دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه اخذ درجه کارشناسی برق-قدرت

انرژی بادی و شبیه سازی توربین بادی

نگارش: رضا رحمانی

۸۴۴۴۲۱۳۱

استادراهنما:دکتر جلیل زاده

تیر ۸۸

فهرست

فصل اول ۳

۱-۱- مقدمه ۴
۱-۲- تاریخچه ۷
۱-۳- منبع انرژی باد ۸
۱-۴- باد، یک منبع نیرو ۸
۱-۵- مزایای انرژی بادی ۱۰
۱-۶- ناکار آمدیهای انرژی بادی ۱۱
۱-۷- محدودیت‌های ادواری ۱۲
۱-۸- انرژی الکتریسیته بادی ۱۲
۱-۹- انتقال و توزیع انرژی باد ۱۳
۱-۱۰- نیروگاه بادی در آسمان ۱۴
۱-۱۱- نیروگاه بادی و تکنولوژی دریائی ۱۵
۱-۱۲- توربین های چندکاره بادی ! ۱۸
۱-۱۳- بررسی ادبیات موضوع ۲۰

فصل دوم ۲۲

۲-۱- سیستم قدرت بادی ۲۰
۲-۲- انواع توربین های بادی ۲۰
۲-۳- انواع ژنراتورهای بادی ۳۲

فصل سوم ۳۶
۳-۱- توان حاصله از باد ۳۷
۳ -۲- چگالی هوا ۴۰
۳-۳- نسبت سرعت زاویه ای به سرعت باد ۴۱
۳-۴- ضریب قدرت ۴۲
فصل چهارم ۴۳
۴-۱- سرعت باد ۴۶
۴-۲- مدل سازی توربین ۴۸
فصل پنجم ۴۹
۵ -۱- شبیه سازی ۵۱
۵-۲- نتایج شبیه سازی ۵۵
فصل ششم ۵۷
۶-۱- کاربرد ۶۰
۶-۲- آینده باد ۶۱
۶-۳- مقایسه اقتصادی ۶۳
۶-۴- نتیجه گیری ۶۴
۶-۵- پیشنهادات ۶۵
مراجع

فصل اول

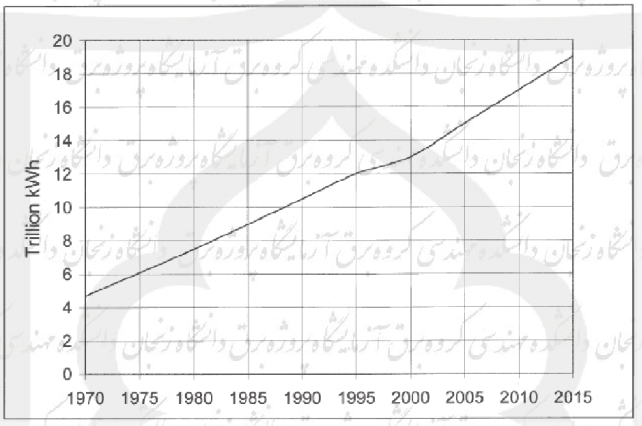
باد به عنوان یک منبع انرژی

۱- فصل اول

در این فصل به بررسی تاریخچه باد ونحوه شکل گیری باد روی کره زمین و راه های استفاده از این انرژی و مزایا و معایب آن و انواع نیروگاه های بادی پرداخته می شود.

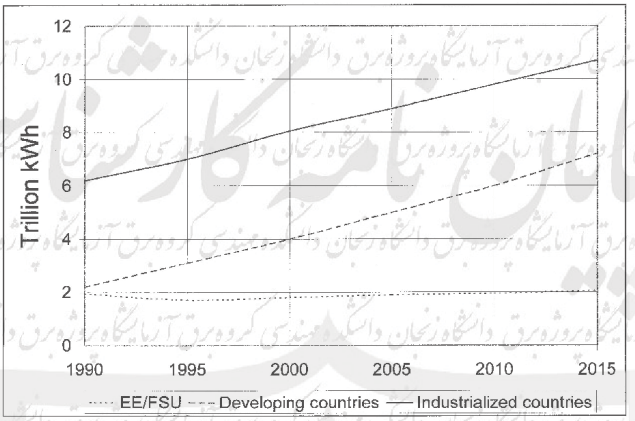
۱-۱- مقدمه

بر اساس گزارش دپارتمان انرژی امریکا، در دو دهه اخیر انرژی الکتریسته بیشترین رشد را در میان تمامی منابع انرژی در نقطه مصرف داشته است.[1] تقاضای انرژی الکتریسته با رشدی معادل ۲.۶ درصد سالیانه، در سال ۲۰۱۵ به ۱۹ تریلیون کیلو وات ساعت خواهد رسید (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ چشم انداز تقاضای جهانی انرژی الکتریسته[1]

تقاضای انرژی الکتریسته در کشور های در حال توسعه و صنعتی تا سال ۲۰۱۵ نیز در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است، که نمایانگر رشد سریعتر کشور های در حال توسعه است.



شکل ۱-۲ چشم انداز تقاضای انرژی الکتریسته کشورهای در حال توسعه و صنعتی [1]

کشور های عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۲۰ درصد جمعیت جهان را تشکیل می دهند در حالی که بیش از ۶۰ درصد انرژی جهان را مصرف می کنند. در این میان کشورهای آسیایی غیرعضو در سازمان همکاری اقتصادی و توسعه رشدی سریعتر از کشور های اروپای شرقی و شوروی سابق را انتظار می کشند. این در نتیجه نرخ رشد اقتصادی نسبتا بالاتر این کشورها است. اگرچه امریکا بیشترین مصرف انرژی را در جهان دارا است اما با نرخ رشد ۱,۳ درصد، نرخ رشدی کمتر از میانگین جهانی دارد. در این میان مکزیک با نرخ رشد ۴,۷ اول است.

جدول۱-۱ مصرف برق نواحی مختلف جهان (مگاوات ساعت بر نفر)[1]

منطقه/ کشور	۱۹۸۰	۱۹۹۳	۲۰۱۵
کشور های عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه امریکای شمالی			
ایالات متحده	۹,۲	۱۱,۱	۱۲,۶
کانادا	۱۲,۶	۱۵,۴	۱۹,۲
مکزیک	۰,۹	۱,۲	۲,۵
سایر مناطق			
کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه اروپا	۴	۵	۷,۸
اروپای شرقی و شوروی سابق	۴	۴	۵,۱
ژاپن	۴,۴	۶,۳	۱۰,۳
کشورهای غیرعضوسازمان همکاری اقتصادی وتوسعه اسیا	۰,۳	۰,۵	۱,۲
خاور میانه	۰,۹	۱,۳	۱,۶
آفریقا	۰,۴	۰,۴	۰,۵
آمریکای مرکزی و جنوبی	۰,۹	۱,۳	۱,۷

کشور های در حال توسعه آسیا با نرخ رشد سالیانه ۵ درصد بیشترین رشد را تجربه خواهند کرد. با رشد تقاضای مصرف انرژی، زغال سنگ اولین سوخت برای تولید برق، خصوصا در هند و چین باقی خواهد ماند. هم اکنون سهم انرژی هسته ای به اوج خود رسیده و انتظار کاهش در آینده را خواهیم داشت.

نفت، گازطبیعی و انرژی های نو همه جانشین های مناسبی برای انرژی هسته ای هستند. به هر حال، انرژی تجدید پذیر، انتظار درصد رشد بالایی را می کشد، برای مثال در فوریه ۱۹۹۷ دولت سوئد اعلام کرد که صنایع بزرگ انرژی هسته ای که ۵۰ درصد سهم تولید برق این کشور را تشکیل می دهد خاموش خواهد شد. این اعلامیه در پاسخ به همه پرسی که برای پایان دادن به استفاده از انرژی هسته ای صورت گرفته، صادر شده است.

در این نوشتار سعی بر تشریح انرژی بادی به عنوان یکی از منابع ارزشمند تجدیدپذیر انرژی داریم.

۱-۲- تاریخچه

طبق اسناد و مدارک موجود، اولین قایقی (کرجی) که با نیروی باد حرکت می کرد، حدودا پنج هزار سال پیش در مصر ساخته شد.[2] اولین آسیاب بادی با محور قائم نیز ۲۰۰ سال پیش از میلاد مسیح توسط ایرانیان ساخته شد، اما آسیاب های بادی با محور افقی، سالها بعد در قرن دوازدهم میلادی ساخته شدند. کاربرد اولیه انرژی باد برای حمل ونقل دریایی، آبکشی از چاه برای آبیاری، آرد کردن غلات، اره کردن چوب و... بوده است.

در قرن یازدهم میلادی در خاورمیانه از آسیاب های بادی استفاده های گوناگونی می شد. آسیاب های بادی در قرن سیزدهم میلادی به کشور های اروپایی راه یافت. هلندی ها در قرن چهاردهم میلادی کوشش های فراوانی برای اصلاح آسیاب های بادی به عمل آوردند و از آنها برای خشک کردن باتلاق ها استفاده فراوانی بردند.

در سال ۱۵۸۶ میلادی در هلند اولین آسیاب بادی به منظور ساختن کاغذ بر پا گردید. در دهه ۱۹۴۰ توربین بادی با طراحی متخصصان دانشگاه MIT به قدرت ۱/۲۵ MW ساخته شد و به مدت ۵ سال مورد بهره برداری قرار گرفت.

از سال ۱۹۷۵ میلادی پیشرفت های زیادی در زمینه توربین های بادی مولد برق بدست آمده است. در سال ۱۹۸۰ با اتصال توربین های بادی مولد برق به شبکه، اولین بازار چند مگا واتی انرژی بادی در کالیفرنیا به وجود آمد. در پایان سال ۱۹۹۰ میلادی، ظرفیت توربین های بادی مولد برق متصل به شبکه در جهان، به حدود ۲۰۰۰ MW با تولید سالیانه ۳۲۰۰ GWh رسید که تماما مربوط به آمریکا ودانمارک بوده است. تخمین زده می شود در سال ۲۰۲۰ میلادی سهم انرژی بادی در تامین انرژی جهان با قدرت مجموع توربین های بادی ۱۸۰GW حدود ۳۷۵ TWh در سال باشد، در قالب ضرورت های زیست محیطی، این سهم ممکن است در سال ۲۰۲۰ به حدود ۹۰۰ TWh با قدرت مجموع توربین های بادی ۴۷۰ GW افزایش یابد.

۱-۳- منبع انرژی باد

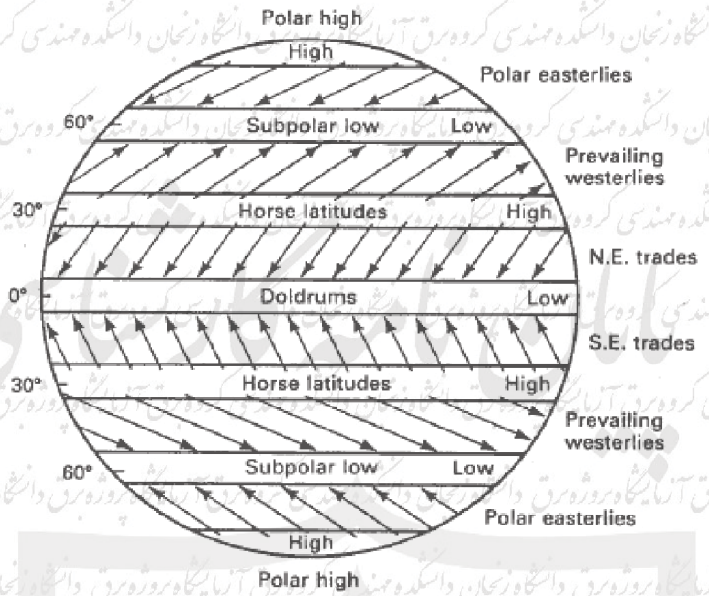
باد یکی از مظاهر انرژی خورشیدی و همان هوای متحرک است و پیوسته جزء کوچکی از تابش خورشید که از خارج به اتمسفر می‌رسد، به انرژی باد تبدیل می‌شود .گرم شدن زمین و جو آن بطور نامساوی سبب تولید جریانهای همرفت (جابجایی) می‌شود و نیز حرکت نسبی جو نسبت به زمین سبب تولید باد است.

زاویه تابش نور خورشید در عرض های جغرافیایی مختلف زمین موجب تغییراتی در دما و فشار هوا می شود و هوا، از نواحی پر فشار (نواحی که خورشید مایل می تابد و دمای هوا کمتر است همانند قطب ها) به سمت نواحی کم فشار (نواحی که خورشید عمود می تابد و هوا گرم و چگالی آن کم است همانند استوا)به حرکت در می آید و باد شکل می گیرد. به علاوه اتمسفر کره زمین به دلیل چرخش، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می دهد، که این امر نیز باعث بوجود آمدن باد می شود.[3] در روی زمین باد های گوناگونی وجود دارد که آگاهی از آنها در استفاده از انرژی باد سود مند است، پس به اختصار به توضیح آنها می پردازیم.

اگر زمین ساکن بود، جهت وزش باد از قطب به استوا در خط مستقیم بود و لیکن به علت چرخش زمین به دور محور خود، ۶ کمربند پرفشار و کم فشار در دور تا دور زمین شکل گرفته است که باعث جابجایی هوا بین این نواحی و بوجود آمدن باد هایی در دو نیمکره شمالی و جنوبی می شوند. در شکل ۱-۳ این نواحی نمایش داده شده است.

۱-۴- باد، یک منبع نیرو

روی زمین جایی یافت نمی شود که گاهی باد نوزد و نیز جایی یافت نمی شود که همه اوقات باد بوزد. دیدیم که بشر از دیرباز از این منبع خداداد بهره می برده است.[3]



شکل ۱-۳ باد های زمین[3]

بنابراین جهت گیری مطالعات در زمینه انرژی باد باید به جایگزین کردن آن به جای سوخت های فسیلی و توجیه اقتصادی آن منجر گردد.

باد های جهان جمعا حدود ۲۷۰۰ TW انرژی در خود نهفته دارند. از این مقدار انرژی موجود در باد حدود یک چهارم آن در ۱۰۰ متری زمین قرار دارد. با احداث مبدل های بادی در جهان می توان حداکثر ۴۰ TW انرژی بدست آورد. با این حال حتی ۱۰ درصد این مقدار انرژی یعنی ۴ TW از ظرفیت کل انرژی آبی (ظرفیت بالقوه مراکز هیدروالکتریک در سراسر جهان حدود ۲,۲ TWاست)بیشتر است.

با توجه به رایگان بودن انرژی باد وتوسعه نگرش های زیست محیطی و راهبرد های صرفه جویانه در بهره برداری از منابع تجدید ناپذیر، انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی مورد استفاده در بسیاری از کشور های جهان رو به فزونی گذاشته است.

توربین های بادی مولد برق جایگزین مناسبی برای نیروگاه های گازی و بخاری رایج به شمار می روند. از نظر ظرفیت بهره برداری از نیروگاه های بادی کشور های دانمارک، آلمان، آمریکا، انگلستان، اسپانیا، هلند و هندوستان حایز رتبه برتری می باشند. البته کشور چین بر مبنای تعداد واحد های توربین های بادی تولید شده، بزرگترین تولید کننده توربین های بادی در جهان می باشد.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

پیشنهاد و نتیجه گیری

۶-۴- نتیجه گیری

با توجه به آنچه که در بخشهای پیش مطرح گردید میتوان به نتایج زیر اشاره نمود:

باد یکی از پاک ترین منابع تجدید شونده انرژی بوده که دارا ی چرخه تجدید بسیارکوتاهی بوده و غالبا این چرخه بصورت شبانه روزی در تکرار می باشد.

حداقل سرعت میانگین محاسبه شده جهت تولید اقتصادی برق از باد ۵ متر بر ثانیه می باشد.

زمان لازم برای ساخت و راه اندازی این واحدها درمقایسه با واحدهای بزرگ فسیلی بسیار کوتاه می باشد .

در کشورها ی پیشرفته ای مانند ایالات متحده که رشد مصرف پایین (حدود ۱/۳ %) میباشند ساخت واحدهای بزرگ فسیلی ریسک زیادی را دارا بوده، چرا که ممکن سالهای سال زمان مورد نیاز باشد تا مثلا یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگا واتی به حداکثر ظرفیت خود برسد .خود به خود این نوع سرمایه گذاری از نظر اقتصادی توجیه پذیر نبوده و در برابر آن می توان واحدهای بادی در حد چند مگاوات را راه اندازی نموده و با رسیدن این واحدها به ظرفیت نامیشان واحدهای دیگری را به جمع آنها اضافه نمود . همچنین در طی راه اندازی واحدهای دیگر مقداری از سرمایه گذاری انجام شده برای واحدهای قبلی نیز بازگشت پیدا می کند.

۶-۵- پیشنهادات

در ارتباط با کشور ما ظرفیت بالقوه تخمین زده شده در حدود ۶۵۰۰ مگاوات است (۲۰ درصد مصرف کنونی) و ظرفیت بالفعل چیزی در حدود ۱۰۰ مگاوات می باشد که مستلزم حرکت جدی در این زمینه است. البته شایان ذکر است که طبق اعداد و ارقام اعلام شده، کشور ما در مقایسه با ایالات متحده، هند، آلمان و دانمارک و... از جایگاه مناسبی برخودار نیست و به نظر می رسد تامین انرژی از باد در بین منابع تجدید پذیر اولویت اول نمی باشد.

فهرست مراجع

[1] Patel,Mukund R., "Wind and Solar Power System",CRC Press,1999
[2] T.Burton , D.Sharpe, N.Jenkins, E.Bossanyi, "Wind Energy Handbook", John Wiley & Sons, 2001
[3] Johnson, G. L. 1985. "Wind Energy Systems," Prentice Hall, 1985
[4] W.Wangdee,R. Billinton, "Considering Load-Carrying Capability and Wind Speed Correlation of WECS in Generation Adequacy Assessment ," IEEE Trans. Energy Convers., , VOL. 21, NO. 3, SEPTEMBER 2006
[5]A.Petersson,T.Thiringer,L.Harnefors, "Modeling and Experimental Verification of Grid Interaction of a DFIG Wind Turbine ," IEEE Trans. Energy Convers., , VOL. 20, NO. 4, DECEMBER 2005
[6]Ahmadreza Tabesh, Reza Iravani, "Small-Signal Dynamic Model and Analysis of a Fixed-Speed Wind Farm—A Frequency Response Approach ," IEEE Trans. Energy Convers., , VOL. 21, NO. 2, APRIL2006
[7]slootweg, Wind Power Modelling and Impact on Power System Dynamics,phd Thesis,2001
[8] Han.S.G,Yu.I.K,Park.M, "PSCAD/EMTDC-based simulation of wind power generation system",Elsevier renewable energy,2006
[9] J.G. Slootweg, H. Polinder, W.L. Kling, "Dynamic Modelling of a Wind Turbine with
Doubly Fed Induction Generator", IEEE 2001.
[10] RANDALL SWISHER, CHRISTINE REAL DE AZUA, AND JULIE LENDENIN, Invited Paper Strong Winds on the Horizon: Wind Power Comes of Age, 2001
[11] M.P.Boyce, Gas Turbine Engineering Hand book, SE, 2002