١٣٤٤٣

دانشگاه بیرجند
دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد برق (قدرت)

عنوان:

امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در استان خراسان جنوبی

استاد راهنما:
دکتر محمدرضا آقاابراهیمی

استاد مشاور:
دکتر حمیدرضا نجفی

نگارش:
محمد کمالی مقدم

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تاریخ مدارک
۱۳۸۸/۱۲/۲۶

اسفند ۸۷

۱۳۴۱۴۳

کلیه مزایا اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ... از پایان نامه کارشناسی ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ می باشد. نقل مطالب با ذکر منابع بلامانع است.

به نام خدا

فرم شماره
۵

دانشگاه بیرجند
مدیریت تحصیلات تکمیلی

تاریخ : ۸۷/۱۲/۱۹
شماره : .....
پیوست : .....

صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد خانم / آقای محمد کمالی مقدم

به شماره دانشجویی: ۸۵۱۳۳۰۲۰۲۰ رشته: برق گرایش: قدرت دانشکده: مهندسی دانشگاه بیرجند

تحت عنوان : امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در استان خراسان جنوبی و بررسی شبکه قدرت موجود

به ارزش: ۶ واحد درساعت: ۱۲/۰۰ روز: دوشنبه مورخ: ۸۷/۱۲/۱۹

با حضور اعضای محترم جلسه دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی به شرح ذیل تشکیل گردید :

سمت	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنمای اول	دکتر محمدرضا آقابراهیمی	استادیار	
استاد راهنمای دوم	—	—	—
استاد مشاور اول	دکتر حمیدرضا نجفی	استادیار	
استاد مشاور دوم			
داور اول	دکتر حمیدرضا فلقی	استادیار	
داور دوم	دکتر محمدعلی شمسی نژاد	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمود عبادیان	استادیار	

نتیجه ارزیابی به شرح زیر مورد تایید قرار گرفت:

قبول ☒ (با درجه: **۲** و امتیاز: **۱۷**) دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱- عالی (۲۰-۱۸) ۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶) ۳- خوب (۱۵/۹۹ – ۱۴) ۴- قابل قبول (۱۳/۹۹ -۱۲)

تقدیم به:

پدر مهربان

و مادر فداکارم

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خدای قادر و متعال را که توفیق گام برداشتن در جهت علم را به اینجانب عنایت فرمود. بر خود لازم می‌دانم تا از عزیزانی که در این راه مرا یاری نموده‌اند قدردانی نمایم.

از زحمات ارزشمند استاد محترم آقای دکتر محمدرضا آقاابراهیمی که در تمامی مراحل انجام پایان‌نامه همراه و پشتیبان من بودند، تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از دکتر حمیدرضا نجفی که بعنوان مشاور مرا در این راه یاری نموده‌اند و از اساتید بزرگوار دکتر حمید فلقی و دکتر محمدعلی شمسی‌نژاد که زحمت مطالعه و داوری این پایان نامه را برعهده داشته‌اند سپاس گذاری می نمایم.

از اساتید و کارمندان گروه برق و دیگر عزیزانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده‌اند قدردانی می‌نمایم.

فهرست مطالب

چکیده ۱
فصل اول: مقدمه ۲
فصل دوم: انرژی بادی ۴
۲-۱- مقدمه ۴
۲-۲- شناخت انرژی ۴
۲-۳- انرژی بادی ۵
۲-۴- قدرت باد ۶
۲-۵- تغییرات سرعت باد نسبت به ارتفاع ۶
۲-۶- کلباد و کلباد انرژی ۷
۲-۷- پروفیل سرعت باد ۸
۲-۸- سوابق تاریخی استفاده از انرژی بادی (قبل از سال ۲۰۰۰) ۸
۲-۸-۱- تاریخچه ۸
۲-۸-۲- تجربه آمریکایی ها ۹
۲-۸-۳- تجربه دانمارکی ها ۱۰
۲-۸-۴- تجربه فرانسوی ها ۱۱
۲-۸-۵- تجربه روسی ها ۱۲
۲-۸-۶- تجربه هندی ها ۱۲
۲-۸-۷- تجربه انگلیسی ها ۱۲
۲-۸-۸- تجربه آلمانی ها ۱۳
۲-۹- وضعیت موجود انرژی بادی در جهان ۱۳
۲-۹-۱- حالت عمومی جریانات هوایی ۱۳
۲-۹-۱-۱- در سطح ۱۳
۲-۹-۱-۲- در ارتفاعات ۱۵
۲-۹-۲- جریان عمومی در عرض های بالا و متوسط ۱۵
۲-۹-۲-۱- اهمیت جریانات غربی ۱۵
۲-۹-۲-۲- پیچیدگی نیمکره شمالی ۱۶
۲-۹-۲-۳- جریانات هوا در ارتفاعات و جریانات جت ۱۷
۲-۹-۳- « سد » فشارهای زیاد مجاور مداری ۱۹
۲-۹-۴- جریانات هوا در منطقه بین المدارین ۲۰
۲-۹-۵- آلیزه ها ۲۱
۲-۹-۶- انواع جریانات هوایی در نواحی استوایی ۲۲
۲-۱۰- وضعیت موجود انرژی بادی در ایران ۲۳

۲-۱۰-۱- تجربه ایرانیان ۲۳
۲-۱۰-۲- موقعیت جغرافیایی ایران ۲۳
۲-۱۰-۳- باد های ایران ۲۵
۲-۱۱- وضعیت جهانی انرژی باد در سال ۲۰۰۵ و پس از آن ۲۵
۲-۱۱-۱- مقدمه ۲۵
۲-۱۱-۲- اثرات اقتصادی برق بادی ۲۶
۲-۱۱-۳- توسعه جهانی و بهره گیری از پتانسیل عظیم برق بادی ۲۷
۲-۱۱-۴- وضعیت بازار جهانی انرژی باد ۲۷
۲-۱۱-۴-۱- بررسی بازار جهانی برق بادی به تفکیک مناطق مختلف دنیا ۲۸
۲-۱۱-۴-۱-۱- اروپا ۲۸
۲-۱۱-۴-۱-۲- امریکای شمالی ۲۸
۲-۱۱-۴-۱-۳- آسیا ۲۹
۲-۱۱-۴-۱-۴- امریکای لاتین ۳۰
۲-۱۱-۴-۱-۵- استرالیا ۳۰
۲-۱۱-۴-۱-۶- آفریقا ۳۰
۲-۱۲- گزارش عملکرد سالیانه نیروگاه های برق بادی کشور در سال ۱۳۸۴ ..... ۳۲
۲-۱۲-۱- مقدمه ۳۲
۲-۱۲-۲- ظرفیت و تعداد توربین های نصب شده ۳۲
۲-۱۲-۳- تولید انرژی ۳۶
۲-۱۲-۴- عملیات اجرایی ۳۷
۲-۱۲-۵- برنامه مصوب تا پایان سال ۱۳۸۵ ..... ۴۱
۲-۱۳- پیش بینی بازار برق بادی طی سالهای ۲۰۱۰-۲۰۰۶ ..... ۴۱

فصل سوم: یک نمودار گردشی و برنامه رایانه ای برای مکان یابی نیروگاه بادی ۴۷

۳-۱- مقدمه ۴۷
۳-۲- نمودار گردشی پیشنهادی برای مکان یابی نیروگاه بادی ۴۷
۳-۳- مطالعات اولیه برای تعیین مکانهای بالقوه مطلوب ۵۰
۳-۳-۱- مقدمه ۵۰
۳-۳-۲- برداشت اطلاعات باد بلند مدت (ایستگاه های هواشناسی) ۵۰
۳-۳-۳- تاریخچه استفاده از باد در منطقه ۵۰
۳-۳-۴- توپوگرافی ۵۱
۳-۳-۴-۱- روش تهیه یک مقطع توپوگرافی ۵۱
۳-۳-۴-۲- نقشه های زمین شناسی ۵۱
۳-۳-۵- نوع آب و هوای منطقه ۵۱
۳-۳-۶- نزدیکی خطوط انتقال ۵۲
۳-۳-۷- نزدیکی مسیرهای مشرف به منطقه ۵۲
۳-۳-۸- فاصله مناسب تا مناطق مسکونی ۵۲
۳-۳-۹- محدوده کافی برای نصب توربین های بادی ۵۲

۳-۴- برآورد هزینه های احداث نیروگاه بادی در مکانهای بدست آمده ۵۲
۳-۴-۱- هزینه تحقیقات ۵۲
۳-۴-۲- هزینه زیرسازی ۵۳
۳-۴-۳- هزینه نصب توربین ۵۳
۳-۴-۴- هزینه اتصال توربین به شبکه فشار قوی ۵۳
۳-۴-۵- هزینه تعمیرات و نگهداری ۵۳
۳-۵- برآورد درآمد های ناشی از تولید و فروش توان توسط نیروگاه بادی ۵۴
۳-۶- مقایسه درآمدها با هزینه ها ۵۵
۳-۷- تبدیل نمودار گردشی پیشنهادی به یک برنامه رایانه ای ۵۵
۳-۸- تحقیقات نهایی برای نصب توربین ۵۶
فصل چهارم: امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در استان خراسان جنوبی ۵۹
۴-۱-آشنایی با استان خراسان جنوبی و پتانسیل های بادی موجود در این استان ۵۹
۴-۱-۱- مقدمه ۵۹
۴-۱-۲- موقعیت جغرافیایی ۵۹
۴-۱-۳- جغرافیای طبیعی ۶۰
۴-۱-۴- آب و هوا ۶۱
۴-۱-۵- پیشینه تاریخی ۶۱
۴-۱-۶- جمعیت ۶۲
۴-۱-۷- خلاصه ای درباره شرکت توزیع برق استان خراسان جنوبی ۶۳
۴-۲- برداشت اطلاعات بلند مدت از ایستگاه های موجود در استان خراسان جنوبی ۶۷
۴-۲-۱- مقدمه ۶۷
۴-۲-۲- فراوانی و درصد سالانه بادهای منطقه ۶۷
۴-۲-۲-۱- ایستگاه بیرجند ۶۷
۴-۲-۲-۲- ایستگاه نهبندان ۷۰
۴-۲-۲-۳- ایستگاه فردوس ۷۱
۴-۲-۲-۴- ایستگاه قائن ۷۲
۴-۳- نقشه زمین شناسی ۷۳
۴-۳-۱- نقشه روستا هایی که دارای جمعیت بیش از ۱۰۰ نفر هستند ۷۳
۴-۳-۲- نقشه راه های استان ۷۴
۴-۳-۳- نقشه خطوط انتقال برق فشار قوی ۷۵
۴-۳-۴- نقشه توپوگرافی استان ۷۷
۴-۳-۵- نوع آب و هوای منطقه ۷۸
۴-۳-۶- بررسی منطقه ای استان خراسان جنوبی از لحاظ امنیتی ۷۹
۴-۳-۷- نتیجه گیری از اطلاعات جغرافیایی منطقه و تعیین نقاط مناسب ۷۹
۴-۴- برآورد هزینه های نقاط بدست آمده ۸۱

۴–۵– برآورد درآمدهای نقاط بدست آمده ۸۲
۴–۶– استفاده از برنامه رایانه ای پیشنهادی برای بررسی نهایی نقاط به دست آمده ۸۲

فصل پنجم: بررسی مشکلات ناشی از تغییرات سرعت باد ۸۵

۵–۱– مقدمه ۸۵
۵–۲– پیدا کردن مشکلات شبکه شبیه سازی شده ۸۵
۵–۲–۱– تغییرات سرعت باد ۸۵
۵–۲–۲– مدل شبیه سازی شده ۸۶
۵–۲–۳– نتیجه اتصال کوتاه در مدل شبیه سازی شده ۸۷
۵–۳– روش پیشنهادی برای کاهش مشکلات ۹۰
۵–۳–۱– مدل پیشنهادی ۹۰
۵–۳–۲– نتایج بدست آمده در مدل با استفاده از Statcom ۹۱
۵–۴– مقایسه نتایج بدست آمده در دو مرحله ۹۳

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۵

منابع ۹۷

فهرست شکل ها

شکل ۱–۱– روند گرم شدن زمین بین سالهای ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۶ ..... ۳
شکل ۲–۱– نمودار گلباد سالیانه در شهر بیرجند ۷
شکل ۲–۲– چند نمونه از گلبادهای ماهیانه شهرستان بیرجند ۸
شکل ۲–۳– انواع بادهای موجود در جهان ۱۴
شکل ۲–۴– مقایسه سهم ظرفیت نصب شده توربین بادی در سالهای مختلف (٪) ۳۳
شکل ۲–۵– توان و سهم مجموع نصب شده از هر ظرفیت توربین ۳۴
شکل ۲–۶– تعداد و سهم هر یک از ظرفیت های مختلف توربین های نصب شده در منجیل و رودبار ۳۵
شکل ۲–۷–ظرفیت مجموع و سهم هر سایت از مجموع ظرفیت نصب شده ۳۶
شکل ۲–۸– تولید سالانه نیروگاههای برق بادی از سال ۱۳۷۵الی ۱۳۸۴ ..... ۳۷
شکل ۲–۹– توان نصب و به بهره برداری رسیده نیروگاه بادی (تجمعی و سالیانه) برحسب مگاوات ۳۹
شکل ۲–۱۰– تولید ماهیانه نیروگاه بادی منجیل در سال ۱۳۸۴ به کیلووات ساعت ۳۹
شکل ۲–۱۱– ظرفیت تجمعی نصب شده ۱۰ کشور برتر (دسامبر ۲۰۰۵) ۴۳
شکل ۲–۱۲– پیشبینی نصب توربین های بادی تا سال ۲۰۱۰ ..... ۴۵
شکل ۲–۱۳– میزان ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۰۷ و سال های قبل از ۲۰۰۷ ..... ۴۵
شکل ۲–۱۴– میزان رشد نصب انرژی بادی در سال ۲۰۰۷ بر حسب قاره ۴۶
شکل ۲–۱۵– میزان رشد کل ظرفیت انرژی بادی نصب شده تا سال ۲۰۰۷ بر حسب قاره ۴۶
شکل ۳–۱– نمودار گردشی برای یافتن بهترین نقطه برای احداث نیروگاه بادی ۴۹
شکل ۳–۲– منحنی توان – سرعت باد ۵۴
شکل ۳–۳– نحوه نصب دکل هواشناسی ۵۷
شکل ۴–۱– محل ایستگاه های هواشناسی در استان خراسان جنوبی ۶۸
شکل ۴–۲– گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی بیرجند ۶۹
شکل ۴–۳– گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی نهبندان ۷۱
شکل ۴–۴– گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی فردوس ۷۲
شکل ۴–۵– گلباد سالیانه ایستگاه هواشناسی قائن ۷۳
شکل ۴–۶– نقشه روستاهایی که بیش از ۱۰۰ نفر جمعیت دارند ۷۴
شکل ۴–۷– نقشه راه های استان خراسان جنوبی ۷۵
شکل ۴–۸– نقشه خطوط انتقال و پست های موجود در استان ۷۶
شکل ۴–۹– نقشه توپوگرافی استان خراسان جنوبی ۷۷
شکل ۴–۱۰– نقشه توپوگرافی استان خراسان جنوبی ۷۸
شکل ۴–۱۱– نتیجه همپوشانی نقشه های مختلف بدست آمده از استان خراسان جنوبی ۸۰
شکل ۴–۱۲– نمودار هزینه ها و درآمدهای بهترین مکان بدست آمده ۸۴
شکل ۵–۱– مدلی از اتصال یک مزرعه بادی به سیستم قدرت ۸۵
شکل ۵–۲– مدل تغییرات سرعت باد ۸۶
شکل ۵–۳– مدل مورد مطالعه ۸۶
شکل ۵–۴– اتصال کوتاه سه فاز به زمین (در سرعت باد ثابت ۱۰ متر بر ثانیه) ۸۷
شکل ۵–۵– خطای سه فاز به زمین در زمان افزایش سرعت باد ۸۸
شکل ۵–۶– خطای دو فاز اتصال به زمین (در سرعت باد ثابت ۱۰ متر بر ثانیه) ۸۸
شکل ۵–۷– خطای دو فاز به زمین در سرعت باد افزایشی ۸۸

شکل ۵–۸– خطای سه فاز به زمین (در سرعت باد ثابت ۷ متر بر ثانیه) ۸۹
شکل ۵–۹– خطای سه فاز به زمین در سرعت باد کاهشی ۸۹
شکل ۵–۱۰– مدل پیشنهاد شده ۹۰
شکل ۵–۱۱– خطای سه فاز به زمین (با سرعت باد ثابت ۱۰ متر بر ثانیه) ۹۱
شکل ۵–۱۲– خطای سه فاز به زمین با سرعت باد افزایشی ۹۱
شکل ۵–۱۳– خطای دو فاز به زمین (با سرعت باد ثابت ۱۰ متر بر ثانیه) ۹۲
شکل ۵–۱۴– خطای دو فاز به زمین با سرعت باد افزایشی ۹۲
شکل ۵–۱۵– خطای سه فاز به زمین (با سرعت باد ثابت ۷ متر بر ثانیه) ۹۲
شکل ۵–۱۶– خطای سه فاز به زمین با سرعت باد کاهشی ۹۳

فهرست جدول ها

جدول ۲–۱– سرعت متوسط بادها در نیمکره شمالی و جنوبی ۱۵
جدول ۲–۲– ظرفیت های نصب شده برق در ۱۰ بازار برتر ۲۹
جدول ۲–۳– ظرفیت جهانی نصب شده برق بادی به تفکیک مناطق مختلف ۳۱
جدول ۲–۴– مقایسه تعداد و ظرفیت توربین های بادی نصب شده در سایت های منجیل و رودبار ۳۳
جدول ۲–۵– توزیع فراوانی ظرفیت توربین های بادی نصب شده در منجیل و رودبار ۳۴
جدول ۲–۶– ظرفیت و تعداد توربین های نصب شده به تفکیک سایت ۳۵
جدول ۲–۷– انرژی تولیدی در سال های مختلف و سهم و رشد سالانه ۳۶
جدول ۲–۸– تولید توربین های بادی در سال ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ به کیلو وات ساعت ۴۰
جدول ۲–۹– رتبه بندی کشورهای مختلف تا سال ۲۰۰۸ از نظر ظرفیت نصب شده بادی ۴۴
جدول ۴–۱– موجودی شبکه انتقال و فوق توزیع ۶۴
جدول ۴–۲– پیشرفت عملیات احداث خطوط انتقال و فوق توزیع (سال ۱۳۸۶) برق منطقه خراسان ۶۵
جدول ۴–۳– پیشرفت عملیات احداث پست ها ۶۶
جدول ۴–۴– مشخصات باد ایستگاه هواشناسی بیرجند ۶۹
جدول ۴–۵– مشخصات باد ایستگاه هواشناسی نهبندان ۷۰
جدول ۴–۶– مشخصات باد ایستگاه هواشناسی فردوس ۷۱
جدول ۴–۷– مشخصات باد ایستگاه هواشناسی قائن ۷۲
جدول ۴–۸– مقادیر اولیه ای که بعنوان ورودی به برنامه نوشته شده داده شده است ۸۳
جدول ۴–۹– اطلاعات داده شده توسط برنامه، جهت مقایسه نقاط مختلف ۸۴

چکیده

در این پژوهش ابتدا در مورد باد و نمودارهای مختلف مربوط به باد توضیحاتی داده شده است. سپس انرژی باد مورد بررسی قرار گرفته و تاریخچه استفاده از این انرژی پاک در جهان و ایران بررسی شده و به اختصار بازار های برق بادی در جهان معرفی شده اند.

سپس با مطالعه و بررسی نحوه امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در جهان، یک نمودار گردشی ارائه شده و قسمت هایی از این نمودار مورد بحث قرار گرفته اند.

قسمت اول این نمودار گردشی، که فاز صفر این نمودار است، را باید بصورت تحقیقاتی انجام داد تا نتایج اولیه ای بدست آید. سپس، برای ادامه این نمودار گردشی یک برنامه رایانه ای نوشته شده است که با دادن اطلاعات بدست آمده از فاز صفر به آن می توان بهترین مکان را بدست آورد.

در ادامه پژوهش، ابتدا شرایط استان خراسان جنوبی به طور مختصر بررسی شده است. از جمله این موارد می توان از خطوط انتقال برق، توپوگرافی و سایر مسائل دیگر که با امکان سنجی نیروگاه های بادی مرتبط می باشند نام برد.

سپس استان خراسان جنوبی بعنوان یک نمونه آزمایشی در نمودار گردشی استفاده شده و در مورد نقاطی از این استان که قابلیت نصب نیروگاه بادی در آنها وجود دارد، بحث شده است. با توجه به اطلاعات بدست آمده از این استان، نقاطی می توانند مورد نظر قرار گیرند که پس از دادن اطلاعات مربوط به این نقاط به برنامه نوشته شده، به عنوان بهترین مکان تعیین شوند. نتایج نهایی مربوط به تمامی نقاط بصورت جدولی در نرم افزار excel به کاربر داده می شود.

در ادامه یکی از مشکلاتی که نیروگاه های بادی با آن مواجه هستند مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل نوسانات سرعت باد که تقریبا بصورت دائم رخ می دهند و اتصال کوتاه های گذرا که بصورت ناگهانی اتفاق می افتند و با توجه به مشکلات بوجود آمده در صورتی که این اتفاقات بصورت همزمان واقع شوند، بررسی هایی انجام شده است. با شناخت این مشکلات، بررسی هایی انجام گرفته است تا بتوان این مشکلات را تا حد امکان برطرف نمود.

در انتهای این پایان نامه نتیجه گیری انجام شده و در مورد نتایج بدست آمده و مکان های پیشنهاد شده در این پایان نامه بحث هایی صورت گرفته است. پس از نتیجه گیری های لازم، پیشنهاد هایی به مسؤولین مربوطه داده شده است تا بتوان از نتایج این پژوهش به بهترین نحو استفاده شود.

واژگان کلیدی: نیروگاه بادی- شبکه قدرت- خراسان جنوبی

فصل اول

مقدمه

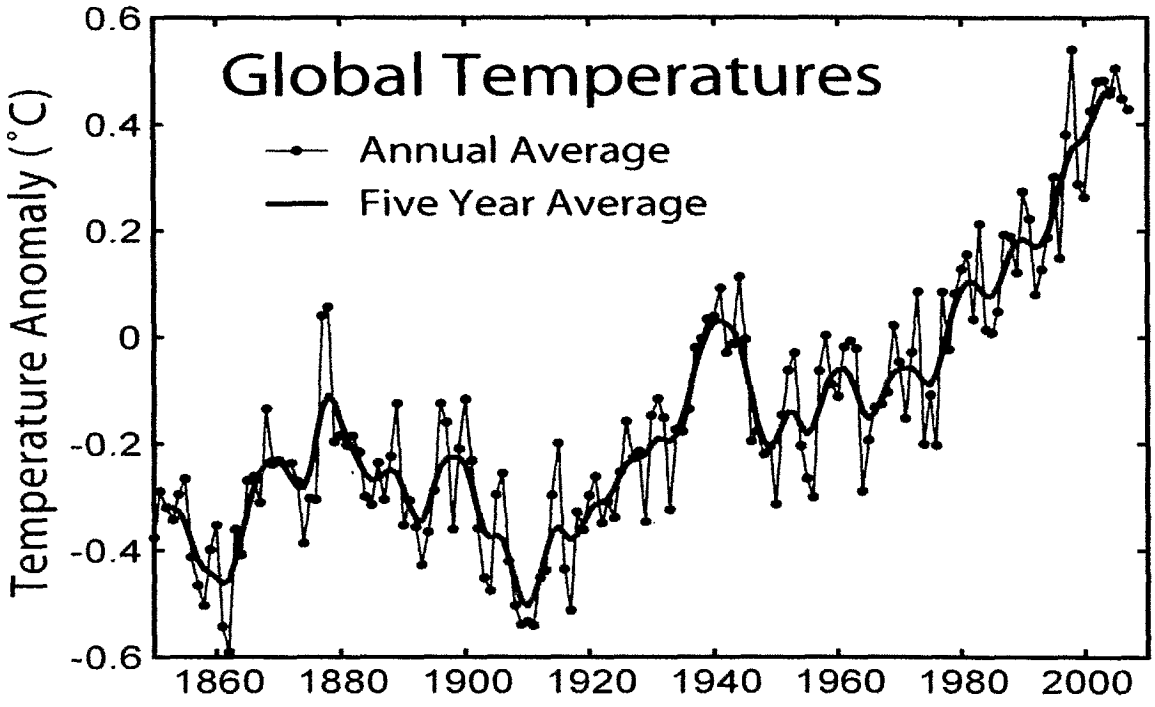
گرمایش زمین نام پدیده‌ای است که منجر به افزایش میانگین دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها گردیده است. همان گونه که در شکل (۱-۱) مشاهده می شود، در طول ۱۰۰ سال گذشته، کره زمین به طور غیرطبیعی حدود ۰/۷۴درجه سانتیگراد گرمتر شده است. برخی از دانشمندان معتقدند که دهه‌های پایانی قرن بیستم، گرم‌ترین سال‌های ۴۰۰ سال اخیر بوده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۴ زمین شاهد رکورد بی‌سابقه «گرم شدن» باشد بطوریکه در سال ۲۱۰۰ باعث خشکسالی شدید، گرمای سوزان و طوفان‌های وحشتناک خواهد شد.

اثر گلخانه‌ای به خودی خود برای بقای زمین امری ضروری است. همانطور که می‌دانیم، زمین گرمای مورد نیاز خود را از نور خورشید تأمین می‌کند. بخشی ازاین انرژی، در زمان تابش نور به زمین، جذب شده و باقی آن انعکاس پیدا کرده و باز می‌گردد. اما در بین راه، گازهای گلخانه ای مانند شیشه‌های یک گلخانه عمل کرده و اجازه خروج کامل این انرژی را نمی‌دهند و بدین وسیله مقدار گرمای بیشتری را برای زمین حفظ می‌کنند.

در صورت فقدان اثر گلخانه‌ای دمای زمین حدود ۳۰ درجه سانتیگراد سردتر از دمای کنونی خود و مکانی غیرقابل زیست بود. اما بدیهی است که افزایش میزان این گازها، باعث ذخیره شدن بیش از حد گرما شده و چرخه از حالت طبیعی خود خارج می‌شود.

گاز دی اکسید کربن، که عمدتاً از کاربرد سوخت‌های فسیلی ناشی می‌شود، به عنوان یکی از عوامل افزایش دمای زمین مطرح است. تغییرات جوی که در سراسر جهان مشاهده می‌شود به احتمال زیاد ناشی از عواملی است که بشر در آنها دست دارد. ولی برخی از محققین افزایش حرارت در سال‌های اخیر را به فعالیت‌های خورشیدی و تابش آن نسبت داده اند. عده ای نابودی و آتش‌سوزی جنگل‌ها را یکی از دلایل گرم شدن دمای زمین مطرح کرده اند و برخی نیز گازهای گلخانه‌ای را عامل گرمایش زمین می دانند.

تخمین مجموعه ذخایری که نهایتا در جهان قابل استحصال است، دشوار است. در اینجا منظور ذخایری است که پتانسیل تولید انرژی دارند و با قیمت های اقتصادی و بدون مشکلات لاینحل استخراج ، قابل استحصال هستند. با این حال، منابع فسیلی جهان واقعا محدود است و اگر تهی شدن منابع فسیلی ملاک عمل باشد، جهان زمان قابل ملاحظه‌ای در اختیار دارد تا از وابستگی های شدید خود به سوخت های فسیلی بکاهد و به سمت انواع جایگزین دیگر عرضه انرژی روی آورد.



شکل ۱-۱- روند گرم شدن زمین بین سالهای ۱۸۵۰ تا ۲۰۰۶

کشور ایران از لحاظ منابع مختلف انرژی یکی از غنی ترین کشورهای جهان محسوب می گردد، چرا که از یک سو دارای منابع گسترده سوخت های فسیلی و تجدید ناپذیر نظیر نفت و گاز است و از سوی دیگر دارای پتانسیل فراوان انرژی های تجدید پذیر از جمله باد می باشد.

با توسعه نگرش های زیست محیطی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره برداری از منابع انرژی های تجدید ناپذیر، استفاده از انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی مطرح در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. استفاده از تکنولوژی توربین های بادی به دلایل مختلف می تواند یک انتخاب مناسب در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدید پذیر باشد.

در این پژوهش، بر مبنای تحقیقات انجام شده در سال های اخیر و با توجه به تاریخچه استفاده از انرژی باد، یک نمودار گردشی ارائه شده است. برای امکان سنجی احداث نیروگاه بادی در یک منطقه می توان از این نمودار گردشی و برنامه رایانه ای مرتبط با آن استفاده کرد. در انتها برای بررسی صحت عملکرد این نمودار، استان خراسان جنوبی با استفاده از آن بررسی شده و چند نقطه مناسب برای این منظور بدست آمده است.

در انتهای این پژوهش نیز به یکی از مشکلات نیروگاه های بادی پرداخته شده و برای رفع این مشکلات راه حلی ارائه شده است.

فصل دوم

انرژی بادی

۲-۱- مقدمه :

بادهای جهان جمعا حدود۲۷۰۰TW انرژی در خود نهفته دارند (هر TWبرابر است بـا $۱۰^{۱۲}$ وات). هزاران سال است که انسان برای به دست آوردن جزء بسیارکوچکی از این انرژی ، از آسبادها استفاده می کند . در سالهای اخیر با بالا رفتن قیمت انرژی های فسیلی ، دوباره اذهان متوجه نیروی بادی شده است. انرژی بادی به علت رایگان بودن و آلوده نساختن محیط زیست بیشتر مورد توجـه قـرار دارد. اسـتفاده از نیروی باد برای نیازهای محلی بسیار مناسب است. ازTW ۲۷۰۰ انرژی موجود در باد حدود یک چهـارم آن در۱۰۰کیلومتری زمین قرار داد. با احداث مبدل های بادی در سراسر جهان حـداکثرTW ۴۰ انـرژی می توان به دست آورد. با این حال حتی ۱۰ درصد از این مقدار انرژی یعنی TW ۴ از ظرفیت کل انرژی آبی جهان بیشتر است. قبل از نصب دستگاه توربین بادی لازم است نقاط بـادخیز تعیـین و مطالعـاتی در خصوص شدت و دوام باد در طول سال بعمل آید و دستگاه توربین بادی در مکانی نصب شود که بـاد بـه اندازه کافی در اکثر فصول سال وجود داشته باشد .

۲-۲- شناخت انرژی

برای درک سیستم انرژی از نقطه نظر فیزیکی لازم است مراحلی را که انـرژی در جریـان تبـدیل و بهره برداری نهایی می پیماید بدانیم.

((انرژی اولیه)) انرژی است که از طبیعت به دست آمده باشد مانند انـرژی بـاد ، آب سـدها، نفـت، زغال و... بندرت ممکن است این انرژی صورت ((انرژی نهایی)) یعنی انرژی آماده برای مصرف را داشـته باشد .

یکی از انواع انرژی آماده برای برای مصرف ،گاز طبیعی است و به همین جهت بسیار مورد توجه قرار دارد . اکثر انرژی های اولیه را باید به انرژی ثانویه بدل کرد تا بتوان از آن اسـتفاده نمـود . الکتریـسیته و بنزین جزء این دسته محسوب می شوند . برای اینکه انرژی بسهولت به دست مصرف کننده برسد باید در آن تغییراتی داده شود که به آسانی قابل انتقال و حمل بوده تا مورد استفاده قرار گیرد . در بسیاری موارد برای رساندن انرژی به دست مصرف کننده، از شبکه های برق فشار قوی ، لوله های گاز رسانی و سرانجام سیستم های گرمایی استفاده می شود . سوختهای مایع به دلیل سهولت حمل و نقل و ذخیره کردن آنها مورد توجه قرار دارند.[۱و۲]

تبدیل انرژی اولیه به انرژی ثانویه به طرق مختلف صورت میگردد .برای مثال در نیروگاه ها، الکتریسیته تولید می گردد و یا در پالایشگاهها، نفت خام، به بنزین، سوخت هواپیما، سوخت موتور دیزل وغیره تبدیل می شود . در بعضی موارد این تبدیل راه طولانی را طی می کند . مثلا انرژی هسته ای قبل از رسیدن به نیروگاه برق مراحل تبدیل شیمیایی ، غنی کردن ایزوتوپی و سرانجام تبدیل به سوخت را طی میکند . در بعضی موارد دیگر کار تبدیل انرژی به کمک یک ماشین ساده مثلا ژنراتور بادی (توربین بادی مولد برق) صورت می گیرد . لازم به یادآوری است که در تمام این تبدیل ها ((اتلاف تبدیلی)) و در جریان رساندن آن به مصرف کننده ((اتلاف انتقالی)) وجود دارد . آخرین مرحله عبارت است از تبدیل ((انرژی ثانویه)) به ((انرژی نهایی)) به آن صورت که مثلا وارد موتور یا لامپ روشنایی شده و تبدیل به انرژی مفید گردد .

۲-۳- انرژی بادی

بر روی زمین جایی یافت نمی شود که گاهی باد نوزد ، و نیز جایی یافت نمی شود که همه اوقات باد بوزد. در بسیاری از نقاط روی زمین شدت و مدت وزش باد به حدی است که یک منبع نیروی بالقوه ایجاد کند. این نیروی رایگان می تواند برای رفع قسمتی از انرژی مورد نیاز مردم جهان مورد استفاده قرار گیرد.

مطالعه و رفع نقائص برای استفاده عملی از نیروی باد به دو منظور انجام می شود. نخست آنکه تهیه این انرژی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد و با سایر منابع انرژی موجود در طبیعت مانند نفت و زغال سنگ و سایر انرژی های فسیلی قابل رقابت باشد و منظور دوم جایگزین کردن انرژی بادی به جای انرژی های فسیلی که در حال حاضر در حال نقصان و تمام شدن هستند.

قرن هاست که بشر باد را به وسیله بادبان ها برای حرکت کشتی ها و آسبادها برای آرد کردن غلات و یا آبکشی از چاه مورد استفاده قرار داده است. با کشف نفت و اختراع ماشین برای به حرکت درآوردن مولدهای برق و کشتی ها، نیروی مورد نیاز جهان صنعتی به دست آمد و در نتیجه دوران رکود تکنولوژی باد فرا رسید.

در اثر بحران سوخت در دهه ۱۹۷۰ میلادی و به لحاظ حفظ محیط زیست استفاده از نیروی لایزال باد که به کلی فاقد آلودگی محیط زیست می باشد، بار دیگر مورد توجه قرار گرفت، به همین دلیل است که مهندسین و مخترعین دوباره به سراغ انرژی بادی رفته و به ساختن انواع جدید آن پرداخته اند. حدود ۲۲۰۰ سال قبل برای اولین بار آسبادها درایران ساخته شد و مورد استفاده قرار گرفت. اوایل قرن پانزدهم میلادی هلندی ها آسبادها را تکمیل کرده و به صورت یک منبع انرژی در آورده اند، ابتدا برای تخلیه آب از زمین های پست کشور خویش و سپس برای آرد کردن غلاتی که در زمین های آباد شده کاشته بودند.

در دشت های پهناور ایالات متحده آمریکا در فاصله سالهای ۱۸۸۰ و ۱۹۳۰ میلادی در حدود ۶,۵ میلیون آسباد به کار مشغول بود، از این آسبادها برای بیرون آوردن آب از زمین جهت مصرف مردم، احشام و کشاورزی استفاده می شد، و بعضی آسبادها برای تولید برق جهت روشنایی بکار می رفت.

تخمین زده می شود تا آخر سال ۲۰۱۰ حداقل ۱۳۴/۷ گیگاوات انرژی مورد نیاز بشر از نیروی باد تامین می شود. همراه با دیگر منابع انرژی مانند انرژی هسته ای، انرژی حرارتی خورشید، انرژی حرارتی مرکز زمین و مهار کردن انرژی جزر و مد دریاها، آسیاهای بادی می توانند سهم قابل ملاحضه ای در تامین انرژی مورد نیاز بشر داشته باشد.

با این حال هنوز مشکلات زیادی وجود دارند که باید بر آنها پیروز شد. هزینه ساخت آسیای بادی مولد برق غول آسایی که در ایالات اوهایو در کشور آمریکا بنا گردید بیش از یک میلیون دلار تمام شد. این هزینه گزاف به هیچ وجه قابل رقابت با سایر روشهای تولید برق نمی باشد. ولی با مطالعه زیاد و رفع نقائص موجود به این حدود نزدیک می شود. هزینه برای تولید برق به وسیله ژنراتور بادی اوهایو ۵۰۰۰ دلار برای هر کیلووات برآورده شده است.با اصلاحات بیشتری در ساخت و تولید این قبیل ماشین ها به تعداد زیاد، می توان هزینه را تا۶۰۰دلار برای هر کیلووات پایین آورد. [۱و۲]

۲-۴- قدرت باد

انرژی جنبشی باد (انرژی موجود در جرم هوایی که دارای سرعت است) متناسب با مربع سرعت آن است . باد وقتی به سطحی برخورد نماید ، انرژی جنبشی آن تبدیل به فشار (نیرو) روی آن سطح می شود .

چنانکه می دانیم حاصلضرب نیرو در سرعت ، قدرت را به دست می دهد . چون نیروی باد متناسب با مربع سرعت آن است ، قدرت باد متناسب با مکعب سرعت آن خواهد بود . به این معنی که اگر سرعت باد ۲ برابر شود ، قدرت ۸ برابر ونیز اگر سرعت ۳ برابر گردد قدرت ۲۷ برابر خواهد شد .

۲-۵- تغییرات سرعت باد نسبت به ارتفاع

سرعت باد در ارتفاعات حدود چند هزار متر اساسا مربوط به اختلاف فشار آتمسفر است. نزدیک شدن باد به زمین سبب می شود که از سرعت باد به مقدار قابل ملاحظه ای کاسته شود. اگر چه یافتن رابطه ای دقیق بین سرعت باد و فاصله آن از زمین به علت وضع زمین از لحاظ پستی و بلندی مشکل است ولی یک رابطه کلی به طور تقریب ، سرعت متوسط باد را در ارتفاعات مختلف به دست می دهد. سرعت های نسبی باد برای یک مکان معین می تواند تابعی از ارتفاع بوده و افزایشی با توان ۰/۱۷ داشته باشد. اگر چه این رابطه کاملا دقیق نیست، ولی با بصیرت کافی می توان دید که بلندی برج نگاهدارنده دستگاه مبدل انرژی بادی در نیروی بدست آمده اثر می گذارد. برای مثال اگر بلندی برج ۲ برابر شود، رابطه ای که ضریب سرعت باد را در این ارتفاع به دست می دهد به قرار زیر است:

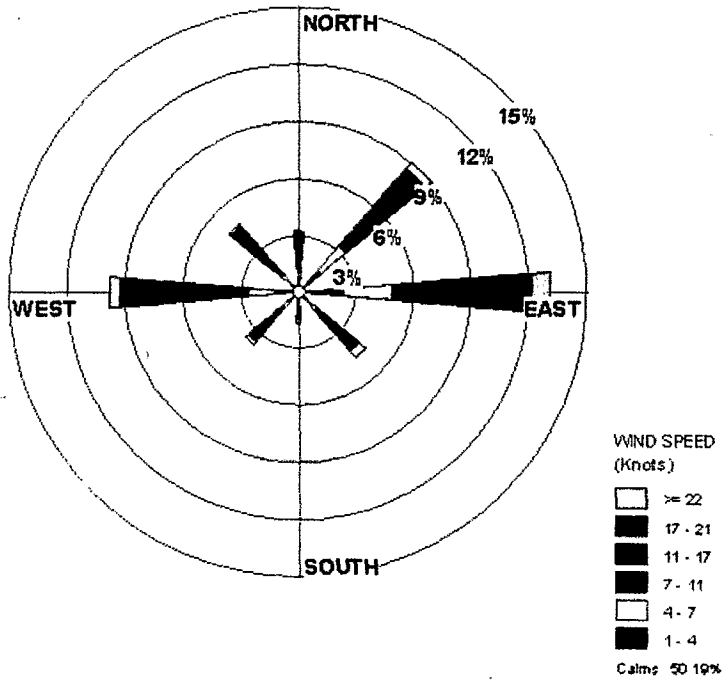
$$\frac{2^{0.17}}{1^{0.17}} = 1.125$$

رابطه بالا نشان می دهد که اگر ارتفاع برج ۲ برابر شود ، سرعت باد به میـزان ۱۲/۵ درصـد افـزون می گردد. وقتی برای محاسبه قدرت، توان سوم سرعت باد به حساب آید، بالا رفتن قدرت بـه میـزان ۴۲ درصد خواهد رسید. با درنظر گرفتن این موضوع معلوم می شود کـه ارتفـاع بـرج چـه مقـدار لازم اسـت انتخاب شود. از طرفی این رابطه نشان می دهد که اضافه کردن ارتفاع برج چه تاثیری به طـور نظـری در قدرت بدست آمده خواهد داشت.

چنانکه دیدیم سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین زیاد می شود . ارتفـاع ۴۰ متـری ، ارتفـاع مناسبی برای نصب توربین های بادی متوسط در دنیا شناخته شده است. [۱و۲]

۲-۶- گلباد و گلباد انرژی

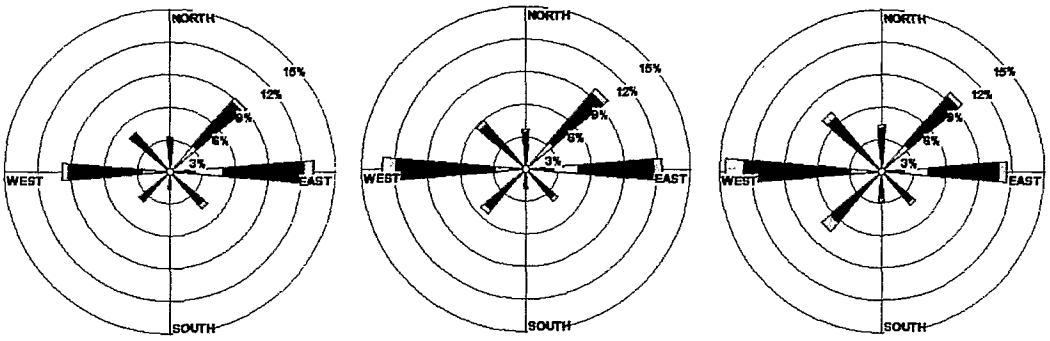
شکل ۲-۱ نمودار سرعت باد (گلباد) را در یک ایستگاه هواشناسی در بیرجند برای مدت یک سال نشان می دهد . طول هر خط از مرکز دایره درصد زمان باد در جهات ۸ گانه را نشان می دهد . هر دایـره یا قوسی از دایره به فاصله ۳ درصد از زمان کل می باشد . ارقام کنار هر خط ، متوسط سرعت بـاد در آن امتداد است . برای مثال ۵ درصد از زمان باد در جهت شمال غربی با سـرعت متوسـط ۲۲ کیلـومتر در ساعت می وزد. اگر طول تمام خطوط ۸ گانه را با هم جمع کنیم مقدار calms (میزان باد آرام) نمـودار خواهد شد. مثلا در این نمودار ۵۰/۱۹٪ از ماه دارای باد آرام است.



شکل ۲-۱- نمودار گلباد سالیانه در شهر بیرجند

یک گلباد انرژی از متوسط توان سوم سرعتهای باد خوانده شده در جهات ۸ گانه حاصل می شود . هر دایره یا قوسی از دایره به فاصله ۳ درصد از انرژی کل سالانه می باشد. طول هر خط از مرکز دایره مقدار درصد انرژی باد در آن جهت را نشان می دهد .

اختلاف گلباد با گلباد انرژی قابل ملاحظه است به این معنی هنگامی که باد در جهت شمال غربی در ۱۱ درصد از زمان می وزد ، ۲۱ درصد از انرژی قابل وصول سالانه را تولید می کند .



شکل ۲-۲- چند نمونه از گلبادهای ماهیانه شهرستان بیرجند

۲-۷- پروفیل سرعت باد

شکل و پروفیل سرعت باد مربوط است به :

الف – زمین تا چه حد صاف و مسطح می باشد .

ب – اصطکاک لایه هوا که سعی دارد از روی زمین عبور کند چه مقدار است .

ج – اختلاف درجات حرارت در طول مسیر و بالای آتمسفر چقدر است .

۲-۸- سوابق تاریخی استفاده از انرژی بادی (قبل از سال ۲۰۰۰)

۲-۸-۱- تاریخچه

بشر از زمانهای بسیار دور به نیروی لایزال باد پی برده بود، آسیادها و کشتی های بادی که هزاران سال قبل معمول بود گویای این امر است . طبق اسناد و مدارک موجود اولین کرجی که با نیروی باد حرکت می کرد توسط مصریان ساخته شد و اولین آسیاد برای آرد کردن غلات ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح توسط ایرانیان بنا گردید. هم اکنون تعدادی آسیاد در روستاهای بین خواف و تایباد وجود دارد که به کار مشغولند.