بسم الله الرحمن الرحيم

٩٣٨٢٩

بنام خدا

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

گروه آموزشی مهندسی صنایع

عنوان

مکان یابی نیروگاههای بادی با استفاده از روشهای تحلیل چندگانه

تهیه و تنظیم

محمدرضا نصراللهی

استاد راهنما

آقای دکتر محمدعلی آزاده

استاد مشاور

آقای دکتر فرید قادری

۱۳۸۷ /۳/ ۷۰

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی صنایع- سیستم های اقتصادی اجتماعی

اسفند ۱۳۸۶

۹۲۸۲۹

صفحه تصویب پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

مکان یابی نیروگاههای بادی با استفاده از روشهای تحلیل چندگانه

توسط

محمدرضا نصراللهی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع گرایش مهندسی صنایع

۷- ۱۳۸۷/۳/

از این پایان نامه در تاریخ ۱۲/۷ /۸۶ در مقابل

هیئت داوران دفاع بعمل آمده و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر **جواد فیض**

مدیر گروه آموزشی: دکتر فریبرز جولای

استاد راهنما: دکتر محمد علی آزاده

استاد مشاور: دکتر سید فرید قادری

داور مدعو: دکتر رسول حجی

داور داخلی: دکتر عباس کرامتی

پردیس دانشکده‌های فنی
آموزش و تحصیلات تکمیلی
گروه مهندسی صنایع

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب ..محمدرضا نجف الهی..... تائید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه / رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه / رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق بـه دانـشکده فنـی دانـشگاه تهـران می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو : محمدرضا نجف الهی

امضای دانشجو :

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که همواره سختی های زندگی برای خود
و راحتی برای من خواستار بوده اند.

با تشکر از استاد راهنمای خوبم جناب آقای دکتر محمد علی آزاده که همواره حامی و راهنمای من در این راه بوده اند.

با تشکر از تمامی دوستانی که مرا در تهیه این پایان نامه راهنمایی نموده اند :

آقایان منهدس امیر مقصودی , دکتر ایزدبخش , مهندس مهدی محمدی و مهندس اسدزاده.

چکیده مطالب

ویژگی های منحصر به فرد منابع انرژی تجدید پذیر نوید بخش راه حلی نو برای بحران انرژی جوامع در سال های آینده می باشد و در این میان انرژی بادی به عنوان یکی از این منابع نقش بسزایی را در تامین انرژی در آینده به عهده خواهد داشت .یکی از مهمترین مسائل در استفاده از انرژی بادی تعیین محل استفاده از آن می باشدکه تاثیر زیادی در کارایی تجهیزات و وسایل تولید برق بادی دارد .در این پایان نامه مطالعه ای جامع برای اولویت بندی مناطق مختلف کشور برای استفاده از تجهیزات و نیروگاه های بادی صورت گرفته است .در این راستا مدلی جامع برای مکان یابی نیروگاه های بادی ارائه شده است .برای بکارگیری مدل ارائه شده ۲۵ شهر عمده کشور به عنوان مناطق منتخب در نظر گرفته شده و در هر شهر ۶ ناحیه برای نصب تجهیزات بادی مد نظر قرار می گیرد .برای این منظور از یک روش تحلیل چند گانه با عنوان تحلیل پوششی داده ها (DEA) استفاده می شود .علاوه بر این برای گسترش مناطق مورد ارزیابی در این مدل از یک روش سلسله مراتبی در مدل DEA استفاده شده است که مدل مربوطه را در دو سطح مکان یابی در بین شهرها و مکان یابی در داخل هر شهر در نظر می گیرد .برای مکان یابی در هر دو سطح مجموعه جداگانه ای از شاخص های جغرافیایی، زیست محیطی و اجتماعی در نظر گرفته شده است که اولویت بندی مناطق مورد نظر برای احداث نیروگاه های بادی را در هر دو سطح تعیین می نماید .در نهایت مکان یابی نهایی نیروگاه با استفاده از ترکیب نتایج بدست آمده از هر دو سطح محاسبه می شود .برای تعیین اعتبار مدل از دو روش تحلیل چندگانه دیگر به نام های تحلیل مولفه های اصلی (PCA)و تاکسونومی عددی استفاده شده است .نتایج بدست آمده از این تحقیق نشانگر پتانسیل بالای شهرهای منجیل،خور بیرجند،زابل و سبزوار برای احداث نیروگاه های بادی می باشد همچنین مناطق بهینه برای احداث این نیروگاه ها در شهر های مختلف مشخص می شوند .در این پایان نامه موضوع مکان یابی نیروگاه های بادی برای اولین بار به طور جامع مورد توجه قرار می گیرد .مدل ارائه شده با توجه به ویژگی های آن مبنی بر در نظر گرفتن چندین پارامتر مختلف در مکان یابی و طیف گسترده مناطق مورد بررسی، قابلیت کاربرد زیادی را برای استفاده در نیروگاه های بادی و همچنین مکان یابی سایر انواع نیروگاه و تسهیلات صنعتی در مناطق مختلف یک کشور نشان می دهد.

فهرست مطالب

انرژی بادی و کاربردهای آن

مقدمه..... ۲
انرژی باد..... ۳
مزایای استفاده از انرژی باد..... ۶
انواع توربین های بادی و مکانیسم کار آنها..... ۸
انواع کاربرد توربینهای بادی..... ۹
نگاه تحقیقاتی به عملکرد توربین های بادی..... ۹
اصول اساسی ارزیابی منبع بادی..... ۹
چگالی انرژی بادی..... ۱۰
کارکرد یک توربین بادی..... ۱۰
کارکرد و نگهداری و تعمیرات..... ۱۲
منابع بادی و فرانگری..... ۱۴
مزارع بادی..... ۱۵
تولید یک مگاوات(MW) برق..... ۱۵
اجزاء ، جنس و سایز توربین های بادی..... ۱۷
مختصری از نیروگاه برق باد..... ۱۹
انتقال و توزیع انرژی باد..... ۲۰
توربین های بادی و تکنولوژی دریائی..... ۲۳
تأثیر نیروگاههای بادی در حیات وحش..... ۲۵
تعیین محل توربین‌های بادی..... ۲۷
مطالعات مورد نیاز برای طراحی یک نیروگاه بادی..... ۲۹
وضعیت استفاده از انرژی بادی در سطح جهان..... ۳۱

مکان یابی و روش های آن

مفهوم مکان یابی..... ۳۹
مکان یابی صنعتی..... ۳۹
مروری بر تاریخچه مکان یابی فعالیت های صنعتی و تجاری..... ۳۹
الف -مسائل پوشش روی سطح..... ۴۱
ب -مسائل پوشش روی شبکه..... ۴۱
جایابی تسهیلات..... ۴۱
عوامل تعیین کننده محل واحدهای صنعتی..... ۴۲
سطوح مکان یابی..... ۴۳
مدل های مختلف برای جایابی تسهیلات صنعتی..... ۴۶
معیارهای تجزیه و تحلیل مدل های تجویزی..... ۴۶
تئوری های اصلی مکان یابی طرح های صنعتی..... ۴۷
انواع الگوریتم های کامپیوتری برای جایابی..... ۴۸
تحلیل مدل های مختلف جایابی و اشکالات آنها..... ۴۸
بکارگیری روش های تصمیم گیری چند معیاره..... ۴۸
عوامل تاثیر گذار در مکان یابی واحد های صنعتی..... ۴۹
مکان یابی نیروگاه..... ۵۱
عوامل موثر در مکان یابی نیروگاهها..... ۵۳
نرم افزارهای مکان یابی..... ۵۴

تحلیل پوششی داده ها

مفهوم کارایی..... ۵۸
روش های ارزیابی کارایی..... ۵۸
تحلیل پوششی داده ها..... ۵۹

ساختار روش DEA..... ۵۹
مدل ریاضی DEA..... ۶۲
تبدیل به یک مسئله برنامه ریزی خطی..... ۶۳
بدست آوردن دوگان مسئله..... ۶۳
انواع مدلهای DEA..... ۶۴
مدل CCR..... ۶۴
تعریف(کارایی CCR) ۶۵
مدل CCR/ ε..... ۶۶
مدل متغیر کمکی تعدیل یافته..... ۶۷
مدل BCC..... ۶۷
مدل جمعی..... ۶۸
مدل مجموعه وزنهای مشترک..... ۶۹
مدلهای DEA برای حالتهای بدون خروجی یا بدون ورودی..... ۷۰
روشهای رتبه بندی کامل..... ۷۱
مدلهای تحلیل حساسیت..... ۷۲

بکارگیری مدل DEA

مدل DEA سلسله مراتبی(مدل مورد استفاده)..... ۸۳
ساختار مدل..... ۸۳
محاسبه کارایی کل..... ۸۶
مکان یابی با استفاده از مدل پیشنهادی..... ۸۷
DMU های مدل..... ۸۹
شاخص های مکانیابی..... ۹۰
شاخص های مکان یابی برای انتخاب قلمرو کلی نیروگاه(سطح دوم)..... ۹۰

میزان شدت وزش باد در یک منطقه..... ۹۱
شاخص میزان شدت حوادث طبیعی..... ۹۱
شاخص میزان پهنه های زمین شناسی مناسب..... ۹۲
شاخص خصوصیات توپوگرافی و جغرافیایی..... ۹۲
شاخص های مکان یابی در سطح شهرها (سطح اول)..... ۹۳
شاخص جمعیت و نیروی انسانی..... ۹۳
فاصله از شبکه سراسری برق..... ۹۴
هزینه زمین مورد نیاز برای احداث نیروگاه..... ۹۴
محاسبه مقادیر شاخص های مورد نظر..... ۹۵
شاخص های سطح دوم برای مکان یابی اقلیم کلی نیروگاه..... ۹۵
شاخص های سطح ۱ (برای مکان یابی محل احداث نیروگاه)..... ۹۷
پیاده سازی مدل مورد استفاده..... ۱۰۰
مدل سطح ۲..... ۱۰۱
مدل های مربوط به سطح ۱..... ۱۰۱
نتایج مدل..... ۱۰۲
رتبه بندی شهرها و مناطق..... ۱۰۲
رتبه بندی نهایی در کشور..... ۱۰۳

تصدیق و تعیین اعتبار و تحلیل نتایج

روش تحلیل موءلفه های اصلی..... ۱۰۶
روش تاکسونومی عددی..... ۱۰۸
تعیین اعتبار نتایج مدل..... ۱۱۱
تحلیل نتایج مدل ها..... ۱۱۲
تحلیل نتایج سطح ۱..... ۱۱۲

تحیل نتایج سطح ۲..... ۱۱۲
منابع..... ۱۱۴
پیوست..... ۱۱۹

فصل اول

انرژی بادی و کاربردهای آن

۱-۱- مقدمه

امروزه سطح زندگی هر جامعه را با توجه به مصرف انرژی در آن می توان تعیین نمود و با توجه به پیشرفت روزافزون دنیا و بالا رفتن سطح زندگی ، نیاز به انرژی روز به روز بیشتر می شود.

در سالهای گذشته و حتی در حال حاضراستفاده از سوختهای فسیلی برای تولید انرژی یکی از مطمئن ترین و مقرون به صرفه ترین راهها در این زمینه بوده است ولی نوسانات مداوم قیمت این سوختها در بازارهای جهانی و پایان پذیر بودن منابع آنها باعث تمایل یافتن دولتها و دانشمندان به منابع دیگر انرژی که هم این نوسانات شدید قیمت را نداشته باشد و هم پایان پذیر نباشد، شده است.

یک نوع از منابع انرژی های تجدیدپذیر، انرزی باد و نیروگاههای بادی می باشند که استفاده از آن سابقه ای دیرینه داشته است ولی دلائل زیادی مانع پیشرفت و توسعه این نیروگاهها در سالهای گذشته شده بود.

امروزه به دلیل بالا بودن قیمت سوختهای فسیلی و ساختمان بسیار ساده این نوع نیروگاهها پیشرفت زیادی در توسعه آنها حاصل شده است و تا پایان سال ۱۹۹۹حدود ۱۳۴۵۵مگاوات از برق جهان ، محصول این نیروگاهها بوده است.

امروزه دنیا به سرعت در حال حرکت به سمتی است که دیگر نفت و گاز ارزان در دسترس نخواهد بود و بر اساس بررسی های انجام شده منابع نفت خام حداکثر تا دهه آینده تحلیل رفته و به تدریج میزان تقاضای انرژی از عرضه آن فراتر خواهد رفت .در ارتباط با ذخایر گاز طبیعی، ماندگاری آن به مدت طولانی تری خواهد بود ولی در نهایت این ذخایر نیز رو به اتمام خواهند گذاشت .مساله امنیت انرژی نیز از جمله مواردی می باشد که منابع فسیلی متداول با آن مواجه می باشند .بخشی از این مطلب به عنوان پیامدی از اتمام منابع مشخصی از سوخت های فسیلی و بخش دیگر به علت وجود مشکلات سیاسی کشورهای عرضه کننده می باشد .امنیت عرضه انرژی بسیاری از کشورها را به ایجاد تغییراتی در زمینه روش های تامین انرژی مورد نیازشان واداشته است .با توجه به عدم وجود ثبات سیاسی در کشورهای خاورمیانه که قطب تولید انرژی فسیلی جهان می باشند، این مساله اهمیت زیادی پیدا می کند و باعث ایجاد شک و تردید در مورد امنیت تامین انرژی می شود .به طور کلی هزینه های درگیر در منابع انرژی متداول را به هفت بخش تقسیم بندی می کنند (Sen ,۲۰۰۴)

۱. تاثیرات مضر بر روی سلامت انسان
   - اثرات کوتاه مدت و سریع مانند جراحت
   - اثرات بلند مدت مانند سرطان
   - اثرات مخرب ژنتیکی بر روی نسل های مختلف
۲. اثرات مخرب زیست محیطی
   - اثرات مخرب بر روی مزارع و جنگل ها
   - اثرات مخرب بر روی جانوران مانند آبزیان و دام ها
   - اثرات نامطلوب آب و هوایی
   - اثرات نامطلوب بر روی مواد

۳. هزینه های اقتصادی طولانی مدت ناشی از رکود منابع
   - اثرات ساختاری بر روی اقتصاد کلان در نتیجه کاهش این نوع منابع
۴. هزینه های مالی ناشی از استفاده منابع انرژی متداول:
   - هزینه های تحقیق و گسترش
   - هزینه های عملیاتی
   - هزینه های زیرساخت
   - هزینه های ناشی از جبران حوادث مرتبط
۵. هزینه های ناشی از افزایش احتمال جنگ
   - تامین امنیت انرژی(مانند جنگ خلیج فارس)
   - افزایش سلاح های مخرب و هسته ای
۶. هزینه های ناشی از مواد آلاینده، رادیو اکتیو و هزینه های مرتب با حوادث غیر مترقبه ناشی از آنها
۷. هزینه های اجتماعی و روانی درگیر در این منابع
   - هزینه های ناشی از بیماری و مرگ
   - هزینه های ناشی از جبران و بازسازی نفرات ناشی از حوادث و مرگ و میر

مجموعه این عوامل لزوم تجدید نظر در زمینه استفاده از ذخایر فسیلی را مشخص می نماید.

منابع انرژی تجدید پذیر به عنوان ذخایری دوستدار محیط زیست و قابل دسترس چشم انداز روشنی را در این زمینه فراهم نموده است .منابعی مانند باد، خورشید، جزر و مد و ژئوترمال به عنوان نمونه هایی از ذخایر تجدید پذیر می باشند .گستردگی و توزیع این منابع در طبیعت و ویژگیهای منحصر بفرد آنها مانند تولید غیر متمرکز، عدم ایجاد اثرات مخرب زیست محیطی، فناوری نسبتا ساده و دسترسی آسان به این منابع باعث توجه روز افزون برای استفاده هر چه بیشتر از آنها شده است و در این میان انرژی بادی به عنوان منبع اصلی تمامی ذخایر انرژی دارای نقش تعیین کننده ای می باشد.

۱-۲- 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.

احتمالا نخستین ماشین بادی به توسط ایرانیان باستان ساخته شده است و یونانیان برای خرد کردن دانه‌ها و مصریها ، رومی‌ها و چینی‌ها برای قایقرانی و آبیاری از انرژی باد استفاده کرده‌اند. بعدها استفاده ار توربینهای بادی با محور قائم سراسر کشورهای اسلامی معمول شده و سپس دستگاههای بادی با محور قائم با میله‌های چوبی توسعه یافت و امروزه نیز ممکن است در برخی از کشورهای خاورمیانه چنین دستگاههایی یافت شوند.

در قرن ۱۳ این نوع توربینها به توسط سربازان صلیبی به اروپا برده شد و هلندیها فعالیت زیادی در توسعه دستگاههای بادی مبذول داشتند، بطوری که در اواسط قرن نوزدهم در حدود ۹ هزاز ماشین بادی به منظورهای گوناگون مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در زمان انقلاب صنعتی در اروپا استقاده از ماشینهای بادی رو به کاهش گذاشت. استفاده از انرژی باد در ایالات متحده از سال ۱۸۵۴ شروع شد .از این ماشینها بیشتر برای بالا کشیدن آب از چاههای آب و بعدها برای تولید الکتریسیته استفاده شد.

اولین آسیاب‌های بادی با محور افقی که مورد استفاده قرار گرفته است در کشورهای انگلستان در سال ۱۱۵۰ میلادی، فرانسه در ۱۱۸۰ میلادی، فنلاند در سال ۱۱۹۰ میلادی، آلمان در سال ۱۲۲۲ میلادی و دانمارک در سال ۱۲۵۹ میلادی است.

در اروپا آسیاب‌های بادی بین قرون دوازدهم تا نوزدهم دایماً در حال پیشرفت بودند. در پایان قرن نوزدهم یک نمونه آسیاب بادی که قطر روتور آن ۲۵ متر و ارتفاع آن بیش از ۳۰ متر می‌رسد، استفاده می‌شد.

آسیاب‌های بادی نه تنها برای آرد کردن غلات استفاده می‌شد بلکه به منظور پمپاژ آب برای مصارف آشامیدن و مزارع مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در این زمان تنها در فرانسه در حدود ۱۸ تا ۲۰ هزار آسیاب‌بادی مدرن اروپایی وجود داشت و در کشور هلند ۹۰ درصد انرژی استفاده شده در صنعت از انرژی باد تامین می‌شد.

بعد از صنعتی شدن و کاهش استفاده از آسیاب‌های بادی نیز در سال ۱۹۰۴ میلادی همچنان ۱۱ درصد از انرژی صنعتی هلندی‌ها از انرژی باد تامین می‌شد و آلمانها بیش از ۱۸ هزار واحد در حال کار داشتند.

در هنگامی که نقش آسیاب‌های بادی اروپایی به تدریج شروع به کم‌رنگ شدن می‌کرد، آسیاب‌های بادی در آمریکای شمالی در حال توسعه بودند.

در آمریکای شمالی آسیاب‌های بادی کوچک به منظور پمپاژ آب برای مصرف دام‌های گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت و این آسیاب‌های بادی به نام آسیاب‌های بادی آمریکایی شناخته شدند. این آسیاب‌ها مداوم کار می‌کردند و نیاز به رسیدگی کردن و ملازم نداشتند.

آسیاب‌های بادی در هنگام وزش بادهای با سرعت بالا از مکانیزم »خودنگهدار« استفاده می‌کردند روش اروپایی‌ها اغلب خاموش شدن آسیاب و بستن پره‌ها بود (شبیه به کشتی‌های بادبانی) تا خسارتی به توربین بادی وارد نشود.

در آمریکا بیشترین استفاده از آسیاب‌های بادی مربوط به سالهای ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰ میلادی است که در حدود ۶۰۰ هزار واحد در حال کار بود.

انواع مختلف آسیاب بادی آمریکایی هنوز هم در نقاط مختلف جهان استفاده می‌شود .

در سال ۱۸۹۱ میلادی، دان‌پول لاکور اولین کسی بود که توانست برای تولید الکتریسیته توربین بادی بسازد. طی جنگ‌های جهانی اول و دوم، مهندسان دانمارکی این فن‌آوری را برای برطرف کردن کمبودهای انرژی، توسعه و پیشرفت دادند.

توربنی‌های بادی ساخته‌شده توسط کمپانی هلندی اسمیتس در سال ۱۹۴۰ تا ۱۹۴۲ میلادی توانست رقیب خوبی برای توربین‌های بادی مدرن خارجی باشد.

توربین‌های اسمیت همزمان با پیشرفت علم ایرودینامیک توسعه و پیشرفت خوبی داشت. در همین زمان، پالمر پوتنام یک توربین بادی بزرگ با قطر ۵۳ متر را برای کمپانی آمریکایی مورگان اسمیت ساخت. نه تنها سایز توربین منحصر به فرد و متفاوت بود بلکه طراحی علمی بسیار بالایی داشت.

طراحی هلندی‌ها بر اساس روتور رو به باد با تثبیت‌کننده استال بود که در سرعتهای پایین، عمل می‌کرد طراحی پاتنم بر اساس روتور پشت به باد با تثبیت‌کننده پیچ کنترل بود.

به هر حال توربین‌های پاتنم زیاد موفق نبودند. در سال ۱۹۴۲ میلادی این توربین به مراحل اجرا گذاشته شد.

بعد از جنگ جهانی دوم، یوهانس جول طراحی دانمارکی‌ها را در دانمارک گسترش و توسعه داد. توربین او در دانمارک نصب شد و در سالهای ۱۹۵۶ تا ۱۹۶۷ در حدود ۲/۲ میلیون کیلووات ساعت تولید داشت.

در همین زمان- هیوتر آلمانی یک نظریه جدید را توسعه داد. توربین‌های بادی او شامل دو پره فایبرگلاس و برج پشت به باد و هاب که پره‌ها به آن متصل می شد بود. توربین‌های هارتر با دانش بالایی که در آن بکار رفت دارای کارایی بالایی بود.

با وجود موفقیت‌های توربین‌های بادی جولز و هارتر، بعد از جنگ جهانی دوم علاقمندی به توربین‌های بادی بزرگ کاهش یافت. تنها تا حدودی توربین‌های بادی کوچک برای سیستم‌های دور از شبکه یا برای شارژ باطری‌ها مورد توجه قرار گرفت. بعد از بحران نفتی در سال ۱۹۷۰ میلادی دوباره علاقه به بکارگیری انرژی بادی از سر گرفته شد. منجمله پشتیبانی‌های مالی برای تحقیقات و توسعه انرژی بادی آغاز شد.

کشورهایی همچون آلمان، آمریکا و سوئد جهت توسعه توربین‌های بادی بزرگ برای تولید انرژی در محدوده مگاوات (MW) مبالغ هنگفتی را هزینه کردند. بهرحال بیشتر این طرح‌ها چندان موفقیت‌آمیز نبود تا اینکه مسائل تکنیکی را با مکانیزم پیچ کنترل مرتفع کردند.

بعضی از سازمانهای دولتی (از قبیل دانمارک) از تحقیقات در کشورشان پشتیبانی کردند و این میدان را توسعه داده و باعث پیشرفت انرژی بادی در مکانهای مختلف دنیا شدند.

در همین راستا کنفرانس PURPA در نوامبر ۱۹۷۸ در آمریکا برگزار شد و رئیس جمهور وقت آمریکا اهداف کنفرانس را در کاهش مصرف انرژی و توسعه از جهت بی‌نیازی به نفت خارجی‌ها برشمرد و این کنفرانس در توسعه سیستم‌های انرژی بادی نقش قابل توجهی داشت و در کوه‌های شرق سانفرانسیسکو و شمال لس‌آنجلس اولین مزارع بادی راه‌اندازی شد.

اولین مزارع بادی شامل توربین‌های بادی ۵۰ مگاوات بود و بعد از چند سال، در اواخر سال ۱۹۸۰ میلادی توربین‌های بادی ۲۰۰ مگاوات مورد استفاده قرار گرفت. مراحل توسعه توربین‌های بادی در آمریکا نشان داده شده است.

بیشتر توربین‌های صادراتی دانمارک، توسط شرکت‌های پول‌لیکر و جوهاتز جول طراحی شده و از نوع رو به باد و تنظیم گراستال بودند. در پایان سال ۱۹۸۰ میلادی در حدود ۱۵۰۰۰ توربین بادی با ظرفیتی در حدود ۱۵۰۰ مگاوات در کالیفرنیا نصب شد، در این زمان در آمریکا پشتیبانی‌های مالی از انرژی باد کاهش یافت، اما دراروپا این پشتیبانی در اوج بود و بعداًدر هندوستان نیز از این تکنولوژی حمایت شد.

در سال ۱۹۹۰ میلادی اروپایی‌ها بر اساس تعرفه‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از انرژی باد پشتیبانی زیادی بعمل آوردند.

به نظر می‌رسد که یکی از عوامل افزاینده رشد سریع بکارگیری توربین‌های بادی در بعضی از کشورهای اروپایی، بخصوص در آلمان و همینطور درهندوستان پشتیبانی‌های مذکور باشد.

به موازات توسعه بازار فروش، تکنولوژی نیز همچنان در حال پیشرفت بود. تا پایان قرن بیستم بعد از اینکه در بیست سال گذشته موفق به تست توربین‌های مگاواتی نشده بودند، توربین بادی ۱/۵ مگاوات یک تکنولوژی هنری بحساب می‌آمد.

بزرگترین ماشین بادی در زمان جنگ جهانی دوم توسط آمریکائیها ساخته شد .در شوروی سابق در سال ۱۹۳۱ ماشینی بادی با محور افقی بکار انداختند که انتظار می‌رفت ۱۰۰ کیلو وات برق به شبکه بدهد. ارتفاع برج ۲۳ متر و قطر پره‌ها ۳۰.۵ متر بود .

۱-۳- مزایای استفاده از انرژی باد

- عدم نیاز توربینهای بادی به سوخت که در نتیجه از میزان مصرف سوختهای فسیلی می کاهد.
- رایگان بودن انرژی باد
- توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق
- کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد در بلندمدت
- تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی
- قدرت مانور زیاد جهت بهره برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندین مگاوات)
- عدم نیاز به آب
- عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب
- ایجاد اشتغال
- نداشتن آلودگی زیست محیطی

گفته می‌شود انرژی بادی به دلیل اینکه طبیعت قطع وصل دارد و لازم است به وسیله نیروگاههای فسیلی حمایت شود باعث کاهش آلودگی هوا و کاهش گاز Co2 نمی‌شود. توربین‌های بادی جانشین ظرفیت تولید برق نیروگاههای فسیلی نمی‌شوند ولی انرژی بادی می‌تواند باعث کاهش مصرف سوخت فسیلی و بنابراین کاهش گاز CO_2 شود. برای تولید برق از طریق انرژی بادی هیچگونه سوختی مصرف نمی‌شود و تولید گاز آلوده کننده با تولید برق از طریق انرژی بادی ارتباط مستقیم ندارد. بهرحال برای ساخت نیروگاههای بادی بایستی از سایر منابع استفاده شود. تولید برق از انرژی بادی ممکن است از طریق سایر تأسیسات تولید در آلودگی هوا تأثیر غیر مستقیم داشته باشد و ممکن است در راندمان تأسیساتی که

برای ایجاد تعادل در عرضه و تقاضا مورد استفاده قرار می‌گیرند تأثیرگذار باشند مخصوصاً در صورتی که این تأسیسات سوخت‌های فسیلی مصرف کنند.

براساس مطالعه شبکه سراسری برق ایرلند اعلام شد که تولید برق از طریق باد باعث کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود. بنابراین باعث کاهش آلودگی هوا و کاهش گاز CO_2 از ۰/۵۹ تن در هر مگاوات ساعت به ۰/۳۳ تن در مگاوات ساعت خواهد شد. نیروی باد یک منبع تجدیدپذیر است یعنی استفاده از آن باعث تخلیه کردن ذخیره سوخت‌های فسیلی نمی‌شود. باد همچنین یک منبع انرژی تمیز است و بهره‌برداری از آن باعث تولید دی‌اکسیدکربن، دی اکسید گوگرد، جیوه یا سایر مواد آلوده‌کننده هوا نمی‌شود.

تولید نیروی برق فقط بخشی (حدود ۳۹ درصد در آمریکا) از استفاده از انرژی یک کشور را تشکیل می‌دهد بنابراین نیروی باد اثرات منفی استفاده از انرژی را تخفیف می‌دهد. از آنجائیکه باد می‌تواند برای تولید برق جایگزین سوخت شود نیروی باد می‌تواند باعث کاهش گرمای کره زمین شود.

گهگاه توفانها و گردبادهای سهمگینی در گوشه و کنار جهان پدیدار می‌شود که اگر نیروی آنها بطور صحیح بکار گرفته شود، می‌تواند به جای مخرب بودن ، مفید باشد. اصول بهره برداری از انرژی باد از نخستین کوششهای انسان تا کنون تغییر نکرده است. با وزش باد ، قایقها و کشتیها به حرکت در می‌آیند و یا پره آسیاب بادی از طریق دنده‌ها گردانده می‌شود .امروزه مولدهای الکتریسیته بادی به نحوی طراحی شده‌اند که از حداکثر نیروی باد بهره برداری شود و انرژی باد بجای آسیاب کردن غلات ، بوسیله یک ژنراتور توربینی تبدیل به الکتریسیته می‌شود .

گفته می‌شود که یکی از بزرگترین موانع بهره برداری از نیروی باد در بریتانیا ، مسأله تأثیر زیست محیطی آن است. بسیاری از مردم می‌گویند مولدهای بادی از نظر ظاهری ناخوشایند بوده و پر سر و صدا می‌باشند؛ بخصوص چون در نواحی زیبای خارج از مناطق شهری قرار دارند. اما باید گفت مولدی که سوخت آن زغال سنگ است، مسلما پر سر و صداتر و زشت تر از دکلهای آسیاب بادی خواهد بود. صدای متوالی توربینهای دکلهای آسیاب بادی برای کسانی که در نزدیکی آنها می‌باشند، یک موضوع مهم به شمار می‌رود. اکنون صدای این مولدها به کمک فناوری چرخ دنده‌ها و توربینهای سه تیغه‌ای قابل کنترل می‌باشد .

امروزه تکنولوژی استفاده از انرژی باد در بسیاری از کشورها در دسترس بوده و ارزانترین راه برای تهیه الکتریسیته از مشتقات انرژی خورشیدی تشخیص داده شده است. بهای انرژی تولید شده به عوامل محیطی و عملی و نیز نوع ماشین بکار گرفته شده بستگی دارد. با بررسیهای مختلفی که در زمینه قیمت استفاده از انرژی باد انجام گرفته است، نشان می‌دهد که گر چه هزینه ماشینهای بادی با بزرگی و نیز ازدیاد توان تخمینی آنها افزایش می‌یابد، ولی بهای هر کیلو وات انرژی آنها کاهش پیدا می‌کند.

وقتی کاربردهای جمعی ماشینهای بادی مورد نظر باشد، هزینه‌های کاربردهای جمعی ماشینها در ابعاد کوچک است. لازم به یاد آوری است که در انتخاب دستگاههای بزرگ محدودیتهایی وجود دارد. مثلا اگر سرعت انتهایی پره ماشین بادی به حد سرعت صوت و یا بیشتر برسد تولید موج ضربه کرده و سبب گرم شدن و فرسودگی و از کار افتادن سریع ماشین می‌شود.

علاوه بر اینکه باید سعی شود تا ماشینهای بادی هزینه اصلی (هزینه ساخت روتور ، دکل و ..) کمتری داشته باشند و بایستی در محلهایی نیز که باد قابل ملاحظه‌ای دارند نصب شوند و ماشین برای سرعت باد

عملی تنظیم شده باشد. تهیه ماشینی که برای تمام سرعتهای باد کار کند، گرانتر تمام می‌شود. ماشینهای معمولی بادی اصولا برای جلوگیری از مصرف سوختهای دیگر در ایام وزش باد بکار می‌روند و همراه با سایر دستگاههای تولید انرژی نیز ار آنها استفاده می‌شود.

اگر از ماشین بادی بصورت تنها منبع انرژی استفاده شود، باید دستگاههای ذخیره انرژی در کنار ماشینهای بادی نظیر انباره‌ها ، ذخیره هیدروژن به توسط الکتریسیته ، دستگاههای ذخیزه حرارتی ، دستگاههای ذخیره انرژی جنبشی (چرخ طیار ، دستگاههای الکترومغناطیسی فوق هادی) ، دستگاههای ذخیره انرژی پتانسیل (نظیر دستگاههای سیالی پمپی با دستگاههای ذخیره فشاری) بکار گرفته شوند. با اضافه کردن دستگاههای دخیره ، بهای برق تولیدی ممکن است به مراتب افزایش یابد .

۱-۴- انواع توربین های بادی و مکانیسم کار آنها

الف- توربینهای بادی با محور چرخش عمودی

این توربینها از دو بخش اصلی تشکیل شده اند: یک میله اصلی که رو به باد قرار می گیرد و میله های عمودی دیگر که عمود بر جهت باد کار گذاشته می شوند. این توربینها شامل قطعاتی با اشکال گوناگون بوه که باد را در خود جمع کرده و باعث چرخش محور اصلی می گردد. ساخت این توربینها بسیار ساده بوده و همچنین بازده پایین نیز دارند عمده ترین توربین های بادی محور عمودی عبارتند (ساوینیوس داریوس، صفحه ای و کاسه ای). در این توربینها در یک طرف توربین، باد بیشتر از طرف دیگر جذب می شود و باعث می شود که سیستم لنگر پیدا کرده و بچرخد. یکی از مزایای این سیستم وابسته نبودن آن جهت وزش بادمی باشد

ب – توربینهای بادی با محور چرخش افقی

این توربینها نسبت به مدل محور عمودی رایج تر بوده همچنین از لحاظ تکنولوژیک پیچیده تر و گرانتر نیز می باشند. ساخت آنها مشکلتر از نوع محور عمودی بوده ولی راندمان بسیار بالایی دارند. در سرعتهای پایین نیز توانایی تولید انرژی الکتریکی را داشته و توانایی تنظیم جهت در مسیر وزش باد را نیز دارند. این توربینها ۳ یا در مواردی ۲ پره می باشند که روی یک برج بلند نصب می شوند. این پره ها همواره در جهت وزش باد قرار می گیرند.

ج- مکانیسم کار توربین های بادی و اجزا آن

مراحل کار یک توربین کاملاً عکس مراحل کار پنکه می باشد. در پنکه انرژی الکتریسیته به انرژی مکانیکی تبدیل شده و باعث چرخیدن پره می شود. در توربینهای بادی چرخش پره ها انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل کرده، سپس الکتریسیته تولید می گردد. باد به پره ها برخورد می کند و آنها را می چرخاند. چرخش پره ها باعث چرخش محور اصلی می شود و این محور به یک ژنراتور برق متصل می باشد. چرخش این ژنراتور، برق متناوب تولید می نماید. در ضمن شکل زیر اجزا یک توربین بادی محور افقی را نشان می دهد.