرژی جنبشی هوا، با جرم m و سرعت v را میتوان بصورت زیر بیان کرد: [30]

$$E_K = \quad (2.42)$$

$$\frac{1}{2} mV^2$$

در طول دوره زمانی l ، جرم (m) هوای عبوری از سطح A در سرعت v عبارت است از:

$$m = \quad (2.43)$$

$$\frac{1}{2} \rho AV^3$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که ρ چگالی هواست (kg/m^3).

براساس دو معادله بالا توان باد عبارت است از :

$$P_{\text{den}} = \quad (2.44)$$

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3$$

بایستی توجه کرد که توان مخصوص محل باد متناسب با توان سوم سرعت باد است .

توان استخراجی از باد

توان واقعی استخراجی بوسیله پره های روتور از باد ، از تفاوت بین توان روبروی جریان باد و پشت جریان باد بدست میآید .

$$P = \quad (2.45)$$

$$\frac{1}{2} K_m (V^2 - V_0^2)$$

که V سرعت باد در هنگام برخورد به پره ها V_0 سرعت باد در هنگام خروج از پره هاست . K_m نرخ دبی جرمی است، که میتوان آنرا بصورت زیر بیان کرد :

$$K_m = \quad (2.46)$$

$$\rho A \frac{V+V_0}{2}$$

که A ناحیه جاروب شده بوسیله پره های روتور است .

از دو رابطه ۲.۴۵ و ۲.۴۶ توان مکانیکی استخراجی بوسیله روتور بصورت زیر بدست میآید :

$$P = \quad (2.47)$$

$$\frac{1}{2} \left[\rho A \frac{V+V_0}{2} \right] (V^2 - V_0^2)$$

اگر

$$C_p = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{V_0}{V} \right) \left[1 - \quad (2.48) \right.$$

$$\left. \left(1 - \frac{V_0}{V} \right)^2 \right]$$

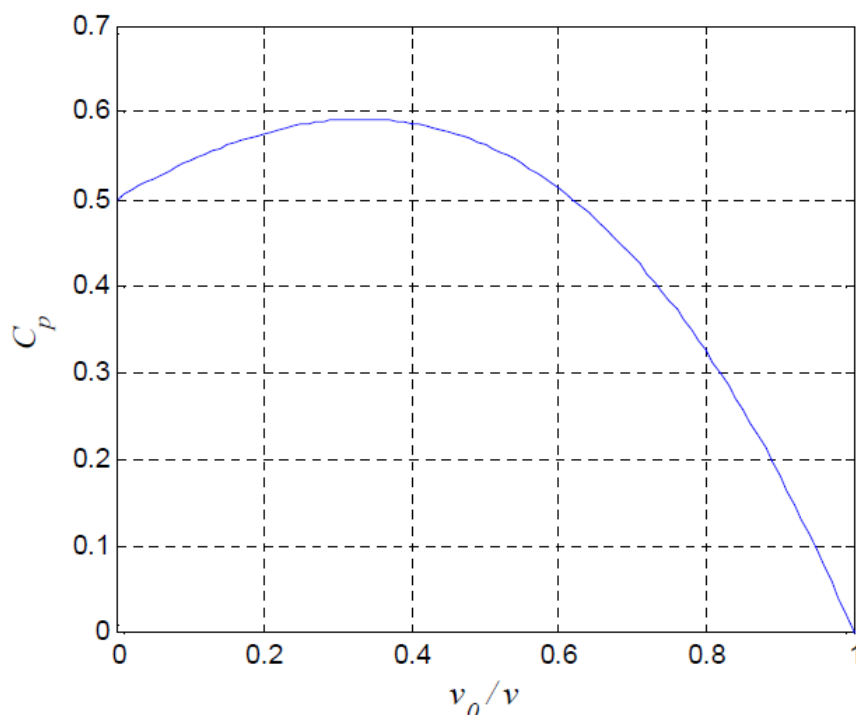
و رابطه ۲.۴۷ را براساس آن مرتب کنیم داریم :

$$P = \quad (2.49)$$

$$\frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$$

C_p ضریب توان روتور یا بهره روتور است . مقدار ماکزیمم C_p از لحاظ تئوری برابر ۰.۵۹ است که بدین معناست که توربین باد از لحاظ تئوری دارای حداکثر بازده ۵۹٪ است . (شکل ۲.۳)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 2.3 بازده تئوری توربین باد بر حسب نسبت V_0/V

در طراحی عملی ماکزیمم C_p قابل دست یافت بین 0.4 و 0.5 برای سرعت بالای دو پره ای و بین 0.2 تا 0.4 برای توربین های سرعت پایین با پره های بیشتر است. [30]

از (۲.۴۹) متوجه میشویم که توان خروجی توربین باد بوسیله سطح موثر پره های روتور (A)، سرعت باد (v) و وضعیت جریان باد در روتور (C_p) محاسبه میشود. بنابراین توان خروجی توربین باد را میتوان بوسیله تغییر ناحیه موثر و/یا تغییر روابط جریان در روتور تغییر داد. کنترل این کمیت ها مبنای کنترل سیستمهای انرژی باد را تشکیل میدهد.

نسبت سرعت نوک

نسبت سرعت نوک λ (TSR) بصورت نسبت سرعت خطی نوک پره به سرعت باد تعریف میشود و بصورت زیر است. [30]

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} \quad (2.50)$$

که R شعاع روتور و ω سرعت زاویه ای روتور است.

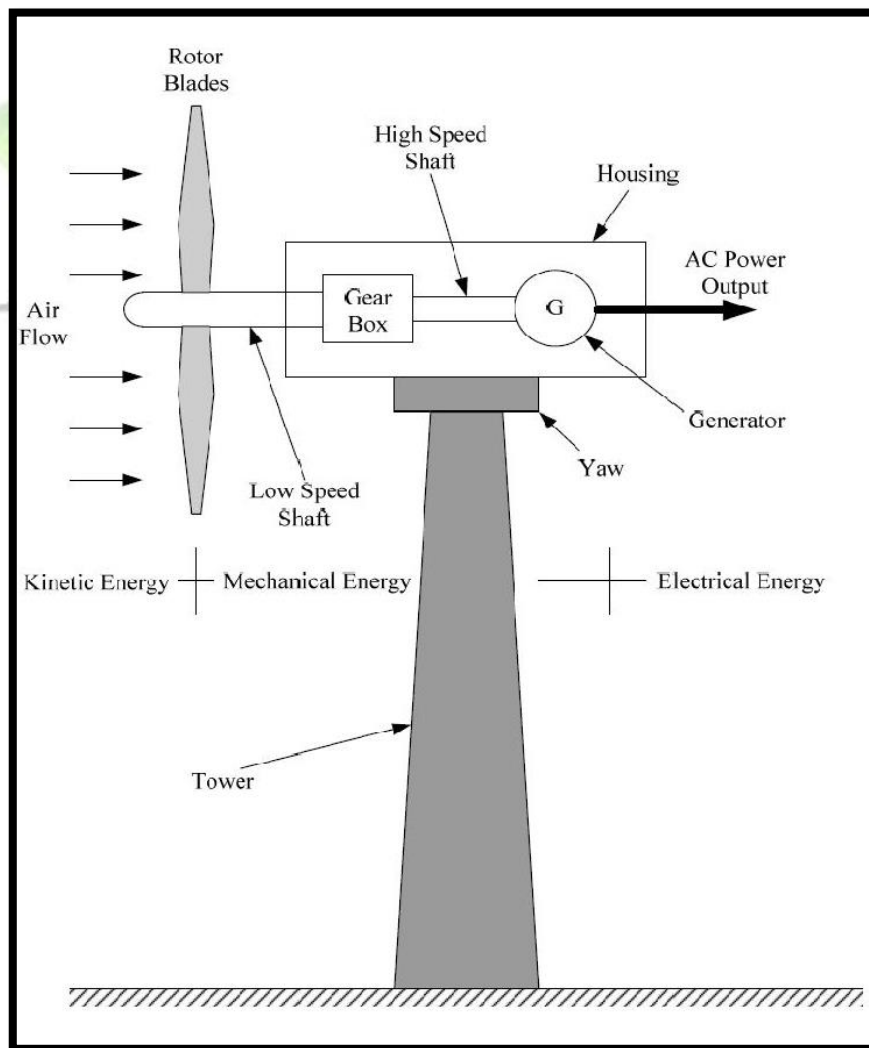
λ وابسته به نقطه عملکرد توربین باد برای استخراج توان ماکزیمم است. بازده ماکزیمم روتور C_p در λ ویژه است، که خاص طراحی آیرودینامیک توربین باد داده شده است. برای توربین های با

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

λ متغییر، سرعت روتور با تغییرات سرعت باد تغییر میکند ، تا λ را در مقدار بهینه نگه دارد . توربینهای λ متغییر نمیتوانند توان بیشتری از توربین های λ ثابت تولید کنند . [31]

سیستم تبدیل انرژی باد

بلوک دیاگرام یک سیستم تبدیل انرژی باد در شکل ۲.۴ نشان داده شده است.



شکل 2.4 بلوک دیاگرام یک سیستم تبدیل انرژی باد

اجزاء اصلی یک توربین باد مدرن عبارتند از : برج ، yaw ، روتور و آشیانه که گیربکس و ژنراتور را جا میدهد . برج قسمت اصلی توربین باد را نگه میدارد و پره های دوار را در ارتفاع برای دست یافتن به توان باد کافی نگه میدارد . مکانیزم yaw برای چرخاندن پره های روتور علیه جریان باد استفاده می شود . توربین باد انرژی جنبشی باد را در روتور شامل دو پره یا بیشتر ، دریافت میکند . گیربکس سرعت پایین تر توربین باد را به سرعت بالاتر در قسمت ژنراتور الکتریکی تبدیل

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

میکنند. با چرخش شفت و انتقال نیرو به ژنراتور، برق توسط ژنراتور تولید میشود. برق خروجی با بکار بردن کنترل مناسب و تکنیک های نظارتی در مشخصات مناسب نگهداری میشود. بعلاوه برای نظارت بر خروجی، این سیستم های کنترل شامل ادوات محافظتی نیز برای محافظت از کل سیستم میباشند [30].

بطور کلی دو نمونه طراحی متفاوت محور عمودی و محور افقی برای توربین باد موجود میباشد. اما اکثر توربین های مدرن طراحی محور افقی دارند. توربین های بادی با محور افقی نیز به دو دسته توربین های با سرعت بالا و توربین های با سرعت پایین تقسیم می شوند. در توربین های بادی با سرعت بالا تعداد پره ها معمولا کم بوده و محدود به یک الی سه پره است. در این توربین ها طراحی پره پیچیده بوده و با توجه به تولید گشتاور کم و دور بالا، بیشتر در مناطقی با سرعت باد نسبتا زیاد مورد استفاده قرار می گیرند. توربین های بادی در سرعت پایین، به دلیل پره بودن گشتاور نسبتا بالایی تولید می کنند و بیشتر در مناطقی با سرعت باد متوسط بویژه برای تامین انرژی لازم جهت پمپاژ آب از چاه مورد استفاده قرار می گیرند. در طراحی یک توربین کامل و یا مجموعه ای از توربین ها عواملی چون سرعت، جهت، پروفیل و مدت باد نقش اساسی را به عنوان داده های ورودی ایفا می کنند و اندازه گیری این عوامل روش های خاص خود را دارد. معمولا مجموعه پره ها شامل پره ها و فلنج اتصال، مجموعه محفظه اصلی شامل کلاهک، محور اصلی، جعبه دنده، ژنراتور، سیستم ترمز، یاتاقان ها و کوپلینگ ها و مجموعه برج شامل برج اصلی و پی به عنوان اجزاء اصلی توربین محسوب می شوند که بسته به شدت باد منطقه با قابلیت تولید توان هایی تا بالاتر از 500 kW نیز ساخته می شوند [30].

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

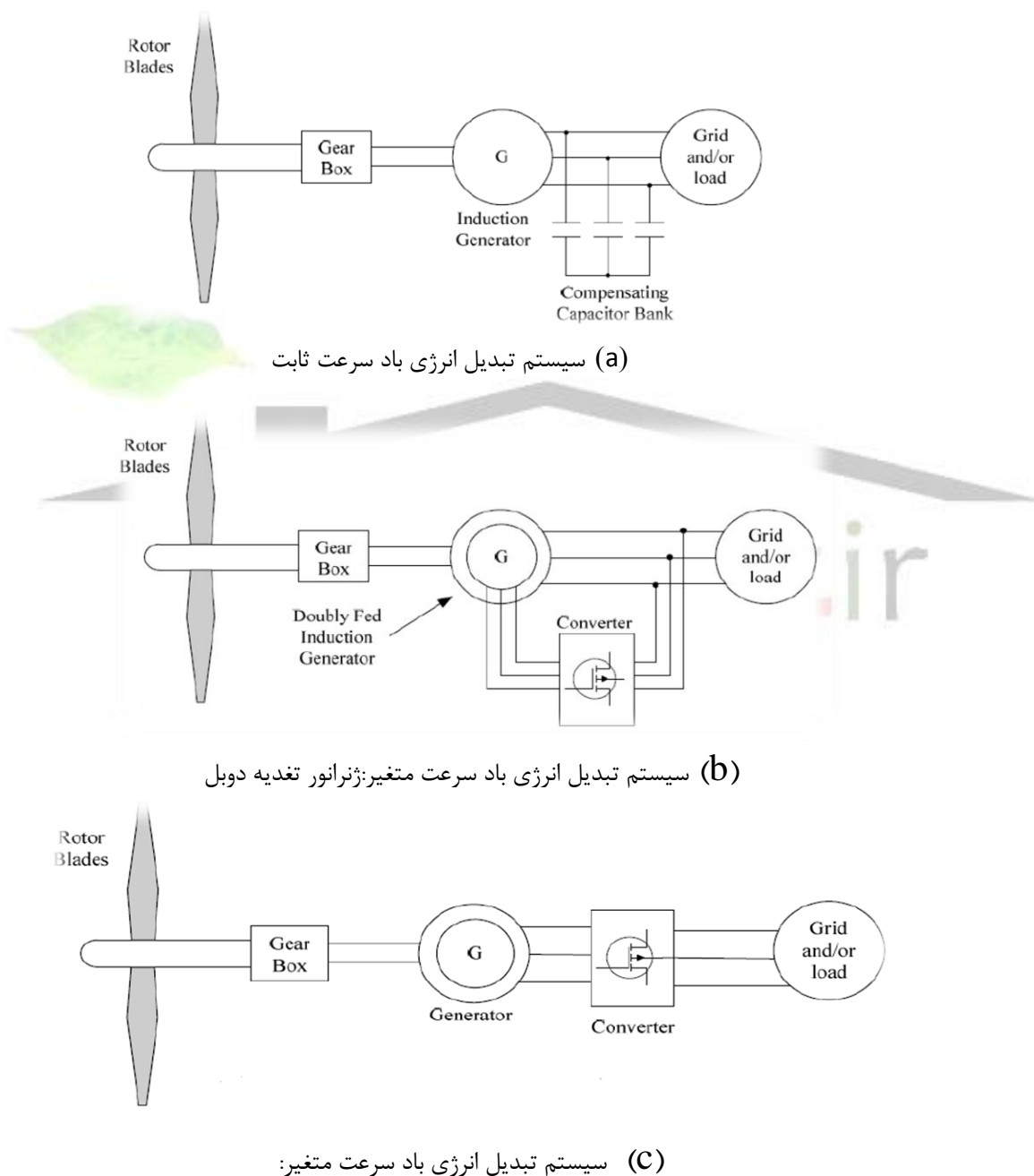


شکل ۲.۵ توربین باد محور عمودی ساویوس

سیستم های تبدیل انرژی باد سرعت ثابت و سرعت متغیر

بطور کلی دو نمونه سیستم تبدیل انرژی باد موجود است : سرعت ثابت و سرعت متغیر ، در شکل ۲.۶ این دو مدل نشان داده شده است [۳۱] . در شکل (a) ۲.۶ ژنراتور معمولاً ژنراتور القایی قفس سنجابی است که مستقیم به بار یا شبکه متصل میشود . از آنجا که ژنراتور مستقیماً کوپل می شود ، توربین باد در سرعت ثابت می چرخد که بوسیله فرکانس شبکه ۵۰ (یا ۶۰ هرتز) و تعداد قطبهای ژنراتور کنترل می شود .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 2.6 انواع توربین های باد سرعت ثابت و سرعت متغیر

در شکل (b,c) سیستم های سرعت متغیر نشان داده شده است. در شکل (b) ژنراتور، القایی از دو سو تغذیه (روتور سیم پیچی) است . روتور ژنراتور بوسیله کانورتر پشت به پشت منبع ولتاژ تغذیه میشود . استاتور ژنراتور مستقیماً به بار یا شبکه متصل است . با کنترل صحیح کانورتر متصل به روتور میتوان سرعت مکانیکی روتور را بنحوی تغییر داد که فرکانس AC خروجی استاتور ثابت بماند. در شکل (c) یک سیستم سرعت متغیر که بوسیله یک مدار الکترونیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

قدرت میانجی از بار یا شبکه کاملا مستقل شده است نشان داده شده است. ژنراتور میتواند ژنراتور سنکرون (با سیم پیچ تحریک یا آهنربای دائم) و یا ژنراتور القایی باشد .

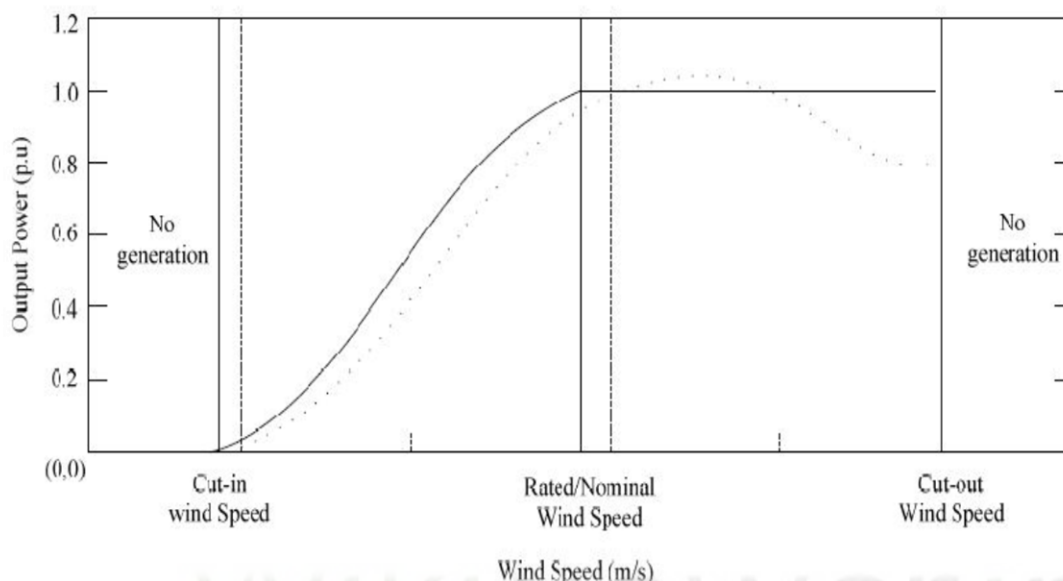
توان خروجی توربین باد بر حسب سرعت باد

در شکل ۲.۷ یک منحنی نمونه سرعت باد بر حسب توان نشان داده شده است [31] [32]. زمانیکه سرعت باد کمتر از سرعت Cut in باشد (معمولا 3-5 m/s) هیچ توان خروجی ای وجود ندارد [32]. بین سرعت Cut in و سرعت نامی یا اسمی (معمولا 11-16 m/s) توان خروجی توربین باد مستقیما وابسته به توان سوم سرعت باد (معادله ۲.۴۹) است . زمانیکه سرعت باد بیش از مقدار نامی است، لازم است توان خروجی محدود به مقدار مشخصی شود تا ژنراتور و ادوات الکترونیک قدرت مشابه (اگر موجود باشد) آسیب نبینند . به عبارت دیگر، زمانیکه سرعت باد بیش از مقدار نامی باشد، لازم است تا C_p کاهش یابد. زمانیکه سرعت باد بیش از سرعت Cut off باشد (معمولا 30-17 m/s)، به منظور حفاظت از اجزاء، سیستم از مدار خارج میشود . [32]

راههای متفاوتی برای کنترل توان خروجی توربین باد موجود است . دو راه معمول برای رسیدن به این هدف Stall control و Pitch control اند . [30] [33] برای کنترل از طریق Stall طراح بگونه ای پره ها را طراحی میکند، که زمانیکه سرعت باد بیش از سرعت مجاز باشد، آشفستگی بوجود آمده در پشت پره ها باعث کاهش خاصیت آیرودینامیکی پره های توربین شود .

در کنترل به روش Pitch از تغییر زاویه پره های روتور برای کاهش بازده آیرودینامیکی استفاده می کنیم . باید توجه کرد که زاویه Pitch می تواند در رنج محدودی تغییر کند . از شکل ۲.۷ متوجه میشویم که سیستم سرعت متغییر معمولا سرعت Cut in کمتری دارد . سرعت نامی سیستم سرعت متغییر نیز معمولا کمتر از سیستم سرعت ثابت است . برای سرعت های باد بین سرعت نامی و سرعت Cut in بین ۲۰ تا ۳۰٪ تفاوت در انرژی گرفته شده بین عملکرد سرعت ثابت و سرعت متغییر وجود دارد [30][33].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۲.۷: منحنی نمونه برای کنترل از طریق Stall برای سرعت ثابت (نقطه دار) و کنترل از طریق Pitch برای سرعت متغییر

برای سیستم باد با کنترل بوسیله Pitch، توان برای سرعت باد بیش از مقدار نامی را می توان به دقت ثابت نگه داشت. اما برای سیستم سرعت ثابت کنترل شده بوسیله Stall، توان خروجی تاحدی به بیش از مقدار نامی اش میرسد و سپس با افزایش سرعت باد کاهش می یابد. یکی از مشکلاتی که بطور معمول در ارتباط با توان گرفته شده از باد مطرح می گردد، کنترل توان راکتیو تولید شده یا مصرف شده در نیروگاه های بادی می باشد. با در نظر گرفتن مشکلات فنی ناشی از تغییر سرعت باد و اثر آن بر سیستم قدرت، لازم است درباره نوع ژنراتوری که باید در کنترل متغیرهای الکتریکی شبکه و یا بطور خاص کنترل توان راکتیو بکار می رود، بحث گردد. علاوه بر خواص ذاتی مطالعات انجام، (DFIG) ژنراتورهای القایی با تغذیه دوگانه شده و نتایج عملی ثابت نموده اند که این ژنراتورها قادر هستند حداکثر توان حقیقی را متنظر با سرعت باد موجود، تولید نمایند.

پیل های سوختی

پیل های سوختی ادوات مبدل انرژی استاتیک هستند که انرژی شیمیایی سوخت را مستقیماً به انرژی الکتریکی DC تبدیل میکنند [34][35]. ساختار فیزیکی اصلی پیل سوختی از دو الکترود متخلخل (آند و کاتد) و لایه الکترولیت در وسط تشکیل شده است. شکل ۲.۸ دیگرام شماتیک یک PEMFC^۲ را نشان میدهد. الکترولیت میتواند جامد مانند PEMFC یا اکسید

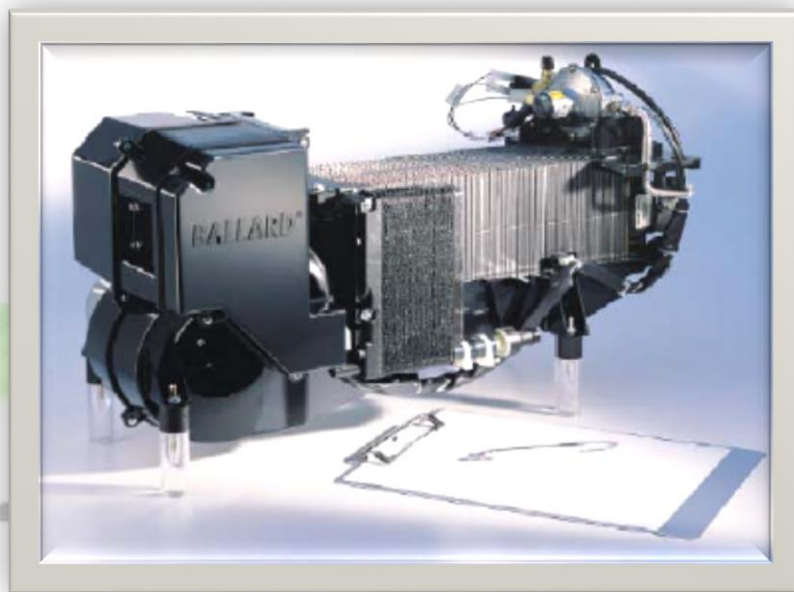
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جامد مانند $SOFC$ و یا مایع مانند $MCFC^3$ باشد نوع و مشخصات شیمیایی الکترولیت استفاده شده در پیل های سوختی برای مشخصات عملکرد آنها مانند دمای عملکردی بسیار مهم است. پلاریته یون و جهت حرکت آن میتواند برای پیل های سوختی مختلف فرق کند. اگر یون کار کننده در پیل سوختی مثبت باشد، آنگاه آب در کاتد تولید میشود. اما اگر یون کار کننده منفی باشد آب در آند تولید میشود. در هر دو حالت الکترون ها از مدار خارجی عبور کرده و تولید مدار الکتریکی میکنند.

در پیل سوختی نمونه، سوخت بطور پیوسته آند را تغذیه میکند، و اکسیدان بطور پیوسته کاتد را تغذیه میکند. واکنش های الکتروشیمیایی برای تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی در الکترودها رخ میدهند. توجه شود که کاتد الکترودی است که الکترونها وارد آن میشوند (+) و آند الکترودی است که الکترون ها آنرا ترک میکنند (-). عمومی ترین سوخت استفاده شده در پیل های سوختی، هیدروژن است، و اکسیدان (ماده اکسید کننده) معمولا اکسیژن یا هواست. با این حال، هر ماده قابل اکسیداسیون شیمیایی که بتواند بطور پیوسته تامین شود، میتواند بعنوان سوخت در آند پیل سوختی استفاده شود [36].

در مقایسه با دیگر نیروگاههای قدرت سنتی، پیل های سوختی فواید زیادی دارند، مانند بازده زیاد، آلودگی کم (گازهای آلوده کننده) و ساختار مدولار قابل انعطاف است. از مشخصات سیستم های پیل سوختی، مستقل بودن راندمان از ابعاد واحد پیل سوختی است، به این معنا که می توان واحدهای نیروگاهی کوچک را با بازده بالا در کاربردهای غیر متمرکز مورد استفاده قرار داد و لذا از هزینه های مرتبط با ایجاد واحدهای نیروگاهی بزرگ اجتناب نمود. واحدهای نیروگاهی پیل سوختی اولیه با تمرکز بر ظرفیت هایی بین چند صد کیلو وات تا زیر یک مگاوات، توسعه داده شده اند. واحدهای نیروگاهی کوچک را می توان در محل مصرف در اختیار مصرف کننده قرار داد و برای تولید چند منظوره، یعنی تولید الکتریسیته و حرارت، از آن استفاده کرد. واحدهای پیل سوختی بزرگتر (با ظرفیت 1 تا 10 مگاوات) برای تولید الکتریسیته به صورت غیرمتمرکز مناسب می باشد. مولدهای غیر متمرکز پیل سوختی به دلیل بهره مندی از فن آوری مطمئن تر نسبت به سیستم های رایج، بازده بالا، تاثیرات زیست محیطی کمتر و نصب راحت تری دارند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 2.8 نمای از سیستم پیل سوختی پلیمری مدل Nexa 1200

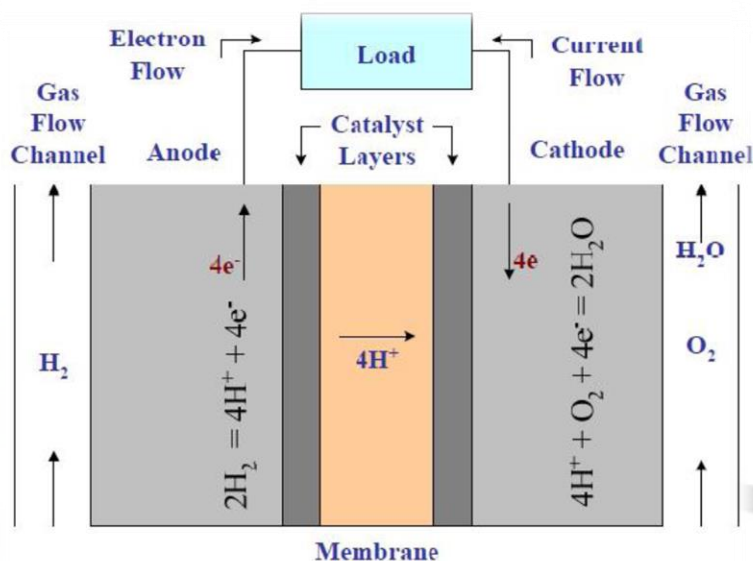
اصول عملکردی PEMFC

PEMFC همانطور که در شکل ۲.۹ نشان داده شده است ساختاری شبیه به ساندویچ دارد [34][35][37].

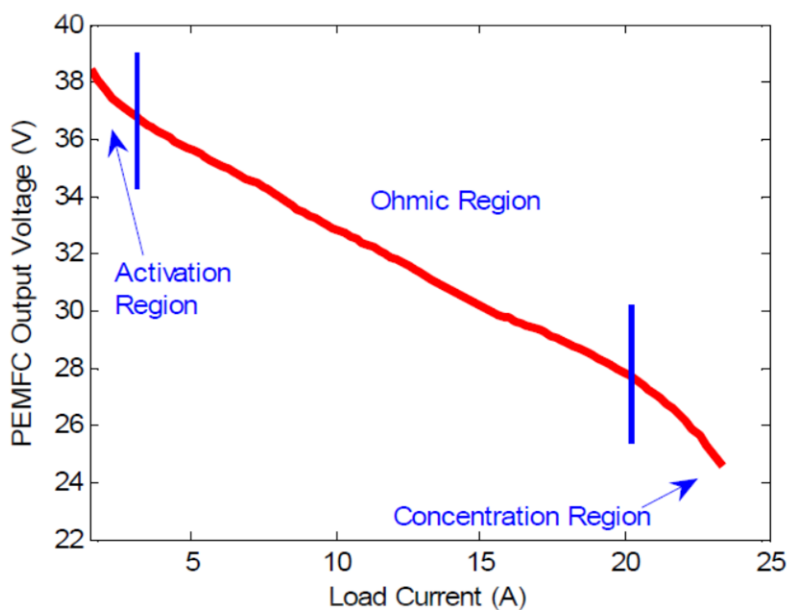
در بین دو الکتروود متخلخل، غشاء تفلون مانندی موجود است که هادی عالی برای پروتون و عایق الکترونهاست [34] [35]. مولکول های هیدروژن با کمک الکتروکاتالیزر پلاتینیوم در آند به الکترون و پروتون هیدروژن میشکنند. پروتونهای هیدروژن از طریق الکترولیت عبور کرده و به کاتد میرسند، و در کاتد با الکترونهایی که از طریق بار خارجی به کاتد رسیده اند ترکیب شده و تولید آب میکنند.

یکی از مزایای این نوع پیل سوختی، چگالی توان بالا و بازده بالاست (40-50%). دیگر مزیت آن دمای کارکرد پایین (بین 60 تا 80 °C) است، و به همین دلیل استارت سریعی دارد که در خودروها که نیاز به استارت سریع دارند استفاده میشود. شکل ۲.۱۰ منحنی ولتاژ خروجی برحسب جریان یک بسته پیل سوختی 500 w را نشان میدهد [37] این منحنی را میتوان به سه ناحیه تقسیم کرد، افت ولتاژ در جریان های پایین بدلیل افت فعالسازی داخل پیل، افت ولتاژ وسط منحنی (که تقریباً خطی است) بدلیل افت اهمی، و در نهایت افت اشباع در پایان منحنی، که ولتاژ خروجی به سرعت با افزایش جریان بار افت می کند [34][35].

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲.۹: دیاگرام شماتیک PEMFC



شکل ۲.۱۰ مشخصه V-I یک بسته پیل سوختی ۵۰۰ وات

SOFC

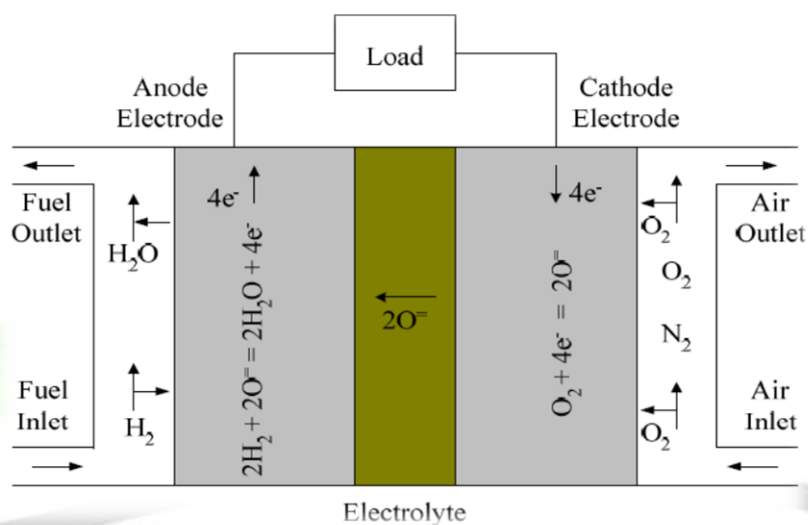
SOFC یک تکنولوژی فیول سل دما بالا است که دارای آینده ی نوید دهنده ای است. مبتنی بر یک الکترولیت رسانای یون منفی، SOFC ها بین 600°C و 1000°C عمل می کنند و انرژی شیمیایی را به الکتریسیته در بازدهی بالا تبدیل می کنند که این بازدهی می تواند به بالا ی 65%

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

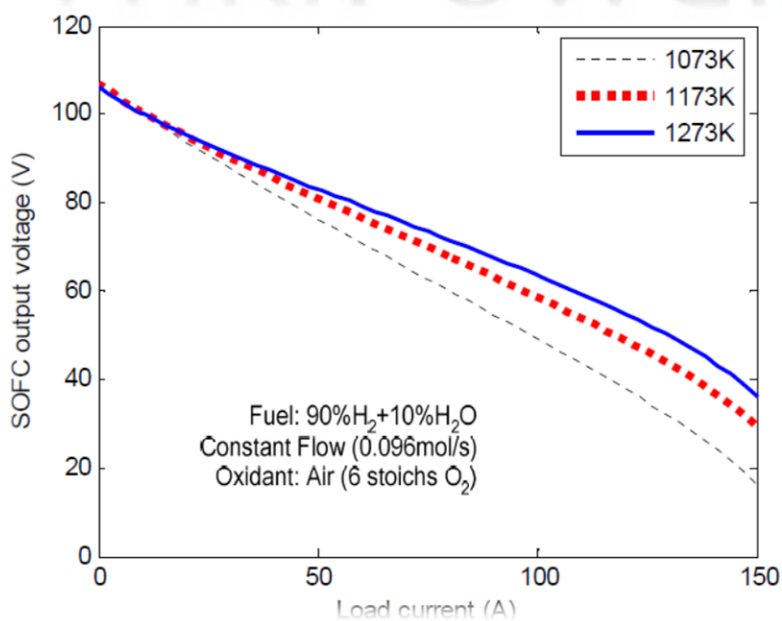
برسد [38]. الکترولیت در یک پیل سوختی اکسید جامد وظیفه هدایت یونی را بر عهده داشته و نباید به گازها اجازه عبور دهد. بنابراین اکسیدهایی که دارای هدایت یونی بالایی هستند کاندیدهای مناسبی برای این منظور میباشند. در حال حاضر اکسید زیرکونیم به دلیل خواص خوب هدایت یونی بالا، استحکام مکانیکی خوب و پایداری شیمیایی مناسب در شرایط کاری پیل، به صورت تجاری در ساخت پیلهای سوختی اکسید جامد به کار میرود. یکی از مشکلات اکسید زیرکونیم دمای کاری بالای آن میباشد که این امر باعث سینتر شدن کاتد و آند و همچنین نفوذ آنها به داخل الکترولیت شده و در نتیجه به مرور زمان خواص الکترولیت دچار تغییر میگردد. بنابراین همواره محققین به دنبال اکسیدهایی به عنوان الکترولیت هستند که دارای هدایت یونی بالا، پایداری شیمیایی مناسب و دمای کارکرد پایینی باشند. بازده کلی یک سیستم توربین احتراق SOFC مجتمع می تواند حتی به 70٪ برسد [38]. باوجود راه اندازی کند و تنش های حرارتی ناشی از عملکرد در دمای بالا SOFC ها، می توانند برای اصلاح داخلی سوخت گازی داخل فیول سل استفاده شوند، که توانایی چند سوختی را به SOFC ها می بخشد [34] [35]. بعلاوه، ماهیت جامدی آنها طراحی سیستم را ساده تر می کند؛ در جایی که خوردگی و مشکلات مدیریتی وابسته به الکترولیت مایع حذف می شوند [34]. این قابلیت ها به SOFC یک آینده ی روشن برای استفاده در کاربرد های ایستا را نوید می دهد. شکل 2.11 یک بلوک دیاگرام از یک SOFC را نشان می دهد همچنین واکنش در آند و کاتد نیز نشان داده شده است.

منحنی های V-I حالت ماندگار ترمینال یک مدل SOFC با توان 5KW در دماهای مختلف، در شکل 2.12 نشان داده شده است [37]. افت ولتاژ فعال سازی به افت ولتاژ در نواحی جریان کم مسلط می شود، همانطوری که جریان افزایش می یابد، افت ولتاژ اهمی نیز سریعتر افزایش می یابد و این افت ولتاژ بیشترین سهم افت ولتاژ SOFC را از آن خود کرده است. هنگامی که جریان بار از یک مقدار بحرانی تجاوز می کند، ولتاژ خروجی فیول سل به صورت تیز مانند افت می کند که ناشی از افت ولتاژ اشباع داخلی SOFC است. همچنین شکل 2.12 تاثیر دما بر منحنی مشخصات V-I، SOFC را نشان می دهد. ولتاژ خروجی SOFC در دمای پایین در ناحیه ی جریان کم بیشتر است در حالی که در دماهای بالا ولتاژ در ناحیه ی جریان بالا بیشتر است.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 2.11 بلوک دیاگرام SOFC



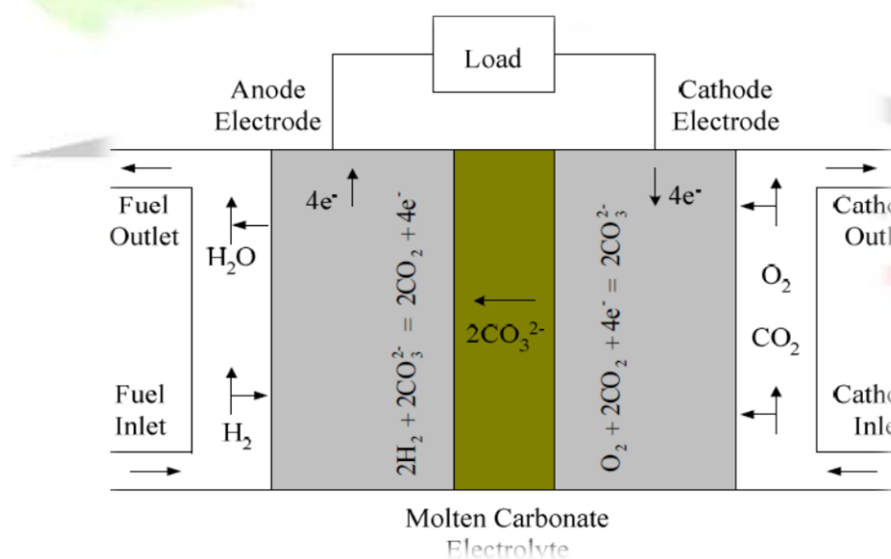
شکل 2.12 منحنی مشخصات V-I یک بسته SOFC با توان 5 KW [37]

MCFC

MCFC فیول سل هایی هستند که از یک ترکیب ذوب شده از کربنات فلز قلیایی به عنوان الکترولیت هایشان استفاده می کنند [34] [35]. در دماهای بالا (600 - 700 درجه سانتی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

گراد) ترکیب نمکی در فاز مایع است و یک هادی عالی برای یون های CO_3^{2-} است. در کاتد، اکسیژن و اکسید کربن با الکترو نهایی جاری از طریق مدار بیرونی ترکیب می شوند، برای تولید یون های کربنات (CO_3^{2-}). در آند، یون های CO_3^{2-} بوسیله ی هیدروژن دی اکسید می شوند (اکسیژنشان گرفته می شود)، و در همان زمان الکترون ها آزاد می گردند. این الکترون ها از طریق مدار خارجی جاری می شوند تا به سطح کاتد برسند. شکل 2.13 دیگرام طرح کلی یک MCFC را نشان می دهد؛ همچنین واکنش های آند و کاتد نیز در شکل نشان داده شده است.



شکل 2.13 دیگرام طرح کلی یک MCFC

سیستم انرژی فتوولتائیک

اصطلاحات

تابش خورشیدی: هم چنین INSOLATION نیز نامیده می شود که تشکیل شده از تشعشعاتی که مستقیم از سوی خورشید (تابش پرتو) می آیند، و هم چنین شامل تابش های غیر مستقیم (تابش DIFFUSION و ALBED) [32] نیز می شود.

ثابت خورشیدی: تابش خورشیدی که بر یک سطح واحد بالای اتمسفر در یک زاویه ی عمودی پایین می آید، ثابت خورشیدی تعریف می شود که دارای مقدار 1367 وات بر متر مربع است [32].

توده ی (جرم) هوا: یک پارامتر مناسب که برای مقدار نور خورشید جذب شده در اتمسفر استفاده می شود [32]

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تابندگی : یک مقیاس اندازه گیری چگالی توان نور خورشید است ، که دارای واحد W/m^2 است

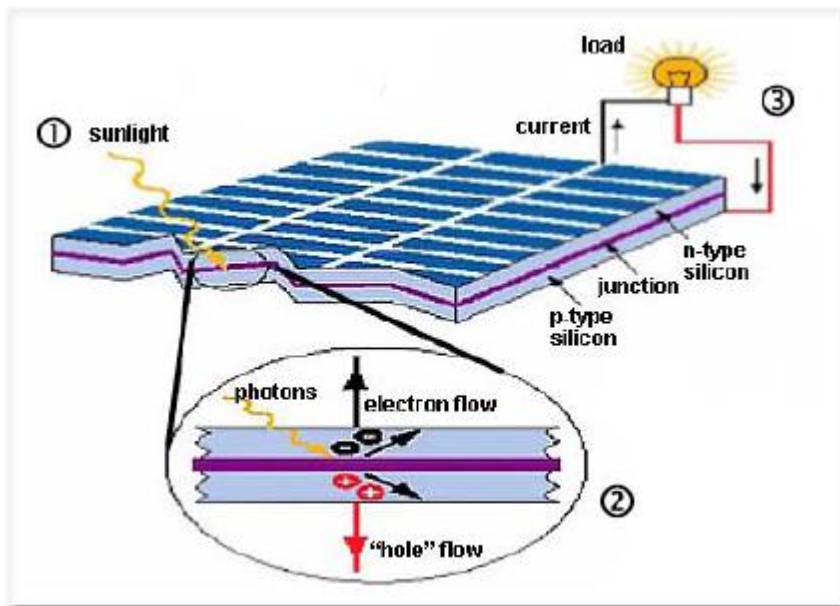
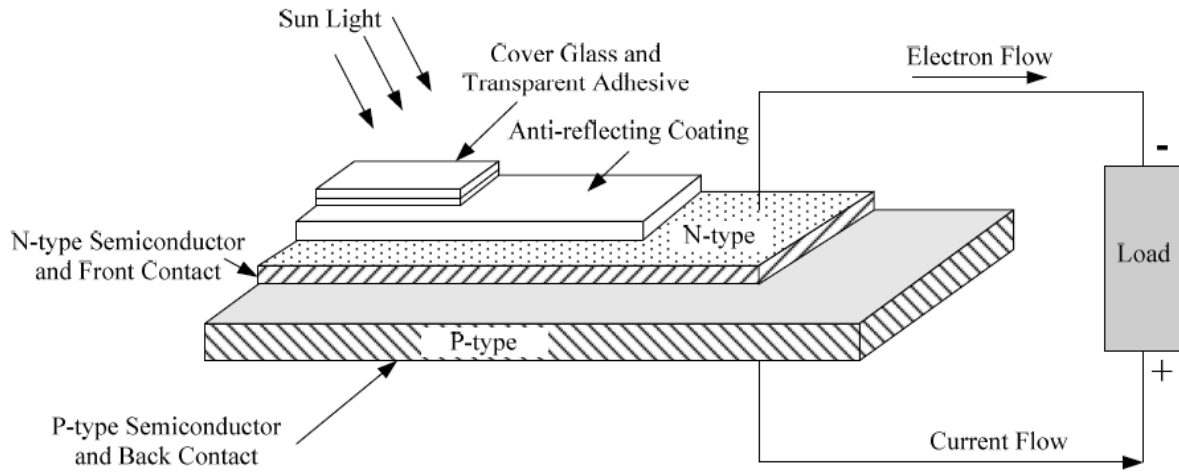
پرتوافکنی : یک مقیاس اندازه گیری چگالی انرژی (j/m^2) است ، که انتگرال تابندگی در هر زمان است .

اثر فتولتاییک

اثر فتولتاییک یک فرآیند فیزیکی پایه است که انرژی خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند . همچنین یک سلول PV یا سلول خورشیدی شبیه به دیود پیوند p-n کلاسیک است ؛ که در شکل 2.14 نشان داده شده است [32] . در شب ، یک سلول PV می تواند به عنوان یک دیود در نظر گرفته شود . وقتی سلول روشن است ، انرژی فوتون ها به ماده ی نیمه هادی انتقال داده می شوند ، که منجر به تولید جفت های الکترون - حفره می شود . میدان الکتریکی تولید شده به وسیله ی پیوند p-n باعث جداسدن جفت های الکترون - حفره و تولید فوتون می شوند . الکترون ها به سوی ناحیه ی n (ماده ی نوع n) شتاب میگیرند ؛ و حفره ها به سمت ناحیه ی p (ماده ی نوع p) کشانده می شوند ، که در شکل 2.14 نشان داده شده است . الکترون ها از طریق مدار خارجی از ناحیه ی n جاری می شوند و در نتیجه توان الکتریکی برای بار فراهم میکنند .

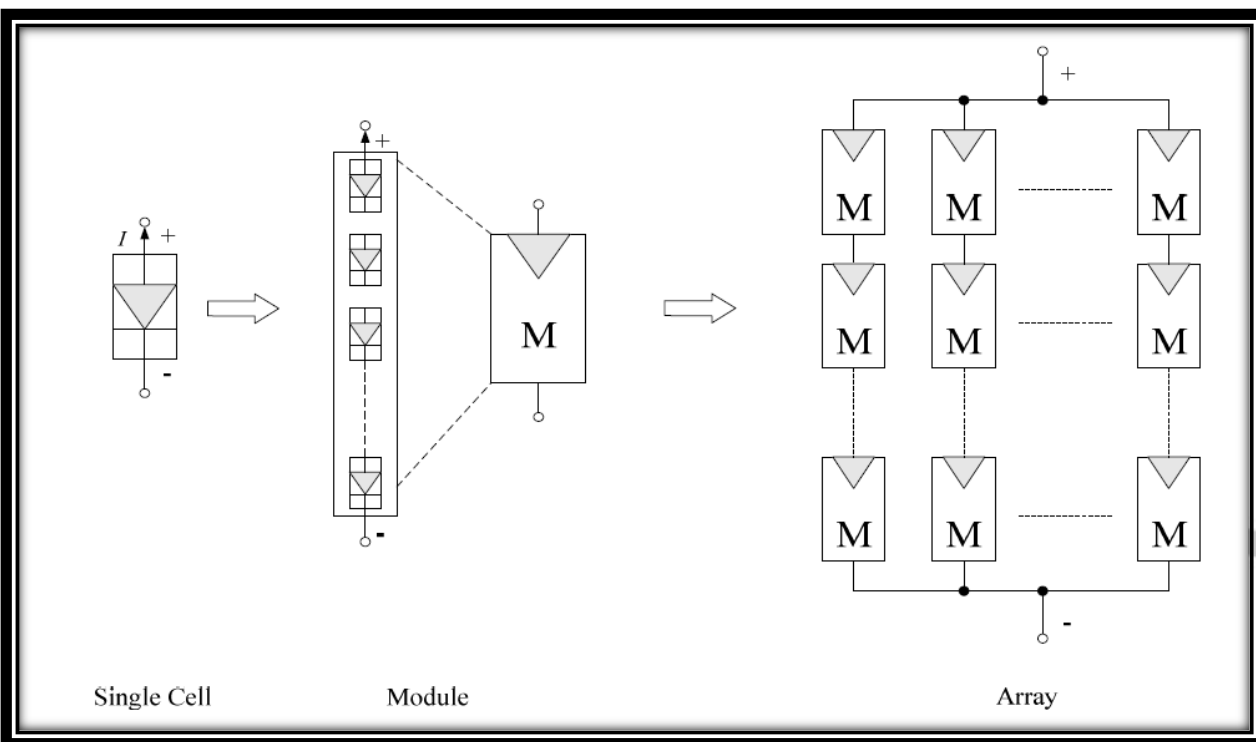
سلول PV نشان داده شده در شکل 2.14 جزء اصلی یک سیستم انرژی PV است . از آنجاییکه یک سلول PV توان کمتر از 2 W در تقریباً 0/5 Vdc تولید می کند ، این لازم است که سلول PV در آرایش های سری - موازی اتصال شود تا توان مطلوب تولید شود . شکل 2.15 نشان می دهد که چگونه سلول های PV برای شکل دهی ماژول ها مجتمع شده اند و همچنین چگونگی اتصال ماژول ها به منظور ساختن آرایه ها نیز نشان داده شده است . تعریف ثابتی برای سایز یک ماژول وجود ندارد و همچنین برای یک آرایه . یک ماژول ممکن است توان خروجی از مقدار وات های کم تا صد ها وات داشته باشد . نرخ توان یک آرایه می تواند از صدها وات تا مگا وات ها تغییر کند .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



شکل 2.14 بلوک دیاگرام طرح کلی یک سلول PV

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



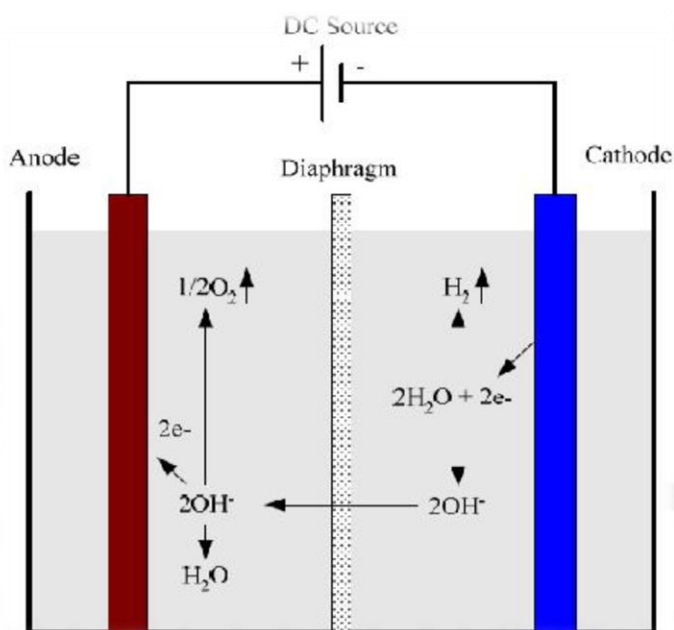
شکل 2.15 سلول ، ماژول و آرایه ی PV

الکترولایزر

الکترولایزر وسیله ای است که هیدروژن و اکسیژن را از آب تولید میکند. الکترولایزر آب را میتواند عکس پروسه پیل سوختی تغذیه شده بوسیله آب در نظر گرفت. عکس واکنش الکتروشیمیایی اتفاق افتاده در پیل سوختی، الکترولایزر انرژی الکتریکی DC را به انرژی شیمیایی ذخیره شده در هیدروژن، تبدیل می کند. امروزه سه نوع الکترولایزر در بازار موجود است، قلیایی، PEM و اکسید جامد.

الکترولیزهای قلیایی و PEM نسبت به اکسید جامد، ادواتی توسعه یافته ترند، بطوریکه امروزه هزاران واحد از آنها در حال کار میباشد [34]. اما الکترولایزر آب قلیایی تکنولوژی مسلط امروز است. در صفحه ی بعد اصول الکترولیز آب قلیایی مرور میشود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲.۱۶: دیاگرام شماتیک الکترولیزر قلیایی

الکترولیزر قلیایی از هیدروکسید پتاسیم (KOH) بعنوان محلول الکترولیت برای انتقال یونهای هیدروکسیل استفاده میکند. شکل ۲.۱۶ دیاگرام شماتیک الکترولیزر آب قلیایی را نشان میدهد. در کاتد، دو مولکول آب، بوسیله دو الکترون داده شده از کاتد به یک مولکول H_2 و دو یون هیدروکسیل (OH^-) کاهیده میشود، واکنش در کاتد را میتوان بصورت زیر بیان کرد:



تحت میدان الکتریکی خارجی، یونهای هیدروکسیل مجبور به حرکت به سمت آند از طرق دیافراگم متخلخل میشوند. در آند دو مولکول هیدروکسیل، دو الکترون را به آند میدهند و یک مولکول آب و $1/2$ مولکول O_2 تخلیه میشود. واکنش شیمیایی در آند بصورت زیر است:



با ترکیب دو معادله بالا واکنش کلی داخلی الکترولیزر بصورت زیر است:



چگالی جریان الکترولیزر قلیایی معمولاً کمتر از $0.4 A/cm^2$ است، و بازده تبدیل انرژی میتواند رنج بین ۶۰ تا ۹۰٪ داشته باشد. بدون نصب تجهیزات تصفیه کمکی میتوان به خلوص ۹۹.۸٪

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

برای H_2 دست یافت . تکنولوژی الکترولیز قلیایی را میتوان در تنوع کمتر 1 Kw و به شرط تامین برق DC مناسب تا واحد الکترولیز صنعتی بزرگتر از 100 Mw پیاده کرد [35] .



شکل 2.17: الکترولیزر در یک واحد صنعتی

فصل سوم

سیستم تولید پراکنده انرژی تجدید پذیر چند منبعی (هایبرید)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

افزایش همواره مصرف انرژی، اوج گرفتن هزینه و ماهیت تمام شدنی سوخت های فسیلی ، و وخیم تر شدن وضعیت محیط جهانی باعث ایجاد گرایش سریع به سیستم های تولید توان سبز (منبع انرژی تجدید ناپذیر یا مبتنی بر پیل سوختی) شده است. در مقایسه با نیروگاه های مرکزی مرسوم ، این سیستم ها مناسب ، از نظر سایز کوچکتر و می توانند (بعضی) نزدیکتر به مراکز بار نصب شوند . تحویل دادن توان به مصرف کننده ها بوسیله ی سیستم های تولید پراکنده متفاوت است با راه های مرسوم که توان از نیروگاه های متمرکز به سمت مراکز بار از طریق خطوط انتقال و سپس از طریق سیستمهای توزیع انتقال داده می شود . به دلیل پیشرفتهای ماندگار در توان و ساختارهای تاسیسات و محدودیت های تحمیلی و ساختمان خطوط انتقال جدید برای انتقال توان در فواصل طولانی ، قابل انتظار است که کاربردهای تولید پراکنده (DG) در آینده افزایش بیابد .

تولید توان خورشیدی و بادی از دو تکنولوژی تولید توان تجدید پذیر نوید بخش هستند رشد سیستم های تولید توان فتوولتائیک و باد ، از برآورد خوش بینانه تجاوز کرده اند .

همچنین پیل های سوختی پتانسیل بزرگی برای منابع توان سبز آینده از خود نشان داده اند به دلیل شایستگی های فراوانی که آنها دارند (مانند بهره ی بالا ، تولید گازهای آلاینده ی کم یا صفر ، و ساختار پیمانه ای انعطاف پذیر) و پیشرفت سریع در تکنولوژی های پیل سوختی. بهر حال، هیچ یک از این تکنولوژی ها ذکر شده امروزه کامل نیستند . توان خورشیدی و بادی وابستگی بالایی به شرایط آب و هوایی دارند در حالیکه پیل های سوختی به سوخت هیدروژن غنی نیاز دارند با وجود این ، چون که منابع انرژی تجدید پذیر مختلف می توانند یکدیگر را کامل کنند ، سیستم های انرژی تجدید پذیر هایبرید چند منبعی (با کنترل مناسب) دارای پتانسیل بزرگی برای فراهم کردن کیفیت بالاتر و توان قابل اطمینان تر برای مصرف کننده ها نسبت به یک سیستم مبتنی بر یک منبع واحد هستند و به همین دلیل، سیستم های انرژی هایبرید توجه های تحقیقاتی جهانی را به سوی خود جلب کرده است [39][40] .

تولید پراکنده نباید با انرژی از منابع تجدید پذیر همسان فرض شود چرا که می تواند از منابع پایان پذیر نظیر سوخت های فسیلی برای تولید انرژی استفاده کند و حتی آلودگی محیطی نیز به همراه داشته باشد . ترکیب های بسیاری از منابع انرژی تجدید پذیر و تجهیزات ذخیره برای ساختن یک سیستم هایبرید متصل به شبکه یا مستقل که در نوشتجات گزارش شده است ، در زیر لیست شده است:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



WikiPower.ir

1. سیستم باد / PV / پیل سوختی / الکترو لایزر / باطری [39][41]
2. سیستم پیل سوختی / میکرو توربین [42][43]
3. سیستم باد / میکرو توربین [44]
4. سیستم پیل سوختی / توربین گازی [45][46]
5. سیستم پیل سوختی / دیزل [47][48]
6. PV / باطری [49]
7. PV / پیل سوختی / الکترو لایزر [50][51]
8. سیستم PV / پیل سوختی / الکترو لایزر / باطری [52][53]
9. سیستم پیل سوختی / باطری یا ابر خازن [54][55]
10. سیستم باد / پیل سوختی [56]
11. سیستم باد / دیزل [57]
12. سیستم باد / PV / باطری [58][59]
13. سیستم PV / دیزل [60]
14. سیستم PV / باد / دیزل [61]
15. سیستم PV / پیل سوختی / ذخیره کننده انرژی مغناطیسی ابرسانایی (SMES) [62]

از سیستم های انرژی هایبرید لیست شده در بالا، این نکته به دست می آید که منابع انرژی تجدید پذیر اصلی و پر کاربرد، توان فتوولتائیک و باد هستند.

به دلیل ویژگی های دوره ای بودن توان فتوولتائیک و باد که در ذات آن هاست، سیستم های انرژی تجدید پذیر PV و / یا بادی در کاربردهای مستقل از شبکه به تجهیزات ذخیره کننده ی انرژی یا منابع تولید دیگر برای شکل دهی یک سیستم هایبرید نیاز دارند. تجهیز ذخیره کننده ی انرژی می تواند یک بانک باطری، بانک ابر- خازنی، SMES یا یک سیستم الکترو لایزر/ FC باشد.

سیستم فتوولتائیک با در نظر گرفتن تغییرات دمایی و شدت تابش خورشید توسط مبدل DC به DC وصل شده وبا مدارکنترلی مناسب قادر به دنبال کردن نقطه ماکزیمم توان (MPP) می باشد. یک سیستم کنترلی برای سیستم فتوولتائیک، دنبال کننده ی نقطه ی ماکزیمم توان است که باعث می شود، بیشترین توان ممکن از انرژی خورشیدی در شرایط مختلف جوی توسط ماژول استحصال شود. از آنجا که یک سیستم فتوولتائیک چندین برابر هزینه ی اولیه برای ساخت نیروگاه های معمولی لازم دارد؛ بنابراین باید قادر باشد که حداکثر

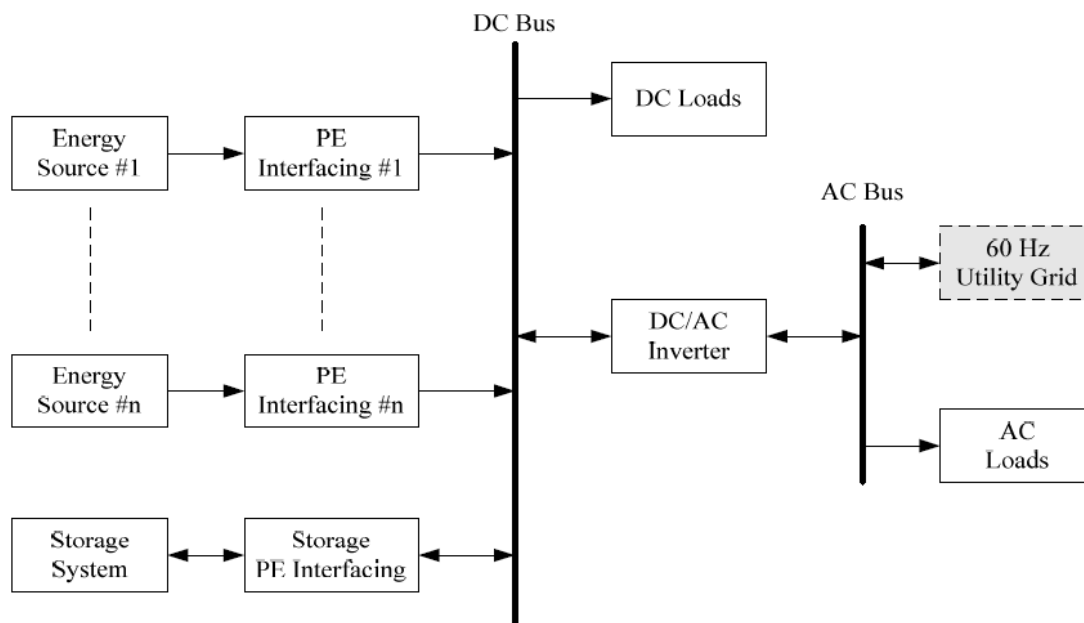
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انرژی را از خورشید دریافت کند ، در غیر این صورت مقدار زیادی از سرمایه گذاری به هدر می رود . دنبال کنندگی نقطه ماکزیمم توان که معمولاً MPPT نامیده می شود ، سیستمی الکترونیکی است که ماژول فتوولتائیک را به صورتی اداره می کند که به ماژول اجازه می دهد که ماکزیمم توانی را که قادر به تولید آن است ، تولید کند MPPT یک سیستم مکانیکی نیست که به صورت فیزیکی ماژول را حرکت دهد تا به طرف خورشید باشد ؛ بلکه یک سیستم کاملاً الکترونیکی است که نقطه کار الکتریکی ماژول ها را طوری تغییر می دهد که ماژول ها قادر به تولید ماکزیمم توان باشند . عملکرد یک ماژول یا هر ابزار فتوولتائیک در شرایط مشخصی ارزیابی می شود . به این معنی که خصوصیات ماژول که توسط سازنده ارائه می شود ، معمولاً در شرایط مشخص و خاصی محاسبه می شوند . این شرایط مشخص و خاص ، شرایط نامی یا شرایط استاندارد نام دارد . در این پروژه ، یک سیستم تولید پراکنده هایبرید چند منبعی شامل باد ، پیل سوختی ، الکترولایزر پیشنهاد داده شده است که در فصل بعدی به شبیه سازی آن پرداخته شده است . باد منبع اولیه ی این سیستم است ، تا به ما مزیت های کامل انرژی تجدیدپذیر را بدهد. ترکیب الکترولایزر و پیل سوختی به عنوان یک پشتیبان و سیستم ذخیره ی انرژی دراز مدت استفاده می شود . برای یک کاربرد مستقل از شبکه ، یک ابر خازن نیز به عنوان ذخیره کننده ی انرژی کوتاه مدت استفاده می شود و به منظور تغذیه ی توان ریپل و گذرا در سیستم استفاده می شود . خازنهای با ظرفیت بالا جهت تامین توان فراهم نشده توسط فیول سل و کاهش نوسانات ولتاژ در سیستم استفاده می شود . در این سیستم پیشنهادی ، منابع انرژی مختلف از طریق یک باس لینک AC مجتمع می شوند (در ادامه ی این فصل بحث خواهد شد). یک کنترلر مدیریت توان سرتاسری برای سیستم طراحی می شود به منظور هماهنگ کردن گردش های توان در میان منابع انرژی مختلف. جزئیات پیکربندی سیستم در این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

کوپلینگ AC و کوپلینگ DC

راه های بسیاری برای مجتمع کردن منابع انرژی تجدید پذیر مختلف به منظور شکل دهی یک سیستم هایبرید وجود دارد . روش ها می توانند به دو دسته طبقه بندی شوند: کوپلینگ DC و کوپلینگ AC . کوپلینگ AC می تواند مجدد دسته بندی می شود به کوپلینگ AC فرکانس توان (PFAC) و کوپلینگ AC فرکانس بالا (HFAC) . در یک پیکربندی کوپلینگ DC نشان داده شده در شکل 3.1 منابع انرژی تجدیدپذیر مختلف از طریق مدارهای واسط الکترونیک قدرت مناسب به یک باس DC متصل شده اند . سپس انرژی DC از طریق یک مبدل DC/AC (اینورتر) به سیگنالی با فرکانس 60 هرتز تبدیل می شود ، که این مبدل می تواند دو-هدایتی باشد .

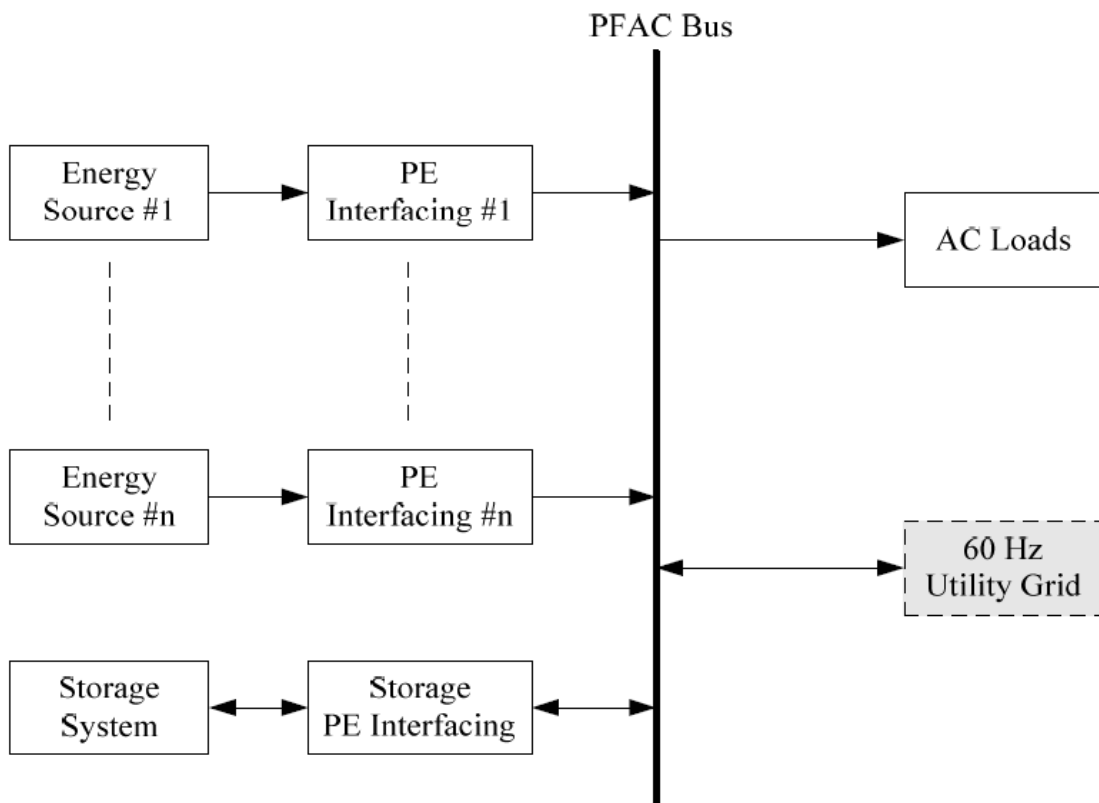
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



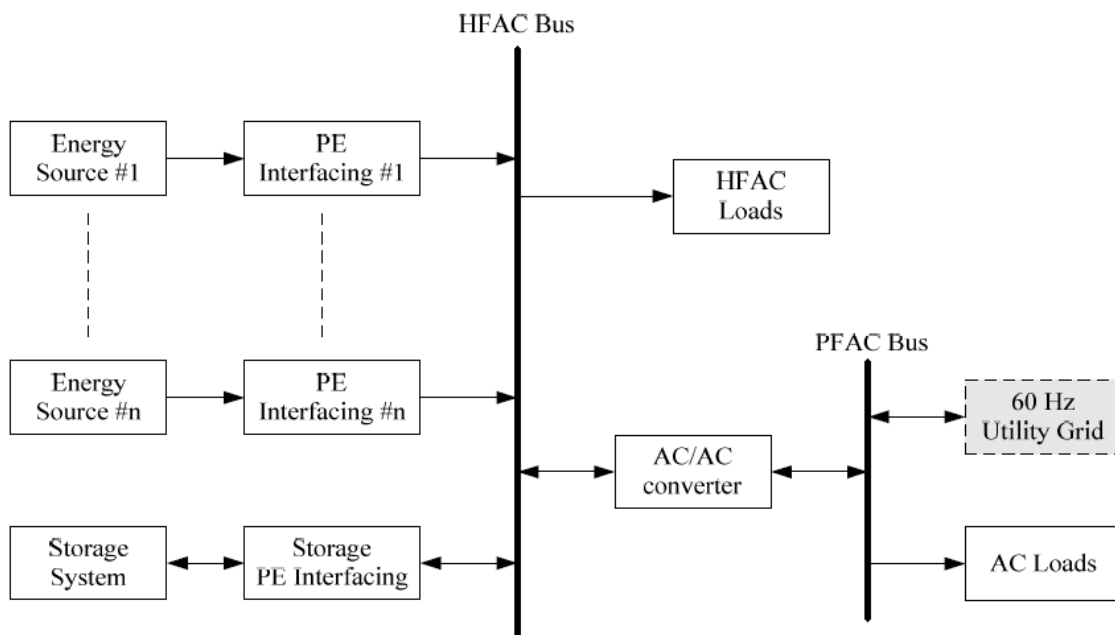
شکل 3.1 مجتمع سازی سیستم انرژی هایبرید : کوپلینگ AC

در یک طرح کوپلینگ PFAC، نشان داده شده در شکل 3.2(a)، منابع انرژی مختلف از طریق مدارهای واسط مناسب الکترونیک قدرت به یک باس AC فرکانس توان مجتمع شده اند. همچنین سلف های کوپلاژ ممکن است برای استحصال مدیریت گردش توان مطلوب نیاز شود. در یک طرح لینک HFAC، نشان داده شده در شکل 3.2 (b)، منابع انرژی تجدیدپذیر مختلف به یک باس HFAC کوپل می شوند. بارهای HFAC مستقیم به باس HFAC متصل می شوند. همچنین HFAC می تواند متصل شود به باس PFAC. لینک HFAC در اصل برای تغذیه ی توان بارهای HFAC توسعه داده شده است. این پیکربندی بیشتر در کاربردهایی با بارهای HFAC (400هرتز) استفاده شده است، مانند هواپیماها، کشتی ها، زیر دریایی ها و کاربردهای ایستگاه فضایی [63]. طرح های کوپلینگ مختلف کاربردهایی متناسب با خودشان را پیدا کرده اند. کوپلینگ DC ساده ترین نوع کوپلاژ و قدیم ترین نوع مجتمع سازی است. لینک PFAC مدولارتر از طرح DC است و آماده برای اتصال شبکه است. کوپلینگ HFAC پیچیده تر است و برای کاربردهای به همراه بارهای HFAC مناسب تر است. جدول 3.1 مزایا و معایب هر یک از طرح های کوپلینگ رو خلاصه می کند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



(a)



(b)

شکل 3.2 مجتمع سازی سیستم انرژی هایبرید (a) کوپلینگ PFAC (b) کوپلینگ HFAC

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم های مستقل و سیستم های متصل به شبکه یک سیستم انرژی تجدیدپذیر هایبرید می تواند از نوع مستقل یا متصل به شبکه (اگر کاربردپذیری شبکه فراهم باشد) باشد. برای یک کاربرد مستقل از شبکه، سیستم نیاز دارد که دارای ظرفیت ذخیره ی کافی برای اداره ی تغییرات توان باشد. یک سیستم از این نوع می تواند به عنوان یک میکرو- شبکه مطرح شود، که دارای منابع تولید و بارخودش است [64]. برای یک کاربرد متصل به شبکه، منابع انرژی تجدید پذیر در میکرو- شبکه می توانند توان برای بارهای محلی و تأسیسات شبکه را فراهم کنند. علاوه بر توان حقیقی، این منابع DG می توانند برای دادن توان راکتو و پشتیبانی ولتاژ برای تأسیسات شبکه استفاده شوند، که همانطور در فصل اول توضیح داده شد دارای مزایای زیادی برای شبکه و مصرف کننده است. ظرفیت تجهیزات ذخیره کننده برای این سیستم ها اگر آنها متصل به شبکه باشند می تواند کوچک تر باشد زیرا شبکه می تواند به عنوان سیستم پشتیبانی استفاده شود. بهر حال، هنگامی که متصل به یک شبکه می شود، عملکرد مهم منابع احیایی، مانند ولتاژ، فرکانس متناوب، هارمونیک، بر سیستم متحمل می

مزایا

معایب

DC	<ol style="list-style-type: none"> 1. سنکرون کردن نیاز نیست 2. مناسب برای انتقال فواصل طولانی؛ تلفات انتقال کمتری دارد 3. اتصال تک سیمه است 	<ol style="list-style-type: none"> 1. خوردگی مربوط به الکتروودها 2. اتصال غیراستاندارد نیازمند هزینه های زیادی در نصب و تعمیر و نگهداری است 3 اگر اینورتر DC/AC خارج از سرویس باشد؛ کل
PFA C	<ol style="list-style-type: none"> 1. قابلیت اطمینان بالا؛ اگر یکی از منابع انرژی خارج از سرویس باشد، به آسانی می تواند از سیستم ایزوله شود 2. آماده ی اتصال به شبکه 3. ساختار مدولار و واسطه ای استاندارد 	<ol style="list-style-type: none"> 1. نیاز به سنکرون سازی 2. نیاز به تصحیح ضریب توان و اعوجاج هارمونیک 3. نامناسب برای انتقال فواصل طولانی
HFA C	<ol style="list-style-type: none"> 1. هارمونیک های مرتبه بالا به راحتی فیلتر می شوند 2. مناسب برای کاربردهایی به همراه بارهای HFAC با بازده بهبود یافته 3. سازه ترانسفورماتورهای فرکانس بالا، فیلترهای هارمونیک، و سایر اجزا پسیو کوچک تر است 	<ol style="list-style-type: none"> 1. کنترل پیچیده 2. هزینه های مربوط به اجزا و تعمیر و نگهداری بالاتر ناشی از فرکانس بالا 3. وابسته به پیشرفت های آینده ی الکترونیک قدرت 4. ظرفیت خیلی محدود انتقال برای فواصل طولانی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

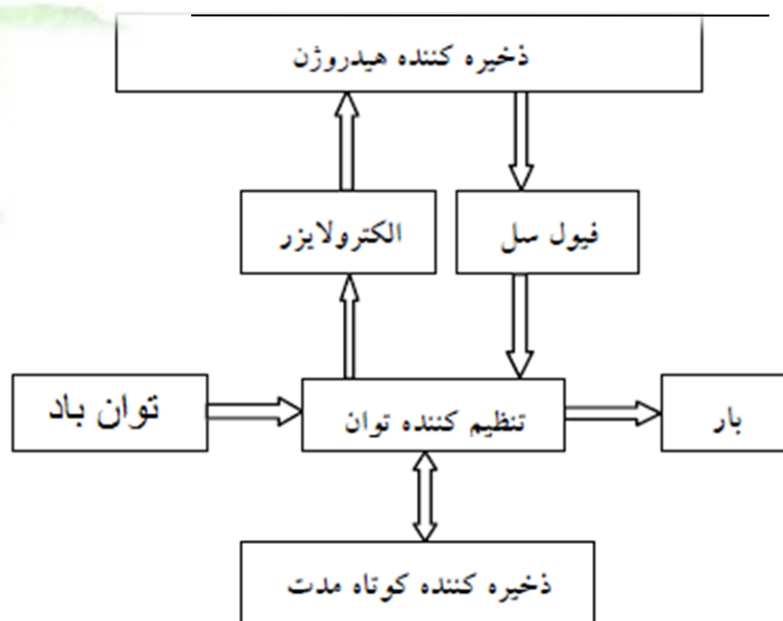
در سیستم ، توان تجدیدپذیر باد به عنوان منبع اولیه داده شده است ، در حالیکه ترکیب پیل سوختی/ الکترولایزر به عنوان سیستم ذخیره کننده و پشتیبانی استفاده شده است. این سیستم می تواند به عنوان یک سیستم تولید توان سبز کامل مطرح شود زیرا منبع انرژی اصلی و سیستم ذخیره کننده ، همگی دوستدار محیط زیست اند و کمترین آسیب را به محیط زیست را وارد می کنند ، و این سیستم می تواند متصل به شبکه یا مستقل باشد . هنگامی که تولید توان باد اضافی قابل دسترس وجود داشته باشد ، الکترولایزر به منظور تولید هیدروژن روشن می شود ، که این هیدروژن تولیدی به تانک ذخیره کننده ی هیدروژن تحویل داده می شود. هیدروژن می تواند در تانک ها بصورت فشرده یا به صورت ترکیبات فلزی ذخیره شود . . اگر تانک ذخیره کننده ی هیدروژن پر شد ، توان اضافی به بارهای dump تحویل داده می شود. هنگامی که یک کمبود در تولید توان وجود داشته باشد ، بسته ی پیل سوختی شروع خواهد کرد به تولید انرژی با استفاده از هیدروژن ذخیره شده در تانک های ذخیره کننده ی H_2 ، یا در مواردی که آنها خالی هستند از تانک های H_2 پشتیبانی . یک بانک خازنی برای تامین توان گذرا برای انتقالات سریع بار ، ریپل ها واسپایک ها در کاربردهای مستقل از شبکه استفاده می شود ، برای کاربردهای متصل به شبکه ، ابرخازنها در پیل سوختی برای برطرف کردن مشخصات بار استفاده میشوند . هنگام راه اندازی موتور یا هر تغییر ناگهانی ، ابرخازنها قدرت توازن توان اکتیو و راکتیو مورد نیاز بار را برعهده دارند [66] . بانک خازنی می تواند بیرون از سیستم با تاسیسات شبکه پنداشته شود تا در برابر توان های گذرا از آنها مراقبت بکند . منابع انرژی مختلف به باس AC ، 60 هرتز از طریق مدارات واسط الکترونیک قدرت مناسب متصل شوند . سیستم می تواند به آسانی توسعه پیدا کند .

فصل چهارم

مدل کردن اجزای سیستم انرژی تجدیدپذیر هایبرید

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در این فصل ساختار هایبریدی توربین باد (WT)، پیل سوختی (FC) و خازن با ظرفیت بالا (UC) و الکترولایزر برای تولید توان متمرکز پیشنهاد شده است. در ساختار انتخابی، توان خروجی توربین باد با تغییرات باد تغییر می کند، لذا سیستم FC به همراه بانک UC می بایست نیاز تامین توان درخواستی را برای اطمینان از عملکرد سیستم تحت تمام شرایط، تضمین نموده و پاسخگوی حالات مختلف عملکردی سیستم باشند. بر این اساس، مدل سازی دینامیکی اجزاء مختلف این سیستم در این فصل ارائه خواهد شد.



شکل 4.1 پیکربندی سیستم هایبرید پیشنهادی

سیستم تبدیل انرژی باد

مقدمه

در میان تکنولوژی های انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق، تکنولوژی انرژی باد کاملترین و نویددهنده ترین نوع است. استفاده از انرژی باد (WECS) به طور وسیع در کل جهان در حال رشد است. علاوه بر این، جنبه های اقتصادی تکنولوژی انرژی باد به قدر کافی برای توجیه استفاده از آنها در کاربرد های مستقل از شبکه نوید دهنده هستند، تا جاییکه به خوبی اتصال به شبکه عمل می کنند. هنگامیکه سرعت باد در یک منطقه به طور پیوسته تغییر میکند، انرژی قابل دسترس از باد نیز به طور پیوسته تغییر میکند، این موضوع ایجاب می کند که برای یک سیستم

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تبدیل انرژی باد که متاثر از تغییرات باد است ، مدل دینامیکی ایجاد کنیم . که این کار باعث می شود تا فهم بهتری از سیستم داشته باشیم [67] .

ماشین های القایی (معمولا نوع قفسه سنجابی آن) به دلیل محکم بودن و قیمت پایین آنها برای تولید توان بادی بیشتر استفاده می شوند. بهر حال ، این نوع ماشین ها بیشتر در کاربردهای متصل به شبکه استفاده می شوند چون به تحریک نیاز دارند . ماشین های القایی میتوانند در کاربردهای مستقلی که که تحریک کافی برای آنها فراهم است ، استفاده شوند که در این موارد خود تحریک هستند . فرآیندهای خود تحریکی فقط هنگامی می تواند رخ دهد که شار پسماند مغناطیسی وجود داشته باشد [68] .

ایجاد مدل دینامیکی

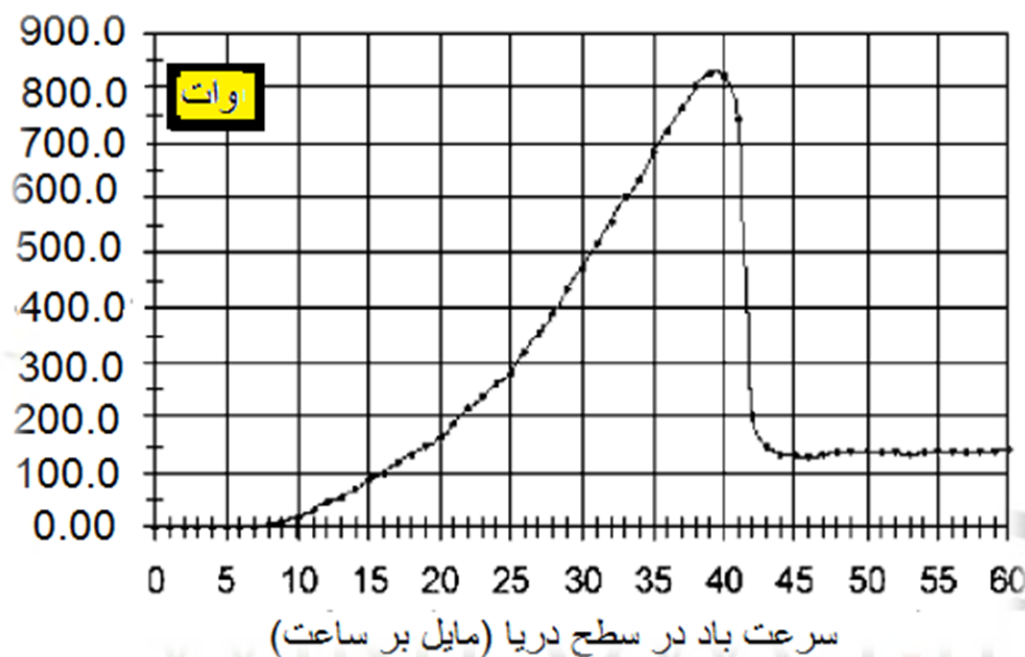
در این تحقیق از توربین باد Southwest Windpower AIR 403 با قطر 1/14 متر استفاده شده است . این توربین سرعت متغیر با آهنربای دائم بوده و توان 400 وات را در سرعت 12.5 m/s تولید می کند و از کنترل STALL برای کنترل توربین باد استفاده شده است . منحنی بدست آمده توسط سازنده توربین باد در شکل 4.2 نشان داده شده است [68] . این توربین باد کوچک قادر است تا توان ماکزیمم را در سرعت 40 مایل بر ساعت استخراج کند. بالای سرعت 40 مایل بر ساعت (17.9 m/s) توربین باد سریعا وارد حالت stall شده تا از سرعت بیش از اندازه جلوگیری کند .

منحنی توان توربین بادی غیرخطی است. این منحنی رقمی شده و جدول منتهجه برای شبیه سازی استفاده شده است (شکل 4.2) . دینامیک های توربین ناشی از اینرسی و عمل کنترل کننده بوسیله در نظر گرفتن پاسخ توربین باد بصورت پاسخ سیستم مرتبه 2 اضافه شده است [68] . لذا می توان ممان اینرسی (j) مرتبه 1 و مدل دینامیک مبتنی بر اصطکاک را برای توربین باد و مدل مرتبه 1 را برای ژنراتور آهنربای دائم در نظر گرفت . با استفاده از این رویکرد ساده ، دینامیک توربین باد بصورت زیر مدل شده است :

$$y(s)/x(s) = 0.25/(s^2+0.7s+0.25) \quad (4.1)$$

در اینجا ورودی $x(t)$ توان بدست آمده برای سرعت باد مشخص از منحنی توان است و خروجی $y(t)$ توان حقیقی توربین باد است [83] .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 4.2 منحنی توان AIR 403

پیل سوختی

مقدمه

سه نوع فیول سل و کاربردهای آن در فصل دوم مورد بحث قرار گرفت. به نام های PEMFC و SOFC و MCFC. فیول سل های PEMFC به وفور به عنوان منابع تولید پراکنده (DG) استفاده می شوند. در مقایسه با سایر تکنولوژی های DG مانند باد و فتوولتائیک (PV)، PEMFC ها مزیت هایی دارند که می توانند در هر مکانی از یک سیستم توزیع برای به دست آوردن عملکرد بهینه، بدون در نظر گرفتن محدودیت های جغرافیایی قرار بگیرند. وسایل نقلیه الکتریکی از دیگر کاربردهای اصلی PEMFC ها است. گرایش در حال افزایش به وسایل نقلیه ای که کمترین آلودگی را دارند، باعث شده که توجه عظیمی به سوی PEMFC ها جذب شود چون آنها اساساً هیچ آلودگی ای تولید نمی کنند و همچنین دارای چگالی توان بالا و راه اندازی سریع هستند [67].

PEMFC ها برای فراهم کردن توان قابل اطمینان در حالت ماندگار منابع انرژی خوبی هستند، اما آنها نمی توانند در برابر ناپایداری های بار الکتریکی با سرعت مطلوب از خود واکنش نشان دهند. این موضوع اساساً به دلیل واکنش های ترمودینامیکی و الکتروشیمیایی کند داخل آنهاست.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این مطالعه سیستم های PEMFC به انواع دیگر سیستم های پیل سوختی ترجیح داده می شود زیرا مشخص شده است که این سیستم ها برای کاربرد در سیستم های انرژی هایبرید مناسب می باشد. فیول سل های PEMFC که از هیدروژن استفاده می کنند، در حالت سکون یا پرتابل به صورت تجاری قابل دسترس هستند [67].

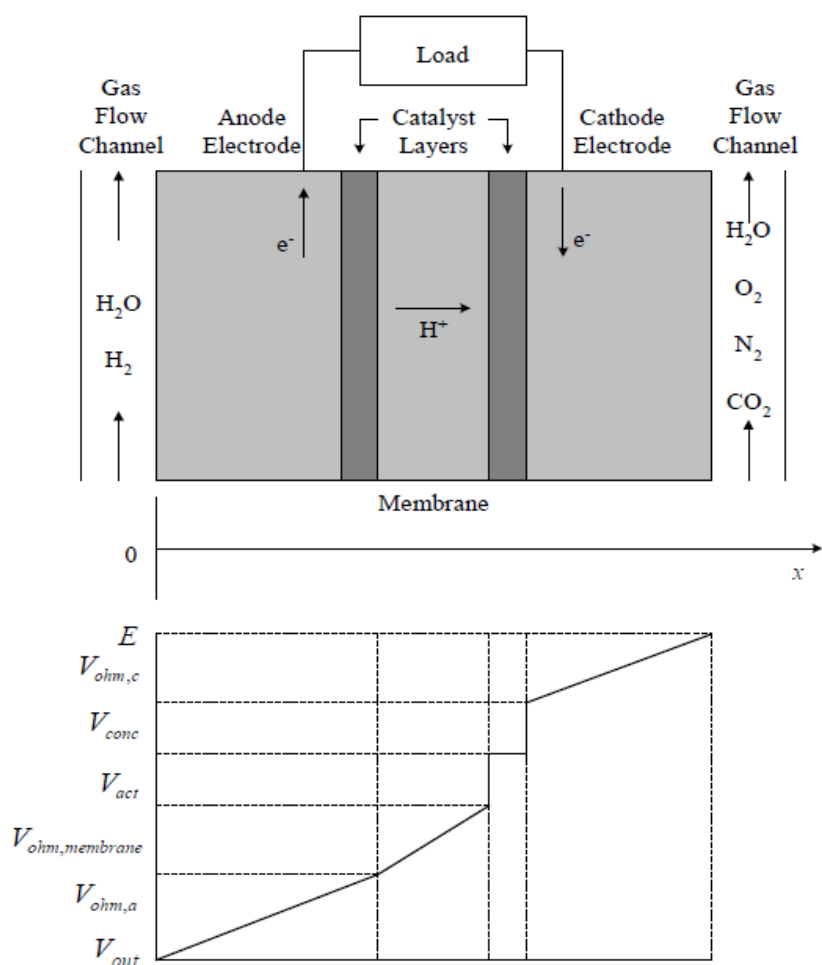
مدل دینامیکی

در این قسمت یک خط مشی ریاضیاتی برای ساختن یک مدل دینامیکی برای یک بسته ی پیل سوختی PEMFC موجود است. برای ساده سازی آنالیز، فرضیات زیر را در نظر می گیریم [67][77][78][79].

- 1) پیل سوختی رفتار تک بعدی دارد
- 2) گازها به طور یکنواخت توزیع شده اند و ایده آل هستند
- 3) گازهای جاری در کانال های پیل سوختی دارای فشار ثابت هستند
- 4) سوخت آن H₂ مرطوب شده و اکسیدان آن هوای مرطوب شده است. فرض می کنیم فشار بخار آب موثر آنند 50٪ فشار بخار اشباع است در حالیکه فشار آب موثر کاتد 100٪ است
- 5) پیل سوختی در دمای زیر 100 C° کار می کند و محصول واکنش مایع است
- 6) ویژگی های ترمودینامیکی در متوسط دمای بسته ارزیابی می شوند، و همچنین تغییرات دما در سرتاسر بسته صرفنظر می شود و ظرفیت گرمایی ویژه کل بسته فرض می شود که ثابت باشد
- 7) پارامترهای هر پیل را می توان با یکدیگر جمع کرد تا بسته پیل سوختی را ارائه کرد.

دیگرام شماتیک PEMFC و افت ولتاژ داخلی آن در شکل 2.1 نشان داده شده است.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 4.3 دیاگرام شماتیک پیل سوختی و افت ولتاژ سرتاسر آن

- همانگونه که از شکل 4.3 مشاهده می کنید سه نوع افت ولتاژ وجود دارد :
- افت ولتاژ فعال سازی : تلفات فعال سازی ناشی از انرژی اولیه ای است که برای شروع واکنش شیمیایی نیاز است.
 - افت ولتاژ اهمی : که شامل مقاومت غشاء پلیمری (مقاومت هدایت کننده بین غشاء و الکترودها) و مقاومت الکترودها می شود. در اینجا، فقط تلفات اهمی الکترولیت و اتصالات در نظر گرفته شده است و از مقاومت الکترودها چشم پوشی شده است.
 - افت ولتاژ اشباع (تراکمی) : در طول فرایندهای واکنشی ، افت حرارت تراکمی به دلیل پخش جرم از کانال های فلو به مکان های واکنشی (سطح کاتالیز) می تواند شکل بگیرد ، این نوع افت ولتاژ در طول فرآیند شیمیایی، بخاطر پدیده انتشار رخ می دهد. فشار جزئی هیدروژن و اکسیژن در محل واکنش کمتر از فشار آن ها در کانال الکترودهاست. از طرفی فشار جزئی آب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در محل واکنش بیشتر از کانال آند است. در چگالی جریان بالا انتقال کند واکنش کننده ها به مکان های واکنش و نیز انتقال کند محصولات از مکان های واکنشی دلیل اصلی برای افت ولتاژ غلظت هستند [80]. هر غشاء مایعی که سطح کاتالیز در آند و کاتد را پوشانده، می تواند عامل دیگری در این افت ولتاژ باشد [81].

چون افت ولتاژ غلظت (تراکمی) خیلی کم است، در این پایان نامه از آن صرف نظر می کنیم. تا کنون روش های متعددی برای مدل سازی رفتار پیل سوختی PEMFC استفاده شده است. در این پایان نامه از مدل پارامتری پیل سوختی PEMFC [70]، با استفاده از یک روش مکانیکی و تعدادی از پارامترهای گروهی مدل سازی شده، استفاده خواهد شد. پتانسیل استاندارد ایده آل (پتانسیل Nernst) یک پیل سوختی H_2/O_2 را با E_0 نشان داده و برابر $1/229$ ولت با تولید آب می باشد. پتانسیل واقعی سلول از پتانسیل مرجع آن کمتر است زیرا تلفات بازگشت ناپذیری در سیستم وجود دارد. همانطور که در معادله نرنست مشاهده شد، برای محاسبه ولتاژ خروجی پیل سوختی نیاز است فشار جزئی موثر H_2 و O_2 را محاسبه کنیم. پتانسیل ترمودینامیکی E از طریق معادله توسعه یافته Nernst به صورت زیر محاسبه می شود [71]:

(4.2)

$$E = 1.229 - 0.85 \times 10^{-3} (T - 298.15) + 4.3085 \times 10^{-5} \cdot T \cdot (\ln P_{H_2} + 0.5 \ln P_{O_2})$$

که :

P = فشار موثر در اتمسفر

T = دما در واحد کلوین

غلظت اکسیژن حل نشده در واسط گازی / مایع می تواند به وسیله عبارت قانون هنری به صورت زیر محاسبه شود:

$$C_{O_2} = \frac{P_{O_2}}{5.08 \times 10^6 \exp\left(-\frac{498}{T}\right)} \quad (4.3)$$

معادله پارامتری برای اضافه ولتاژ ناشی از فعالیت و مقاومت داخلی از طریق آنالیزهای تجربی برابر است با:

(4.4)

$$\eta_{act} = -0.9514 + 0.00312T - 0.000187T \ln(i) + 7.4 \times 10^{-5} T \ln(C_{O_2})$$

$$R_{int} = 0.01605 - 3.5 \times 10^{-5} T + 8 \times 10^{-5} i \quad (4.5)$$

که i برابر جریان در پیل سوختی است

و مقاومت فعالیت برابر است با (علامت منفی برای داشتن مقاومت با علامت مثبت لازم است) :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$R_a = -\eta_{act}/i \quad (4.6)$$

اثر ترکیبی ترمودینامیکی، نقل وانتقال جرم، انرژی جنبشی و مقاومت اهمی مقدار ولتاژ خروجی از پیل سوختی را تعیین می کنند که:

$$(4.7)$$

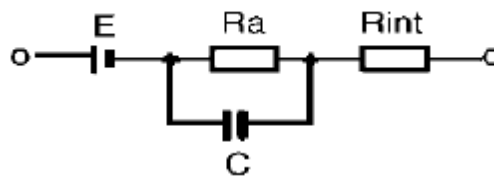
$$v = E - v_{act} + \eta_{ohmic}$$

مدل حالت پایدار پیل سوختی که در معادلات بالا به آن اشاره شد، نشان می دهد که جریان ممتد، دمای سلول، فشار هیدروژن و فشار اکسیژن بر مقدار ولتاژ خروجی سلول اثر گذار خواهد بود. دینامیک های پیل سوختی را می توان با اضافه کردن خازن C به مدل حالت پایدار مدل کرد [4.6]. معادله دیفرانسیل توصیف کننده ولتاژ پیل سوختی برابر است با:

$$dv_{act}/dt = i/c - \frac{v_{act}c}{R_a} \quad (4.8)$$

تلفات ولتاژ اهمی در پیل سوختی برابر است با :

$$\eta_{ohmic} = -iR_{int} \quad (4.9)$$



شکل 4.4 معادل مداری فیول سل

سیستم پیل سوختی در این مطالعه متشکل از 65 سلول است که به صورت سری به یکدیگر متصل شده اند. بنابراین ولتاژ کل بسته برابر خواهد بود با:

$$V_{stack} = 65V_{cell} \quad (4.10)$$

مقدار هیدروژن و اکسیژن مصرفی در پیل سوختی به نرخ های جریان ورودی و خروجی و جریان کشیده شده از آن، و همچنین به حجم الکترودها بستگی دارد. اگر نرخ های جریان ورودی و خروجی (mol/s) معلوم باشند، آنگاه فشار گاز داخل humidifier پیل سوختی را می توان با استفاده از اصل حفاظت مول محاسبه کرد. برای آند پیل سوختی می توان نوشت [73]:

$$\frac{V_a}{RT} \frac{dP_{H2}}{dt} = \dot{m}_{H2} - (\rho_{H2} UA)_{out} - i/2F \quad (4.11)$$

که \dot{m} نرخ جریان مولی به سمت humidifier است، V_a حجم آند بر حسب لیتر، R ثابت گاز (0.0821 latm/mol K)، T دمای پیل سوختی (K)، ρ چگالی مولی، U

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سرعت سوخت، A مساحت جریان کانال و F ثابت فارادی ($c = 96500$) است. بطور مشابه معادله کاتد عبارت است از [73]:

$$\frac{V_c}{RT} \frac{dP_{O_2}}{dt} = \dot{m}_{O_2} - (\rho_{O_2} UA)_{out} - i / 4F \quad (4.12)$$

که V_c حجم کاتد برحسب لیتر است. هر دو حجم آند و کاتد 21 فرض شده است. تعادل انرژی گرمایی در بسته پیل سوختی را می توان به فرم زیر بیان کرد [73]:

$$\text{تولید گرمای داخلی} = \text{تلفات گرمای پیرامون} + \text{انرژی ذخیره شده} \quad (4.13)$$

گرمایی

جریان پیل سوختی و مقاومت داخلی را می توان برای محاسبه تلفات گرمای داخلی استفاده کرد:

$$\text{گرمای داخلی تولید شده} = \quad (4.14)$$

$$i^2 (R_a + R_{int}) \cdot 65$$

ضریب 65 تعداد پیل های سوختی سری است. انرژی گرمایی ذخیره شده در پیل سوختی بصورت زیر تعیین می شود:

$$\text{انرژی گرمایی ذخیره شده} = \quad (4.15)$$

$$C_t \cdot dT/dt$$

که C_t ظرفیت گرمایی پیل سوختی است ($10000 \text{ J}/^\circ\text{C}$ فرض شده است) و T دمای پیل سوختی است.

$$\text{تلفات گرمایی پیرامون} = \quad (4.16)$$

$$(T - T_a) / R_t$$

از جایگزینی معادلات 14-16 در معادله 13 داریم:

$$(4.17)$$

$$dT/dt = 65 \cdot i^2 (R_a + R_{int}) / C_t - (T - T_a) / R_t$$

دمای محیط (T_a)، 25 درجه سانتیگراد فرض شده و $R_t = 0/04^\circ\text{C}/\text{w}$ است. معادلات 17-

2 رفتار دینامیک پیل سوختی را تشریح می کنند [83].

مدل الکترو لایزر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مفاهیم بنیادی عملکرد الکترولیزر در فصل 2 توضیح داده شد. از منظر مدار الکتریکی، یک الکترولیزر می تواند به عنوان یک بار DC غیرخطی حساس به ولتاژ مطرح شود. برای یک الکترولیزر معین، در داخل رنج دسته بندی اش، برای جریان بار بزرگتر، ولتاژ بالا تری به کار برده می شود. این یعنی اینکه با بکار بردن ولتاژ DC بالاتر، ما می توانیم تولید H_2 بیشتری داشته باشیم. البته، توان الکتریکی بیشتری در همان زمان مصرف می شود. تجزیه آب به هیدروژن و اکسیژن می تواند با استفاده از عبور جریان الکتریکی از میان دو الکتروود که به وسیله یک الکترولیت آبی جدا شده اند حاصل شود [74]. کل فرآیند الکترولیزر به صورت زیر است:



یک الکترولیزر آب متشکل از چندین سلول الکترولیزر است که به صورت سری به یکدیگر متصل شده اند. با توجه به قانون فارادی، نرخ تولید هیدروژن در یک سلول الکترولیزر به طور مستقیم متناسب با نرخ انتقال الکترون ها در الکترودهاست که در واقع برابر جریان الکتریکی در مدار است.

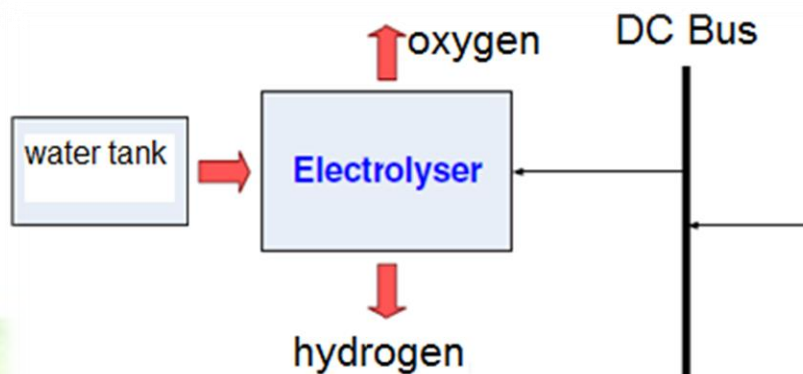
$$n_{H_2} = \eta_F n_c i_e / 2F \quad (\text{mol/s}) \quad (4.19)$$

که i_e برابر جریان الکترولیزر، n_c برابر تعداد سلول های سری الکترولیزر و η_F برابر راندمان فارادی می باشد. راندمان فارادی، نسبت میان ماکزیمم هیدروژن تولیدی عملی به تئوری در الکترولیزر است. با فرض این که الکترولیزر در دمای 40 درجه سلسیوس کار می کند، راندمان فارادی (به درصد) برابر است با:

$$\eta_F = 96.5 \exp(0.09/i_e - 75.5/i_e^2) \quad (4.20)$$

دو معادله بالا یک مدل ساده از الکترولیزر با فرض این که الکترولیزر دارای یک سیستم خنک کننده مستقل برای نگهداری دما در 40 درجه سلسیوس است، می باشند. از معادله ی بالا نتیجه میگیریم که بازده جریان (η_F) افزایش خواهد یافت هنگامیکه چگالی جریان بیشتر شود، زیرا درصد جریان نشتی کل جریان کاهش پیدا میکند. بهرحال، نرخ تولید هیدروژن واقعی همیشه کمتر از مقدار ماکزیمم نظری بالاست؛ به دلیل تلفات جریان نشتی. دمای عملیاتی یک بسته ی الکترولیزر به طور قابل توجهی در کارایی اش تاثیر دارد. بهرحال، در نواحی چگالی جریان بالا، تاثیر دما بر روی بازده جریان کم است و می توان از آن چشم پوشی کرد. از این رو، در این مطالعه، η_F به عنوان تابعی فقط از چگالی جریان مطرح می شود [83].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 405 طرح شماتیک یک الکترولایزر

مدل خازن با ظرفیت بالا

یک خازن با ظرفیت بالا یک ابزار ذخیره ساز انرژی با ساختاری مشابه باطری است. این خازن دارای دو الکتروود غوطه ور در الکتروولیت است که توسط یک جداکننده از هم جدا شده اند. الکتروودها از یک ماده با سطح مقطع بسیار متخلخل ساخته می شوند. سطح مقطع الکتروودهای مورد استفاده در این خازن ها برابر $500 - 2000 \text{ m}^2/\text{g}$ [74] است که بزرگتر از سطح مقطع الکتروودهای مورد استفاده در باطری هاست. شارژ این ابر خازن ها توسط پیل سوختی و هنگامیکه بار از مقدار توان پیل سوختی کمتر است تامین می شود [68]. خازن های با ظرفیت بالا در جاهایی که نیاز به توان بالا در یک فاصله زمانی کوتاه دارند استفاده می شوند [82]. این خازن ها ابزارهای ولتاژ پایین محسوب می شوند. معمولا ولتاژ آن ها در حدود $2/5$ ولت می باشد. اما ظرفیت خازن های با ظرفیت بالای در دسترس از 10 تا 2700 فاراد تغییر می کند. ماژول های با ظرفیت بالا و ولتاژ بالاتر را می توان با سری کردن بانک های خازنی بزرگ بوجود آورد. در سیستم تحت مطالعه، یک ماژول خازنی 435 فارادی و 14 ولتی از شرکت ماکسول انتخاب شده است. برای دسترسی به ولتاژ مورد نظر در خروجی پیل سوختی، 4 ماژول از این دست باید به طور سری به یکدیگر متصل شوند. برای اهداف شبیه سازی، جریان نشتی بانک خازنی ثابت فرض می شود. از جریان مورد نیاز فن خنک کننده بانک خازنی در اینجا صرف نظر می گردد. لذا می توان خازن با ظرفیت بالا را به وسیله یک خازن سری با یک مقاومت شبیه سازی کرد. 4 ماژول خازنی با ظرفیت بالا که به صورت سری به یکدیگر متصل شده اند، در مجموع ظرفیتی برابر $108/75$ فاراد و مقاومت سری برابر 16 میلی اهم دارد. ماژول خازنی با این ویژگی ها به صورت موازی با پیل سوختی کار می کند

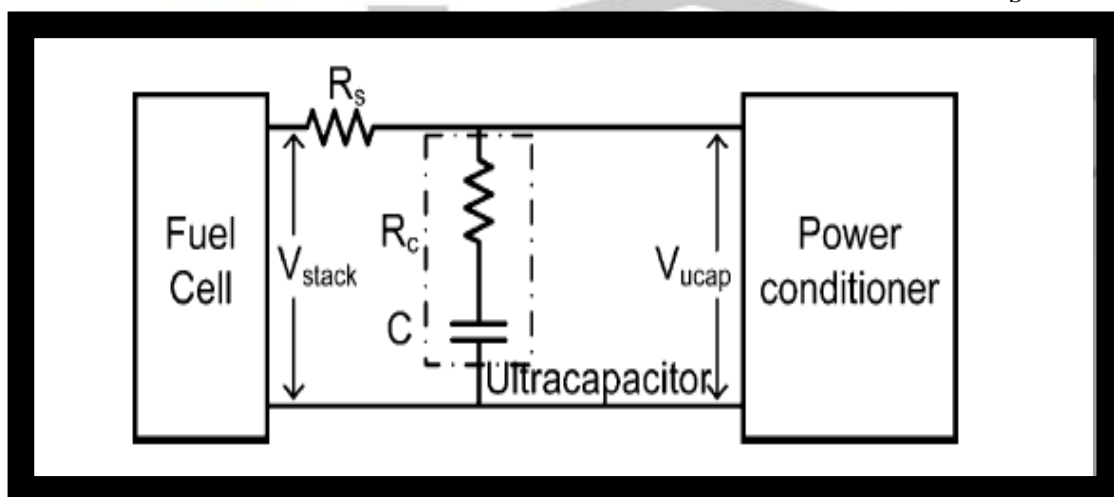
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تا نوسانات ولتاژ را که بر اثر تغییرات ناگهانی بار شکل می گیرد را کاهش دهد (شکل 4.6). هنگامی که توان پیل سوختی بزرگتر یا کوچکتر از تقاضای بار شود، خازن برای ثابت نگه داشتن ولتاژ در ورودی واحدهای تبدیل توان استفاده می شود. [68]

خازن با ظرفیت بالا به صورت یک فیلتر پایین گذر با تابع انتقال زیر مدل شده است:

$$\frac{V_{ucap}}{V_{stack}} = \frac{s+1/R_c C}{s(1+R_s/R_c)+1/R_c C} \quad (4.21)$$

که در اینجا $C=108.75F$ ، مقاومت سری $R_c=16m\Omega$ و مقاومت هرزگرد $R_s=0.01\Omega$ است.



شکل 4.6 ابرخازن موازی با پیل سوختی

مدل مبدل توان

سیستم انرژی هایبرید برای استفاده مجزا از شبکه طراحی می شود و ماژول مبدل دو مرحله ای برای تنظیم ولتاژ و فرکانس خروجی در مقدار استاندارد مورد نظر قرار می گیرد. مرحله اول شامل مبدل بالابرنده (Boost Converter) است که مقدار DC متغیر از پیل سوختی را (در وضعیت موازی شده با بانک خازنی با ظرفیت بالا) به مقدار ولتاژ DC ثابت بالاتری تبدیل می کند. به علت آنکه برای مبدل بوست، ترانسفورماتور استفاده نمی شود، امکان جداسازی الکتریکی ولتاژ ورودی از ولتاژ خروجی مهیا نیست [69]. در اینجا این مبدل توسط یک کنترلر PID کنترل می شود تا ولتاژ در باس ولتاژ بالا در مقدار 200 ولت ثابت باقی بماند. این مسئله با تنظیم نسبت وظیفه (Duty Ratio)، D، که از رابطه 4.22 به دست می آید، قابل دسترسی است [76].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\frac{V_{\text{boost}}}{V_{\text{ucap}}} = \frac{1}{1-D} \quad (4.22)$$

از آنجا که طرح پیشنهادی، یک سیستم مجزا از شبکه است، یک اینورتر در وضعیت کنترل ولتاژ مورد نظر قرار می گیرد، برخلاف روش کنترل جریان، که معمولا به اینورترهای متصل به شبکه اعمال می گردد. از اینورتر PWM منبع ولتاژ تک فاز (VSI) برای کار در کنترلر PID استفاده می شود که ماژول را برای دسترسی به ولتاژ 120 ولت و 60 هرتز تنظیم می کند. فرکانس موج حامل مثلی برابر 8 کیلوهرتز می باشد [75].

کنترلرها

مقدمه

در این پایان نامه برای کنترل سیستم (شکل) از کنترلرهای PID استفاده شده است، این دسته از کنترلرها به دلایل زیر حدود 70-80٪ کنترلرهای صنعتی را شامل شده اند:

- مقاوم بودن در برابر اغتشاشات
- طراحی و ساخت نسبتا ساده
- تنظیم ساده و سریع K_p, K_d, K_i به صورت تئوری
- تنظیم ساده و سریع K_p, K_d, K_i به صورت عملی

هدف کنترلر نگهداشتن مقدار خروجی، نزدیک به ورودی مرجع است. اگر قصد داشته باشیم که خروجی را فقط به یک گین ساده کنترل کنیم نیاز به یک گین بالا برای کم کردن خطا داریم. یک گین بالا می تواند یک سیستم درجه سه ی ناپایدار بوجود آورد. برای رسیدن به یک حالت قابل قبول باید گین رادر یک مقدار کم گذاشت، که این عمل موجب می شود که یک خطای حالت دائم غیرقابل قبول ایجاد شود. پاسخ حالت دائم را می توان به وسیله ی یک ترم انتگرالگیر و سرعت آن را با یک ترم مشتقگیر تقویت کرد. پس یک کنترلر PID، انتخابی خوب برای کاهش و حذف خطای ماندگار و افزایش سرعت سیستم و همچنین مقاوم در برابر اختلالات است. تابع انتقال کلی یک کنترلر PID به صورت زیر نوشته می شود:

$$G_r(s) = K_p \left(s + T_d s^2 + \frac{1}{T_i} \right) / s \quad (4.23)$$

که:

$$k_i = K_p / T_i \quad \text{و} \quad K_d = T_d \cdot K_p$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از کنترلرهای نوع PID در پیل سوختی ، مبدل تقویت کننده و اینورتر استفاده شده است [84]

انتخاب پارامترهای کنترلر

روش های مختلفی برای تنظیم کردن یک کنترلر PID میتوان یافت . از معروف ترین این روش ها می توان از روش زیگلر- نیکولز نام برد . ما در اینجا از روش تکامل یافته ی زیگلر - نیکولز برای تنظیم کردن کنترلر استفاده می کنیم . در این روش ابتدا در کنترلر سیستم فقط ترم تناسبی را فعال کرده و آن را تا مرز ناپایداری سیستم زیاد می کنیم تا سیستم به نوسان دائمی برسد . در این حالت گین را K_u نامیده و دوره ی آن را T_u می نامیم . با این دو مقدار می توانیم سایر پارامترهای PID را محاسبه کنیم :

$$K_p = 0.2 \times K_u \quad (4.24)$$

$$T_i = 0.8 \times T_u \quad (4.25)$$

$$T_d = 0.2 \times T_u \quad (4.26)$$

کنترلر پیل سوختی

کنترلر پیل سوختی وظیفه کنترل ولتاژ پیل سوختی را با تغییر میزان ورود هیدروژن و اکسیژن برعهده دارد . هر کنترلر هنگامی فعال می شود که ولتاژ بسته پیل سوختی از 48 ولت (V_{ref}) کمتر شود. محدودکننده ها در خروجی هر کنترلر برای محدود کردن فشار گاز در پیل سوختی استفاده می شوند. برای تعیین پارامترهای حلقه باز سیستم کنترلی PID از روش Zigler-Nichols استفاده شده است . پارامترهای مناسب برای کنترلر در جدول 4.1 ارائه شده اند [84]

جدول 4.1 پارامترهای کنترلر

کنترلر	K_p	T_i	T_d
کنترلر جریان H_2	5	0.5	0
کنترلر جریان O_2	2.17	0.5	0

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کنترلر توان

در ابتدای کنترلر توان بار با توان باد با هم مقایسه می شوند . هنگامی که توان باد از توان فیول سل بیشتر است، مشکلی جهت تامین بار نداریم و جریان اضافی به سمت الکترو لایزر جهت تامین ذخیره هیدروژن تانک می رود ولی هنگامی که توان فتو ولتایک از توان فیول سل کمتر شود است باید فیول سل وارد مدار شود . وظیفه ی این کنترلر، کنترل گردش توان در سیستم است . در این کنترلر از PID استفاده نشده است ، بلکه از یک سویچ و یک مقدار ثابت که Set point ما است ، استفاده شده است .



کنترلر مدارات واسط (مبدل توان)

کنترلر در مبدل تقویت کننده وظیفه حفظ ولتاژ خروجی مبدل در مقدار 200 ولت DC را دارد. که از یک کنترلر PID استفاده شده است که پارامترهای آن در جدول آمده است [84] :

جدول 4.2 پارامترهای کنترلرها

کنترلر	K_p	T_i	T_d
کنترلر BOOST	5	2	0
اینورتر	0.05	0.015	0

اینورتر هم برای نگهداری ولتاژ در مقدار 120 ولت و 60 هرتز AC بوسیله PWM کنترل می شود . در اینورتر هم از یک کنترلر PID استفاده شده است . که پارامترهای آن در جدول 4.2 آمده است .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

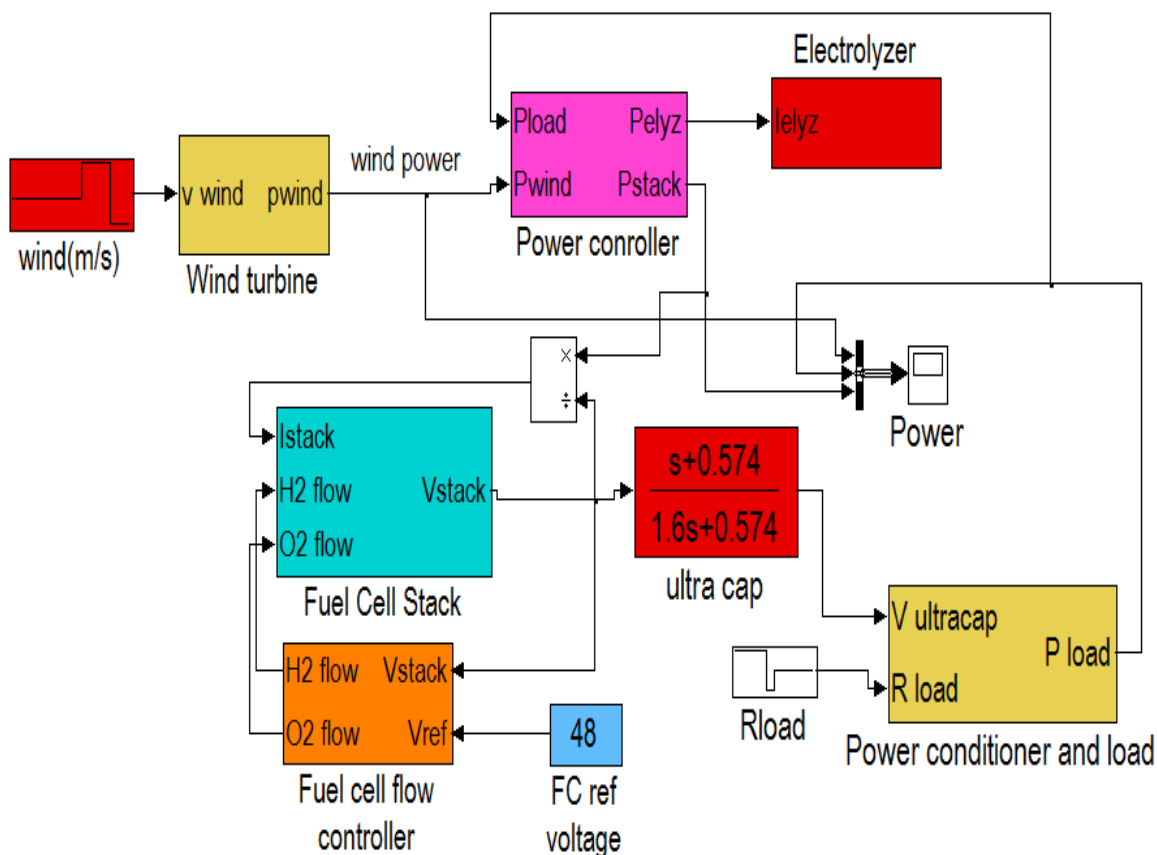
فصل پنجم

شبیه سازی و نتایج آن

شبیه سازی

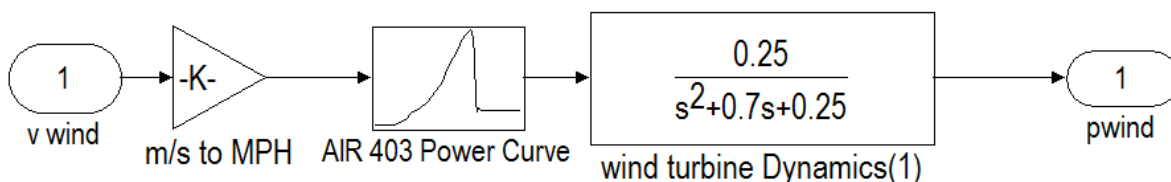
مدل ریاضی سیستم شرح داده شده در فصل چهارم ، در محیط SIMULINK در نرم افزار MATLAB شبیه سازی شده است . شکل 5.1 بلوک دیاگرام شبیه سازی در SIMULINK را نشان می دهد . این بلوک دیاگرام مشتمل بر 7 زیر سیستم اصلی است: توربین باد، بسته پیل سوختی ، کنترلر جریان هیدروژن و اکسیژن ، کنترلر توان ، الکترو لایزر، بانک خازنی با ظرفیت بالا و واحد مبدل توان. هر یک از زیر سیستم ها شامل بلوک های مختلفی هستند که در حقیقت نمایش معادلات ریاضی بیان شده می باشند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل 5.1 مدل سیستم باد- پیل سوختی توسعه داده شده در SIMULINK

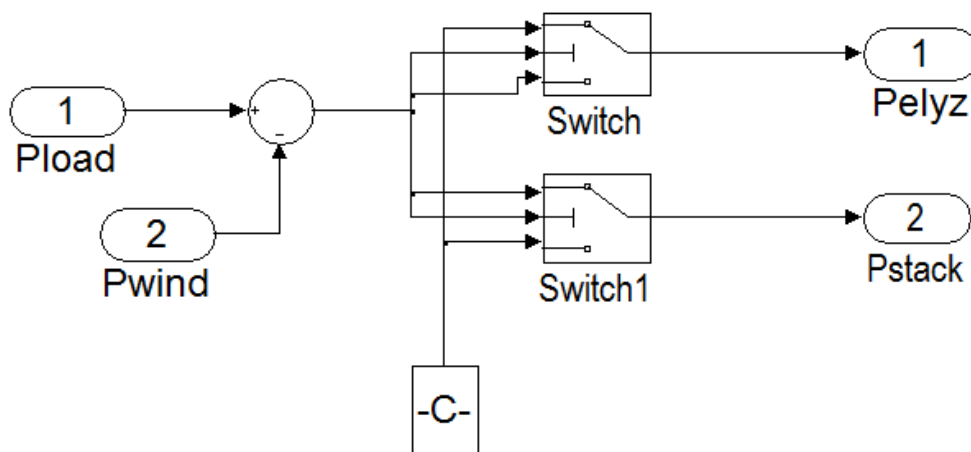
در این میان زیر سیستم توربین باد سرعت باد را بعنوان ورودی در نظر گرفته و از اطلاعات منحنی توان شکل 4.1 با اتصال به معادله 4.1 برای محاسبه دامنه دینامیک توان باد استفاده شده است. شکل 5.2 این مدل شبیه سازی شده را نشان می دهد.



شکل 5.2 مدل سیستم باد در SIMULINK

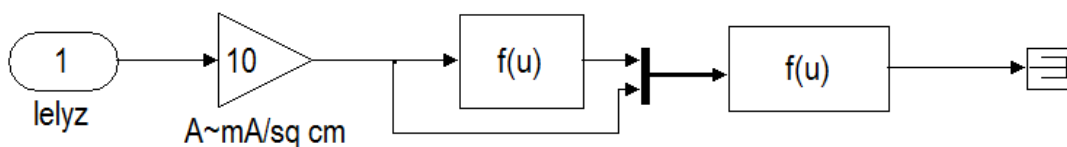
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

زیر سیستم کنترل کننده توان، مقایسه‌ی توان باد موجود با بار لازم را انجام می‌دهد و انرژی اضافی را به الکتروایزر برای تولید هیدروژن می‌فرستد. شکل 5.3 این زیر سیستم را نشان می‌دهد.



شکل 5.3 مدل سیستم کنترل کننده توان در SIMULINK

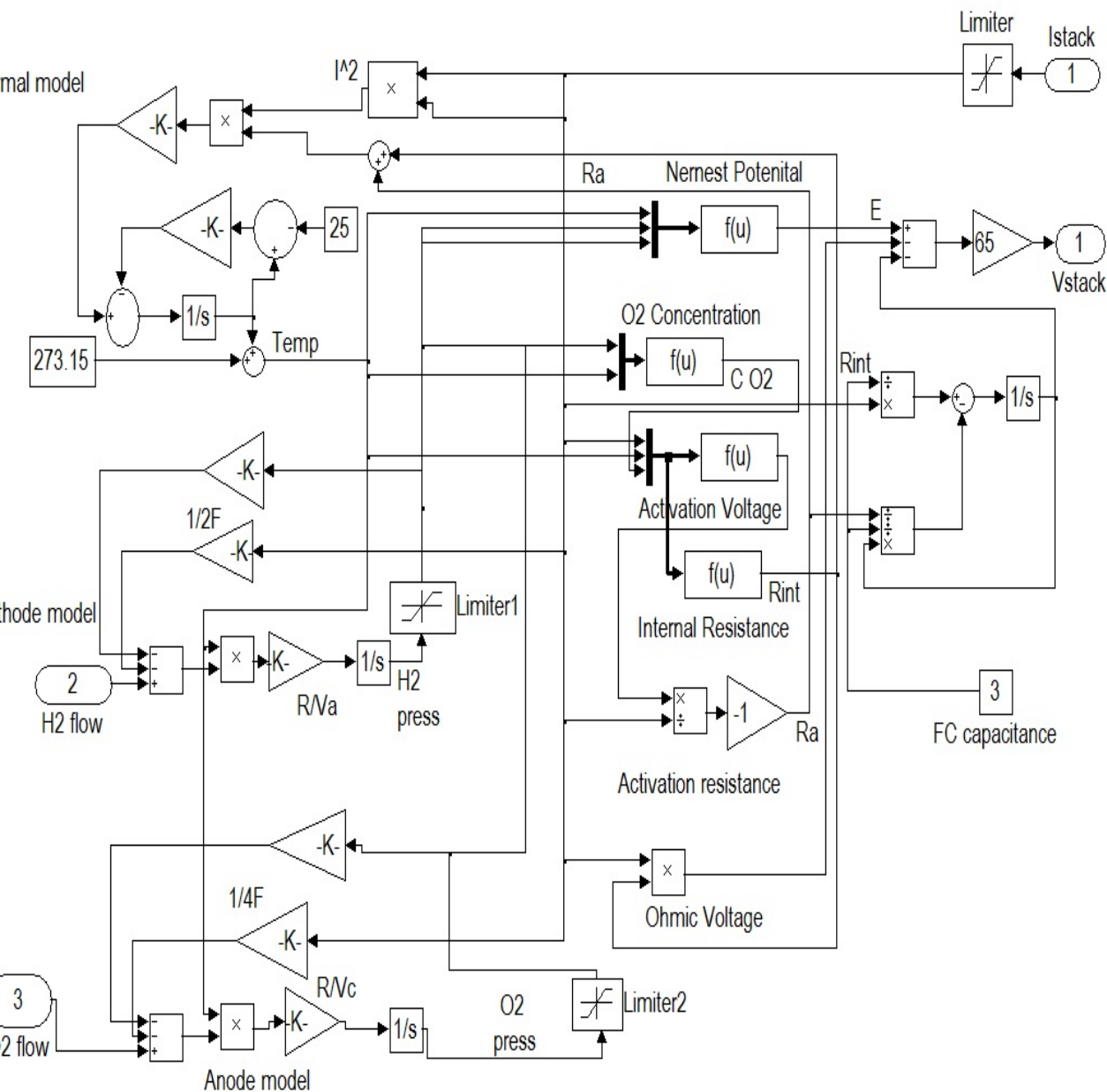
زیر سیستم الکتروایزر از معادلات 4.19 و 4.20 برای مدل کردن بخش تولید هیدروژن استفاده کرده است. شکل 5.4 این زیر سیستم را نشان می‌دهد.



شکل 5.4 مدل سیستم الکتروایزر در SIMULINK

زیر سیستم بسته پیل سوختی جریان هیدروژن و اکسیژن را بعنوان ورودی می‌گیرد و ولتاژ بسته را بعنوان پارامتر خروجی می‌دهد. از معادلات 4.2 تا 4.17 در این بلوک استفاده شده است. شکل 5.5 این زیر سیستم را نشان می‌دهد.

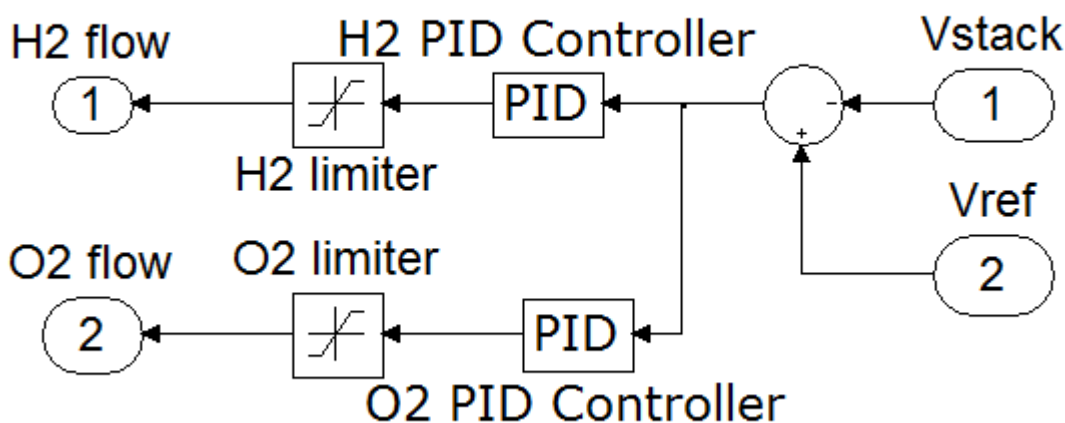
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل 5.5 مدل سیستم پیل سوختی در SIMULINK

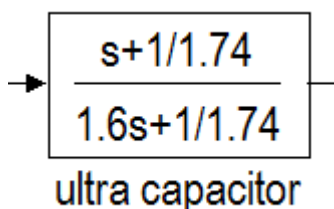
زیر سیستم "کنترلر جریان پیل سوختی" از دو کنترلر PID برای تنظیم جریان واکنش دهنده‌ها برحسب ولتاژ خروجی بسته استفاده کرده است .

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 5.4 مدل سیستم کنترلر جریان پیل سوختی در SIMULINK

همچنین خازن با ظرفیت بالا که با معادله 4.21 شرح داده شد در بلوک خازن ultra-cap بکار رفته است .



شکل 5.5 بلوک خازن در شبیه سازی

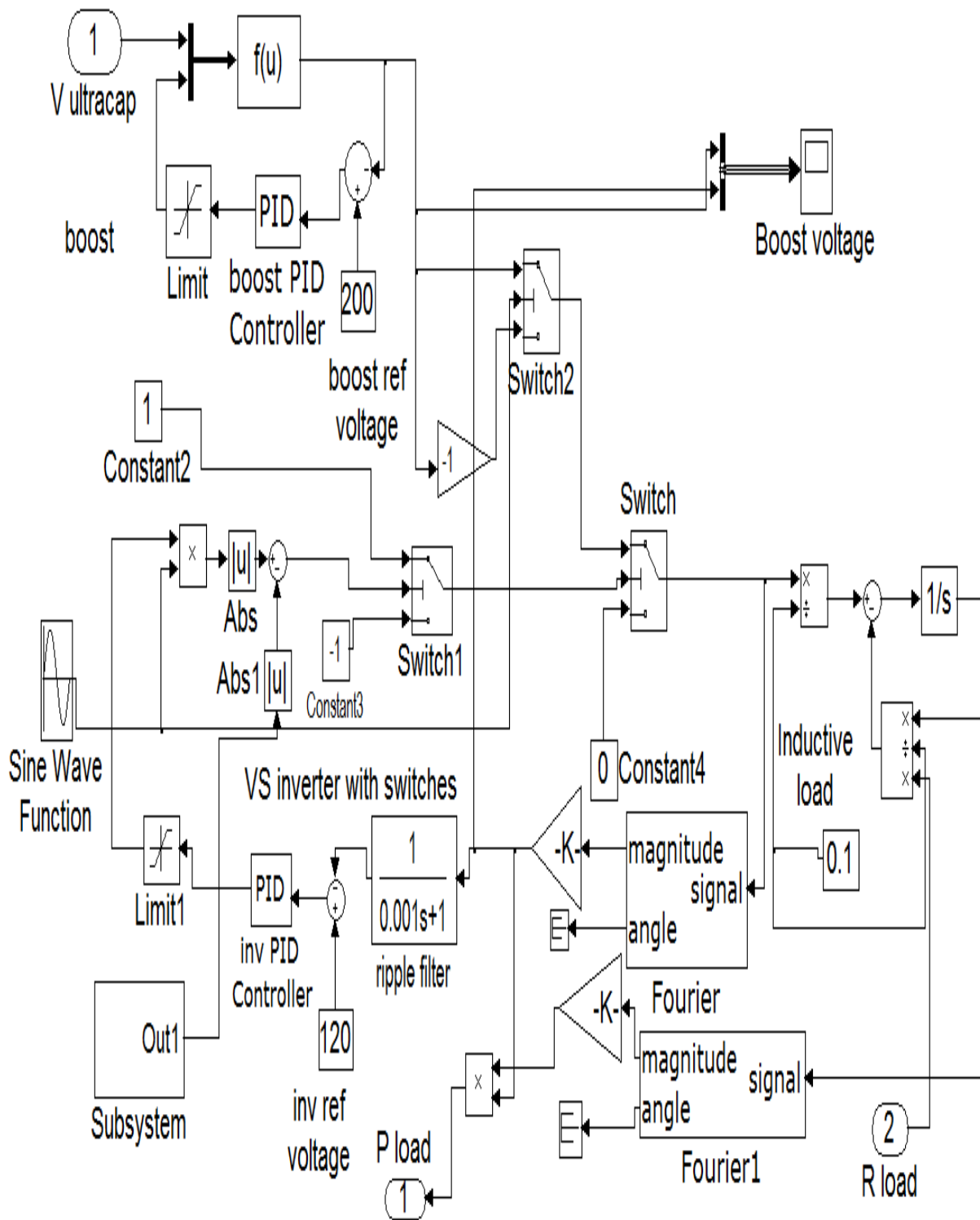
زیر سیستم تنظیم گر توان از دو طبقه تشکیل شده است. در طبقه اول ولتاژ خازن با ظرفیت بالا بوسیله مبدل بالا برنده افزایش می یابد (معادله 4.22) و از کنترلر PID برای تنظیم قسمت ولتاژ بالا در 200 ولت DC استفاده می شود. دومین طبقه از یک PWM VSI ساخته شده است. اینورتر از سوئیچ های ایده آل تشکیل شده است . کنترلر PID شاخص مدولاسین را بمنظور ثابت نگه داشتن ولتاژ خروجی در 120 ولت و 60 هرتز اصلاح می کند. بار القایی 100 mH و بار مقاومتی متغییر در خروجی اینورتر به کار می رود. بلوک های تبدیل فوریه برای محاسبه دامنه ولتاژ و جریان پایه بکار می روند . از سیگنال ولتاژ بعنوان پارامتر فیدبک استفاده می شود . مجموع توان بار نیز

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای استفاده در " کنترلر جریان توان " محاسبه می شود . شکل 5.6 این زیر سیستم را نشان می دهد .



برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



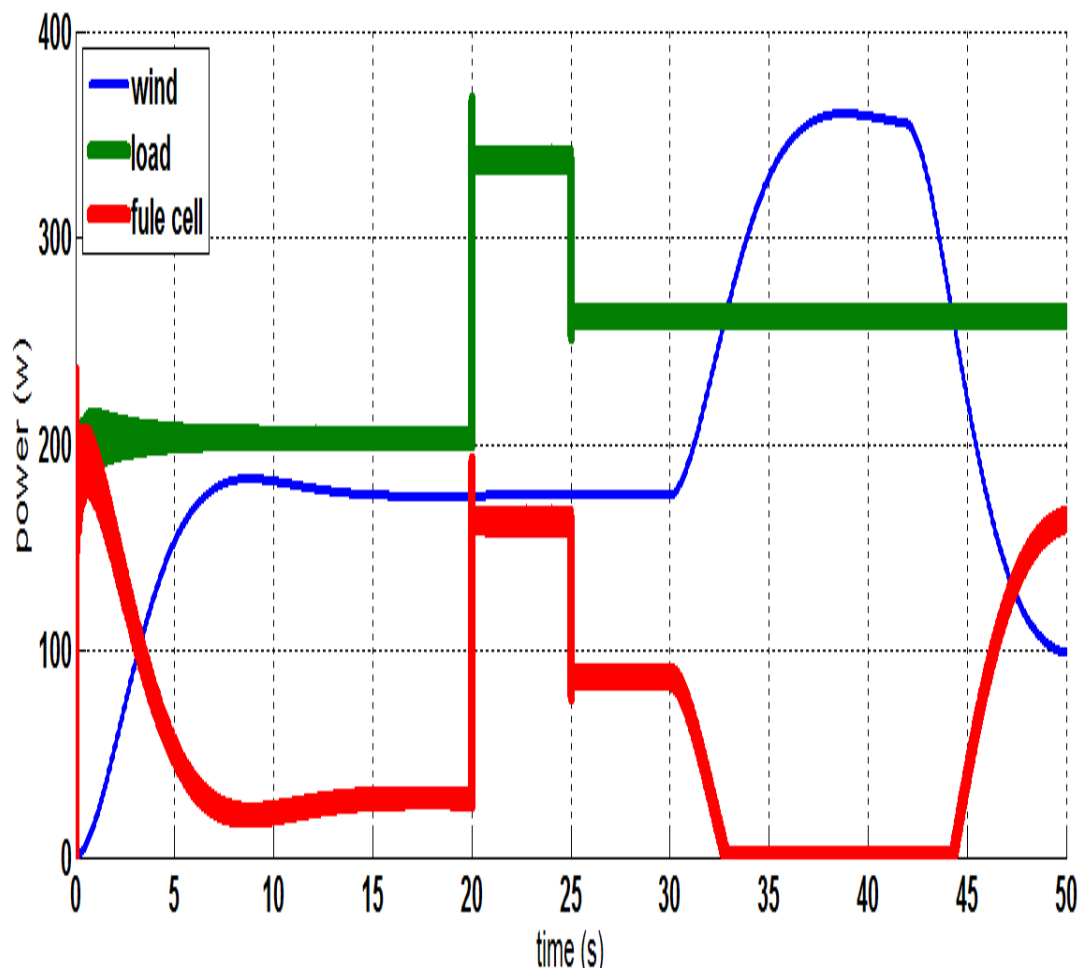
برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل 5.6 مدل سیستم تنظیم گر توان در SIMULINK

نتایج شبیه سازی

نتایج شبیه سازی با تغییرات پله ای در بار مقاومتی و سرعت باد آنالیز و در شکل های 5.7 و 5.8 و 5.9 نشان داده شده اند. حالت گذرای راه اندازی $0 - 10 \text{ ms}$ را می توان بمنظور مشاهده اثر تغییرات نادیده گرفت. تغییرات سرعت باد در $t = 30 \text{ s}$ از 9 به 12 m/s و برگشت به 7 m/s در $t = 42 \text{ s}$ است. تغییرات مقاومت بار در $t = 20 \text{ s}$ از 60 به 20 اهم و در $t = 25 \text{ s}$ از 20 به 40 است. این گام های ورودی باعث تغییرات در توان موجود و مصرف بار می شوند. با تغییر در مقاومت بار، تقاضای توان از 200 w به 330 w (در $t = 20 \text{ s}$) و از 330 w به 260 w (در $t = 25 \text{ s}$) همانطور که در شکل 5.7 نشان داده شده است تغییر می کند. همانطور که در شکل 5.7 مشاهده می شود، توربین باد و بسته پیل سوختی مشترکا این نیاز بار را تقسیم می کنند. با سطح اندک توان باد موجود ($\sim 165 \text{ w}$ در طول $t < 30 \text{ s}$) بسته پیل سوختی توان لازم را فراهم می کند. اگرچه که با افزایش سرعت باد، توان گرفته شده افزایش می یابد و سهم پیل سوختی کاهش می یابد. هر توان اضافی در طول این مرحله به الکترو لایزر وارد می شود. بطور مشابه با تغییر ناگهانی سرعت باد در $t = 42 \text{ s}$ سهم پیل سوختی شروع به افزایش می کند.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



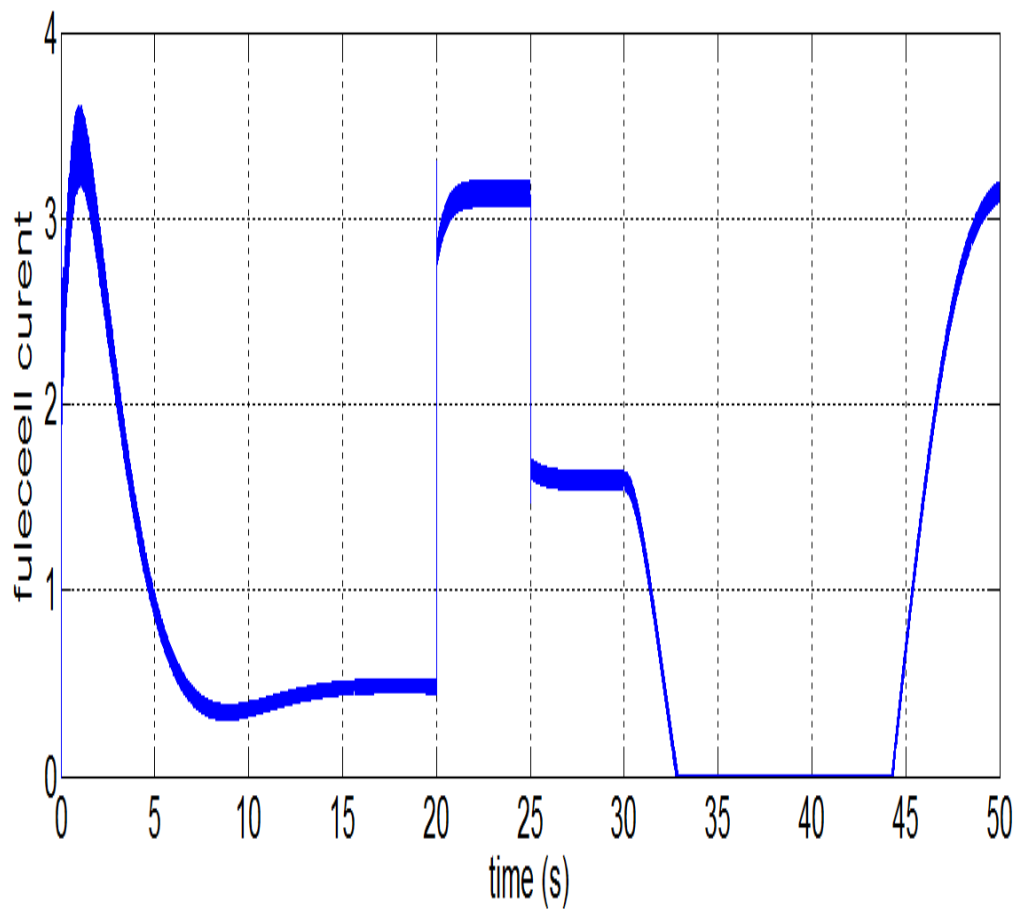
شکل 5.7 تغییرات توان باد، پیل سوختی و بار

تغییرات جریان بسته در $t=20s$ و $t=25s$ ناشی از تغییر در تقاضای بار است، بطوریکه سهم توربین باد محدود و ثابت است. در $t=30s$ و $t=42s$ تغییرات در جریان پیل سوختی ناشی از تغییرات در تقاضای توان کشیده شده از پیل سوختی با تغییر میزان انرژی باد موجود است (شکل 5.8).

چنین تغییراتی در جریان پیل سوختی باعث می شود تا ولتاژ حلقه بسته بطور عمده تغییر کند (شکل 5.9). بطور کلی سطح بالاتر جریان دلالت بر ولتاژ پایین تر بسته دارد و برعکس. استفاده از خازن با ظرفیت بالا بموازات پیل سوختی (شکل 5.11) تغییرات خروجی بسته را کاهش می دهد. اگرچه که این تغییرات ناگهانی ولتاژ را تا حدی رفع کرده اما به به پایداری کامل نمی توان دست یافت. با تغییر ولتاژ خازن با ظرفیت بالا، واحد کانورتر توان ولتاژ بار را تنظیم می کند. کنترلر

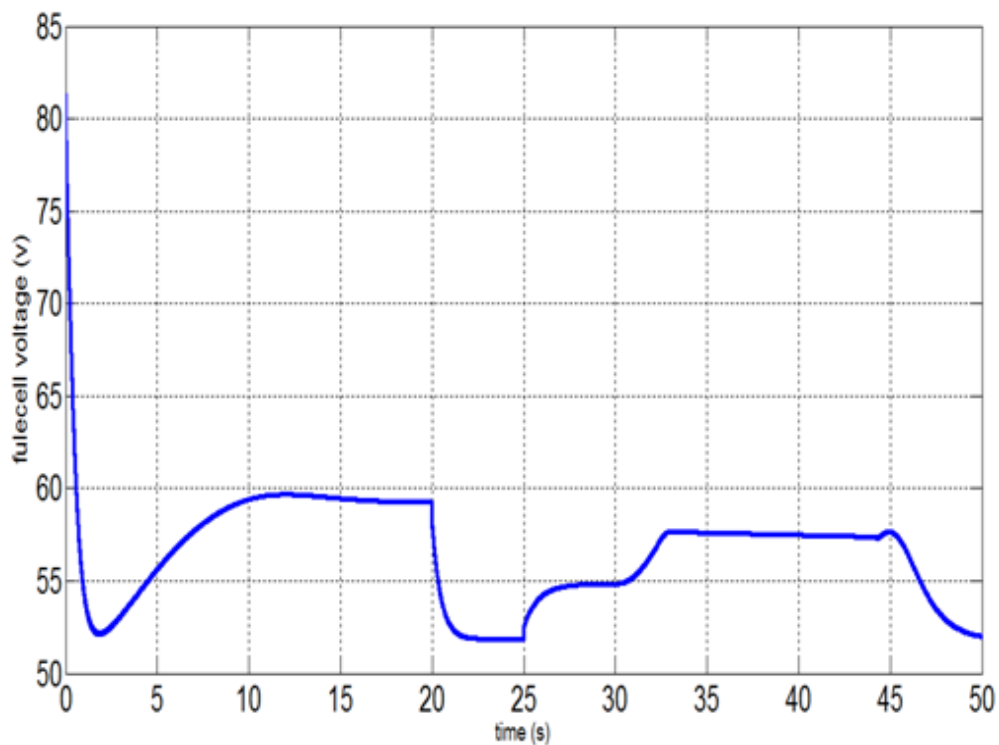
برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کانورتر کمکی نسبت وظیفه را برای رسیدن به ولتاژ ثابت 200 ولت DC در ورودی اینورتر تنظیم می کند. از سوی دیگر اینورتر ولتاژ AC 120 ولت و 60 هرتز را تحویل می دهد.

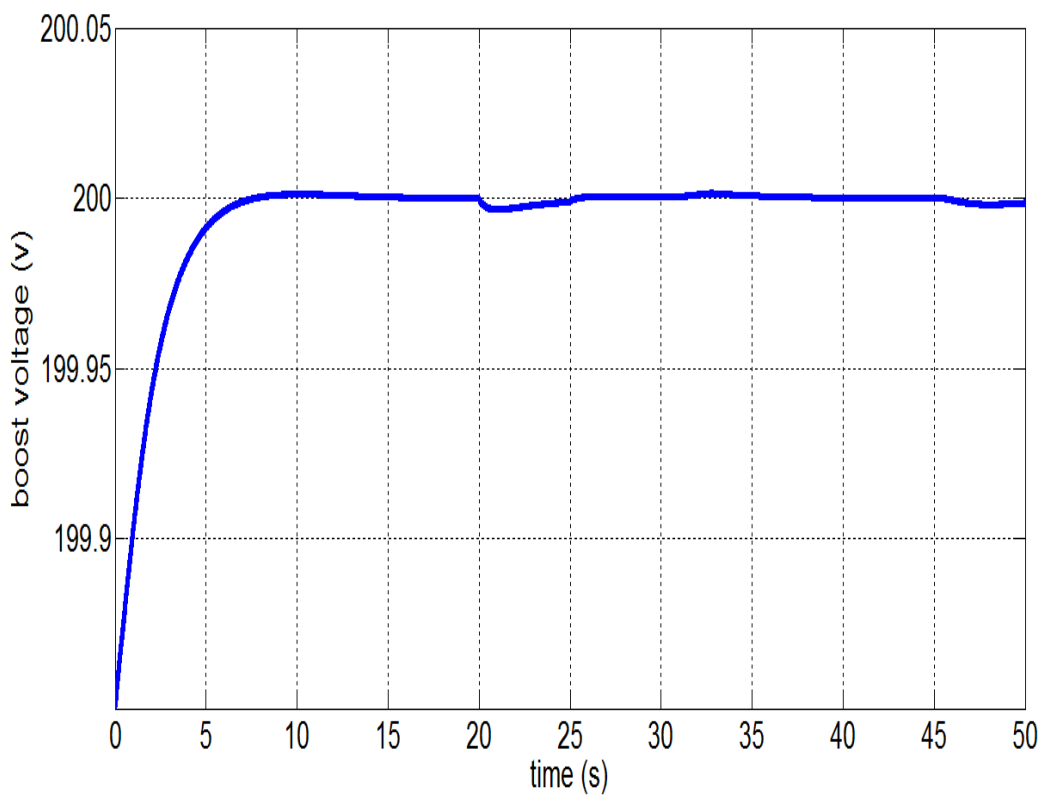


شکل 5.8 جریان بسته پیل سوختی (A)

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

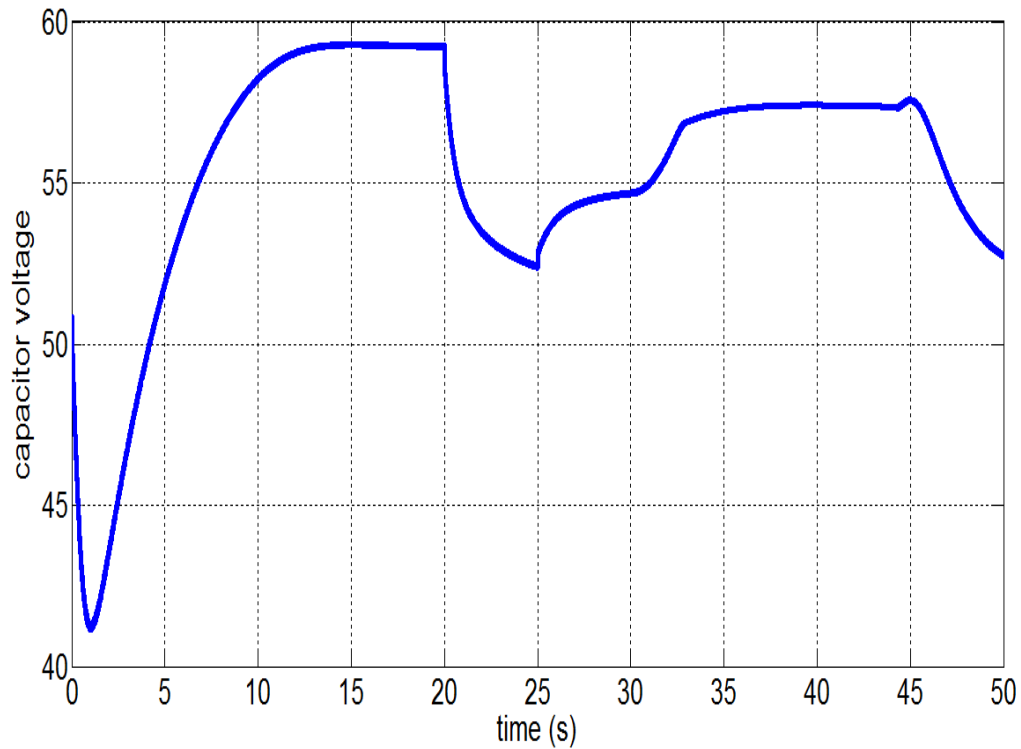


شکل 5.9 ولتاژ پیل سوختی



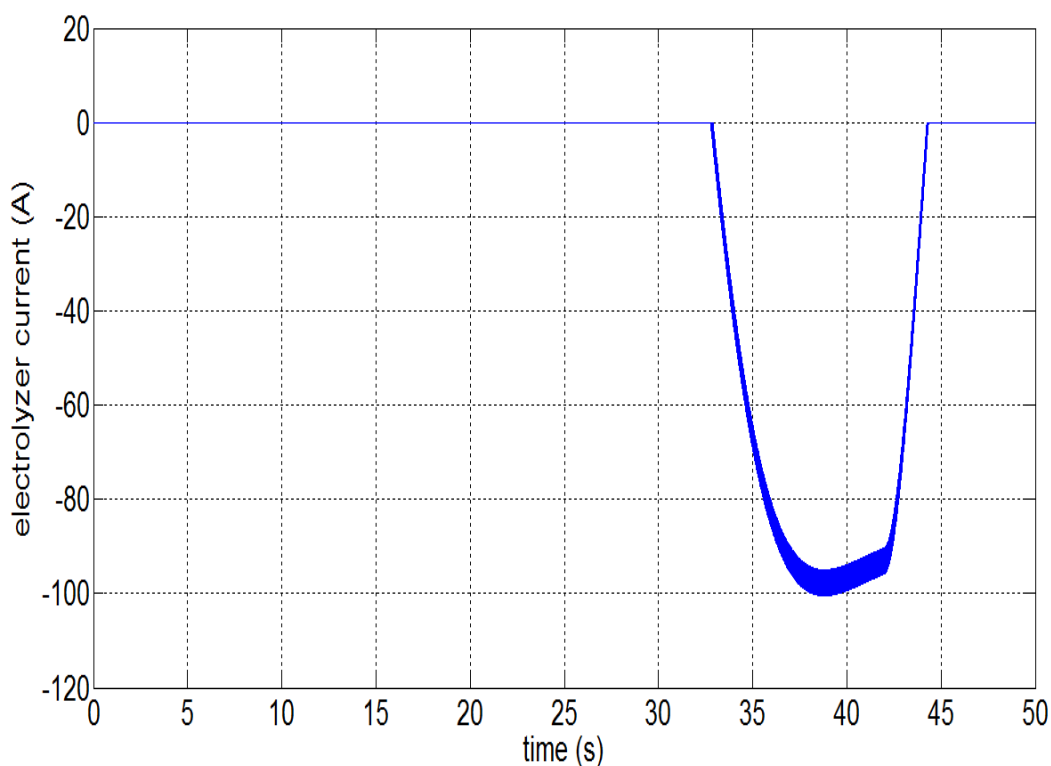
شکل 5.10 ولتاژ خروجی مبدل بوست

برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل 5.11 ولتاژ خروجی خازن

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل 5.12 جریان الکترولایزر

نتایج شبیه سازی ارائه شده در بالا نشانگر حالت های گذرای یک سیستم انرژی هایبرید باد ، پیل سوختی است . این اطلاعات برای طراحی سیستم و انتخاب مبدل الکترونیک توان ضروری است . مدت زمان حالت های گذار در موقعیت های ممکن مختلف نیز محاسبه شد. مشاهده شد که زمان گذار برای توربین باد حدود 5s و برای پیل سوختی حدود 3s است . شبیه سازی مبتنی بر SIMULINK یک روش بسیار مفید برای طراحی و آنالیز سیستم انرژی هایبرید باد ، پیل سوختی تشخیص داده شد .

نتیجه گیری

نتایج شبیه سازی نشان می دهد هنگامی که توان بار از توان باد بیشتر باشد ، فیول سل با استفاده از هیدروژنی که در زمان هایی که توان بار کم بود وارد تانک ذخیره هیدروژن شده بود ، وارد مدار شده و با توجه به محدودیت فیول سل در تامین بار در زمان پیک ، ابر خازن با ظرفیت بالا که به صورت موازی با بسته فیول سل استفاده می شود جهت تامین بار تامین نشده وارد مدار میشود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سیستم ترکیبی پیل سوختی ، الکترو لایزر ، توربین بادی می تواند ذخیره انرژی را در بدترین شرایط آب و هوایی و شرایط مختلف بار انجام دهد . این عمل توسط هیدروژن فشرده شده که از طریق الکترو لایزر به دست می آید انجام می گیرد . در این سیستم ، پیل سوختی هم به عنوان جبران کننده هنگام افزایش و کاهش بار و هم به عنوان مولد کمکی وقتی که مولد باد نمیتواند تولید توان کند انجام وظیفه میکند. همچنین هیدروژن به عنوان انرژی ذخیره شده در این سیستم به عنوان یک سوخت پاک میتواند جایگزین مناسبی برای سایر سوخت های فسیلی باشد و در آینده به عنوان یکی از حامل های انرژی سازگار با محیط زیست مطرح میگردد. اصولا در سیستم های ترکیبی باد ، پیل سوختی از ابر خازنها استفاده می شود تا انرژی لازم را هنگام افزایش ناگهانی جریان بار برای مدت کوتاه و گذرا تامین کند و وقفه ای در تامین انرژی مصرف کننده بوجود نیاید . در صورتی که بار ناگهان افزایش یابد توان خروجی پیل سوختی کاهش می یابد و بنابراین پیل سوختی نمی تواند بصورت لحظه ای انرژی بار را تامین کند .

مراجع

- [1] International Energy Outlook 2005, Energy Information Administration (EIA), <http://www.eia.doe.gov/iea>.
- [2] System for the Analysis of Global Energy Markets 2005, EIA <http://www.eia.doe.gov/iea>.
- [3] World Oil Market, International Energy outlook - International Petroleum (Oil) Reserves and Resources, EIA, <http://www.eia.doe.gov/iea>.
- [4] U.S. Nuclear Generation of Electricity, EIA, <http://www.eia.doe.gov/iea>
- [5] S.R. Bull, "Renewable Energy Today and Tomorrow," Proceedings of IEEE, Vol. 89, No. 8, pp.1216-1221, August 2001.
- [6] F.A. Farret and M.G. Simões, Integration of Alternative Sources of Energy, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [7] M. R. Patel, Wind and Solar Power Systems, CRC Press LLC, 1999.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- [8] Fuel Cell Handbook (Sixth Edition), EG&G Services, Inc., Science Applications International Corporation, DOE, Office of Fossil Energy, National Energy Technology Lab, Nov. 2002.
- [9] O. Yamamoto, "Solid oxide fuel cells: fundamental aspects and prospects," Electrochimica Acta, Vol. 45, No. (15-16), pp. 2423-2435, 2000.
- [10] Global Power Source, Global Wind Energy Council, <http://www.gwec.net/>
- وضعیت استفاده از انرژی بادی در سطح جهان
- [11] <http://www.ewa.ir/modules>
- [12] Wind Power Today – Federal Wind Program Highlights, NREL, DOE/GO-102005-2115, April 2005.
- [13] Trends in photovoltaic applications: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2004, International Energy Agency Photovoltaics Power Systems Programme (IEA PVPS), September 2005.
- [14] Fuel Cell Today 2005 Worldwide Survey, <http://www.fuelcelltoday.com>.
- [15] Renewables and Alternate Fuels, Energy Information Administration (EIA), <http://www.eia.doe.gov/fuelrenewable.html>.
- [16] Online, <http://www.eere.energy.gov/geothermal/powerplants.html#flashsteam>.
- [17] C. Wang and M.H. Nehrir, "Analytical Approaches for Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Power Systems," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 19, no. 4, pp. 2068-2076, Nov. 2004.
- [18] DER Technologies, Electric Power Research Institute (EPRI), October 2002.
- [19] Puttgen H. B., MacGregor P. R., Lambert F.C., Distributed Generation: Semantic Hype or The Dawn of a New Era?, IEEE Trans. On Power and Energy, 1(1): 2003. 22 – 29.
- [20] National energy congress. June 12, 13, 2007. 98-F-PRE-233
- [21] Archie W. Culp, Jr., Principles of Energy Conversion, McGraw-Hill Book Company, 1979.
- [22] Steven S. Zumdahl, Chemical Principles, 2nd Edition, DC Heath and Company, Toronto, 1995.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- [23] F.T. Ulaby, Fundamentals of Applied Electromagnetics, Prentice-Hall, Inc., 1999.
- [24] E.R.G. Eckert and R. M. Drake, Jr., Analysis of Heat and Mass Transfer, McGraw-Hill Book Company, 1972.
- [25] George N. Hatsopoulos and Joseph H. Keenan, Principles of General Thermodynamics, John Wiley & Sons, Inc., 1965.
- [26] E. L. Harder, Fundamentals of Energy Production, John Wiley & Sons, 1978.
- [27] G. Hoogers, Fuel Cell Technology Handbook, CRC Press LLC, 2003
- nd Edition), Elsevier [28] G. Kortum, Treatise on Electrochemistry (Publishing Company, 1965.
- [29] *Alternative fuels : the future of hydrogen--second edition* / by Michael Frank Horddeski ©2008 by The Fairmont Press, Inc.
- M. R. Patel, Wind and Solar Power Systems, CRC Press LLC, [30]1999.
- [31] J.G. Slootweg, "Wind power: modeling and impact on power system dynamics," PhD dissertation, Dept. Elect. Eng., Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 2003.
- [32] S.R. Guda, "Modeling and power management of a hybrid wind-microturbine power generation system," MS thesis, Montana State University, 2005.
- [33] Tony Burton, David sharpe, Nick Jenkins and Ervin Bossanyi, Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, 2001.
- [34] Fuel Cell Handbook (Sixth Edition), EG&G Services, Inc., Science Applications International Corporation, DOE, Office of Fossil Energy, National Energy Technology Lab, Nov. 2002.
- [35] James Larminie and Andrew Dicks, Fuel Cell Systems Explained, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Ltd., 2003.
- [36] A.J. Appleby, F.R. Foulkes, Fuel Cell Handbook, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1989.
- [37] C. Wang and M.H Nehrir, "A Dynamic SOFC Model for Distributed Power Generation Applications," Proceedings, 2005 Fuel Cell Seminar, Palm Springs, CA, Nov. 14-18, 2005.
- [38] O. Yamamoto, "Solid oxide fuel cells: fundamental aspects and prospects," *Electrochimica Acta*, Vol. 45, No. (15-16), pp. 2423-2435, 2000.

برای دریافت فایل word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- [39] K. Agbossou, M. Kolhe, J. Hamelin and T.K. Bose, "Performance of a stand-alone renewable energy system based on energy storage as hydrogen," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 19, No. 3, pp. 633 – 640, Sept. 2004.
- [40] H. J. Cha and P. N. Enjeti, "A three-phase AC/AC high-frequency link matrix converter for VSCF applications," Proceedings, IEEE 34th Annual Power Electronics Specialist Conference 2003 (PESC '03), Vol. 4, No. 15-19, pp. 1971 – 1976, June 2003.
- [41] D.B. Nelson, M.H. Nehrir and C. Wang, "Unit Sizing and Cost Analysis of Stand-Alone Hybrid Win/PV/Fuel Cell Systems", Renewable Energy (accepted).
- [42] R. Lasseter, "Dynamic models for micro-turbines and fuel cells," Proceedings, 2001 PES Summer Meeting, Vol. 2, pp. 761-766, 2001.
- [43] Y. Zhu and K. Tomsovic, "Development of models for analyzing the load-following performance of microturbines and fuel cells," Journal of Electric Power Systems Research, pp. 1-11, Vol. 62, 2002.
- [44] S.R. Guda, C. Wang, and M.H. Nehrir, "Modeling of Microturbine Power Generation Systems," Journal of Power Components & Systems (accepted).
- [45] K. Sedghisigarchi and A. Feliachi, "Dynamic and Transient Analysis of Power Distribution Systems with Fuel Cells—Part I: Fuel-Cell Dynamic Model," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 19, No. 2, pp.423-428, June 2004.
- [46] S.H. Chan, H.K. Ho and Y. Tian, "Multi-level modeling of SOFC-gas turbine hybrid system," International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 28, No. 8, pp. 889-900, Aug. 2003.
- [47] Z. Miao, M. A. Choudhry, R. L. Klein and L. Fan, "Study of A Fuel Cell Power Plant in Power Distribution System – Part I: Dynamic

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Model,” Proceedings, IEEE PES General Meeting, June 2004, Denver, CO.

[48] Z. Miao, M. A. Choudhry, R. L. Klein and L. Fan, “Study of A Fuel Cell Power Plant in Power Distribution System – Part II: Stability Control,” Proceedings, IEEE PES General Meeting, June 2004, Denver, CO. 86

[49] H. Dehbonei, “Power conditioning for distributed renewable energy generation,” Ph.D. Dissertation, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia, 2003.

[50] P. A. Lehman, C.E. Chamberlin, G. Pauletto, M.A. Rocheleau, “Operating Experience with a photovoltaic-hydrogen energy system,” Proceedings, Hydrogen’94: The 10th World Hydrogen Energy Conference, Cocoa Beach, FL, June 1994.

[51] L. A Torres, F. J. Rodriguez and P.J. Sebastian, “Simulation of a solar-hydrogen-fuel cell system: results for different locations in Mexico,” International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 23, No. 11, pp. 1005-1010, Nov. 1998.

[52] S. R. Vosen and J.O. Keller, “Hybrid energy storage systems for stand-alone electric power systems: optimization of system performance and cost through control strategies,” International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 24, No. 12, pp. 1139-56, Dec. 1999.

[53] Ø. Ulleberg and S. O. MØRNER, “TRNSYS simulation models for solar-hydrogen systems,” Solar Energy, Vol. 59, No. 4-6, pp. 271-279, 1997.

[54] J. C. Amphlett, E.H. de Oliveira, R.F. Mann, P.R. Roberge and Aida Rodrigues, “Dynamic Interaction of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell and a Lead-acid Battery,” Journal of Power Sources, Vol. 65, pp. 173-178, 1997.

[55] D. Candusso, L. Valero and A. Walter, “Modelling, control and simulation of a fuel cell based power supply system with energy management,” Proceedings, 28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2002), Vol.

- 2, pp.1294-1299, 2002.
- [56] M. T. Iqbal, "Modeling and control of a wind fuel cell hybrid energy system," Renewable Energy, Vol. 28, No. 2, pp. 223-237, Feb. 2003.
- [57] H. Sharma, S. Islam and T. Pryor, "Dynamic modeling and simulation of a hybrid wind diesel remote area power system," International Journal of Renewable Energy Engineering, Vol. 2, No.1, April 2000. 87
- [58] R. Chedid, H. Akiki and S. Rahman, "A decision support technique for the design of hybrid solar-wind power systems," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 13, No. 1, pp. 76-83, March 1998.
- [59] F. Giraud and Z. M. Salameh, "Steady-state performance of a grid-connected rooftop hybrid wind-photovoltaic power system with battery storage," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 16, No. 1, pp. 1 – 7, March 2001.
- [60] E. S. Abdin, A .M. Osheiba and M.M Khater, "Modeling and optimal controllers design for a stand-alone photovoltaic-diesel generating unit," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 14, No. 3, pp. 560-565, Sept. 1999.
- [61] F. Bonanno, A. Consoli, A. Raciti, B. Morgana and U. Nocera, "Transient analysis of integrated diesel-wind-photovoltaic generation systems," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 14, No. 2, pp. 232-238, June 1999.
- [62] T. Monai, I. Takano, H. Nishikawa and Sawada, "Response characteristics and operating methods of new type dispersed power supply system using photovoltaic fuel cell and SMES," 2002 IEEE PES Summer Meeting, Vol. 2, pp. 874-879, 2002.
- [63] F. A. Farret and M. G. Simões, Integration of Alternative Sources of Energy, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [64] R. H. Lasseter, "MicroGrids," Proceedings, 2002 IEEE PES Winter Meeting, Vol. 1, pp. 305-308, 2002.
- [65] IEEE Std 1547, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, 2003.
- [66] A. Rufer, and P. Barrade, "A super capacitor-based energy storage system for elevators with soft commutated interface," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 38, 2002, pp. 1151

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- [67] Caisheng Wang- A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy- MONTANA STATE UNIVERSITY. July -2006
- [68]09-F-REN-0134.INTERNATIONAL PO SYSTEM CONFERENCE .2009
- [69] 09-F-REN-0184. INTERNATIONAL PO SYSTEM CONFERENCE .2009
- [70] Amphlett, J.C., Mann, R.F., Peppley, B.A., Roberge, P.R., Rodrigues ,A. Salvador, J.P, 1996. A model predicting transient responses of proton exchange membrane fuel cells. Journal of Power Sources
- M., Bathaee, S.M.T., Rashidi Nejad, M,2007. [71] Mohammadian, Energy Management in a Fuel Cell's Dispersed Generation System By a Hierarchical Genetic Controller, the 22th international power system conference, Tehran , Iran
- M. Bathaee, S.M.T. Hajizadeh, A.,2008 Optimal [72] Mohammadian, Control In Hybrid Electric Vehicles. The First Annual International Conference on Automotive Electronic Industry, Feb. TehWER Cran University, Iran
- M., Bathaee, S.M.T., 2004. Motion Control For [73] Mohammadian, Hybrid Electric Vehicle. Proceeding of 4th International Power Electronics and Motion Control (IPEMC2004), Aug. 14-16 , Xi'an, China
- [74] Tsao, T.F., Chen, P.H., Chen, H.C., 2009. Dynamic Modeling and Simulation of Hybrid Power Systems Based on Renewable Energy International Conference on Energy and Environment Technology
- [75] Ghanavati, G., Esmaili,S, 2009. Dynamic Simulation of a Wind Fuel Cell Hybrid Power Generation System. IEEE conference.
- [76] Shafiee, M., Esmaili, S., 2009. Dynamic performance of Wind/PV/Battery/Fuel-Cell Hybrid Energy System. International Review on Modeling and Simulation (IREMOS), Vol. 2, N.1 Feb.
- [77] J. C. Amphlett, R. M. Baumert, R. F. Mann, B. A. Peppley and P. R. Roberge, "Performance Modeling of the Ballard Mark IV Solid Polymer Electrolyte Fuel Cell, I. Mechanistic Model Development," Journal of the Electrochemical Society, Vol. 142, No. 1, pp. 1-8, Jan. 1995.

- [78] Andrew Rowe, Xianguo Li, "Mathematical Modeling of Proton Exchange Membrane Fuel Cells," Journal of Power Sources, Vol. 102, No. 1-2, pp.82-96, Dec. 2001.
- [79] J. C. Amphlett, R. F. Mann, B. A. Peppley, P. R. Roberge and A. Rodrigues, "A Model Predicting Transient Responses of Proton Exchange Membrane Fuel Cells," Journal of Power Sources, Vol. 61, No. 1-2, pp. 183-188, July-Aug. 1996.
- [80] J. Hamelin, K. Agbossou, A. Laperrière, F. Laurencelle and T. K. Bose, "Dynamic Behavior of a PEM Fuel Cell Stack for Stationary Applications," International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 26, No. 6, pp. 625-629, June 2001.
- [81] M. Wöhr, K. Bolwin, W. Schnurnberger, M. Fischer, W. Neubrand and G. Eigenberger, "Dynamic Modeling and Simulation of a Polymer Membrane Fuel Cell Including Mass Transport Limitation," International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 23, No. 3, pp. 213-218, March 1998
- [82] Rashedi, M., Mohammadian, M., 2010. On-Line Driving Cycle Recognition and Estimation for Energy management studies. ICREDG Conference, March, Birjand , Iran.
- [83] DRPT2008 6-9 April 2008 Nanjing ChinaDynamic Modeling and Simulation of Renewable Energy Based Hybrid Power SystemsHung-Cheng Chen, Member, IEEE, Jian-Cong Qiu, and Chia-Hao Liu
- [84] 09-F-REN-0124. INTERNATIONAL PO SYSTEM CONFERENCE .2009