



**دانشگاه زنجان**

**پایان نامه کارشناسی**

**گروه برق**

**گرایش کنترل**

**عنوان پروژه:**

**طراحی و شبیه سازی کنترل کننده زاویه پره های توربین بادی با روش PID**

**نگارش : جلال پیری**

**استاد راهنما : دکتر فرهاد کبیات**

شهریور ۹۶

## فهرست مطالب

چکیده	۶
مقدمه	۷
<b>فصل اول : کلیاتی درباره انرژی های نو و توربین بادی</b>	
پیدایش	۸
استفاده از نیروگاه های بادی در دهه های اخیر	۹
توربین بادی در ایران	۱۱
انرژی باد	۱۲
اندازه گیری سرعت و جهت باد	۱۳
<b>فصل دوم : آشنایی با توربین بادی</b>	
توربین بادی	۱۴
کاربردهای توربین بادی	۱۴
کاربردهای غیر نیروگاهی	۱۴
پمپ های آبکش	۱۴
توربین های کوچک به عنوان تولید کننده برق	۱۵
شارژ باتری	۱۵
گرمایش آب	۱۵

کاربردهای نیروگاهی	۱۵
توربین بادی منفرد	۱۶
مزارع بادی	۱۶
انواع توربین بادی	۱۷
اجزای اصلی تشکیل دهنده توربین بادی ، شرح وظایف آن ها	۱۹
روتور	۱۹
ژنراتور	۲۰
برج	۲۰
پره	۲۱
ناسل	۲۱
گیربکس	۲۱
سیستم یاو (yaw sistem)	۲۲
کرومتر	۲۲
سیستم انتقال قدرت	۲۳
سیستم کنترل	۲۳
بادسنج	۲۳
<b>فصل سوم : مدلسازی طراحی کنترل کننده PID برای تنظیم زاویه پره و سرعت توربین</b>	
مقدمه	۲۴



## چکیده

در چند دهه اخیر استفاده از انرژی های نو به دلیل مشکلات زیست محیطی و اتمام سوخت های فسیلی در آینده های نزدیک مورد توجه بسیاری از کشورها قرار گرفته است. استفاده از توربین های بادی به عنوان یکی از گزینه های تولید انرژی که در نقاط نسبتا زیادی از زمین قابل استفاده است ، محققان را علاقه مند نموده تا تحقیقات بیشتری پیرامون این مبدل انرژی انجام دهند . از مهم ترین فاکتورهای تاثیرگذار بر روی تولید توربین سرعت باد است که همواره در حال تغییر می باشد . تغییراتی که در ساختار مکانیکی و الکتریکی توربین های بادی انجام گرفته باعث افزایش توان خروجی و پایین آمدن هزینه تولید برق شده است. اما همواره در کنار این تغییرات ، روش های کنترلی متفاوتی نیز با هدف افزایش کارایی توربین های بادی ارائه گشته است که دارای معایب و مزایایی می باشند.

یکی از روش های کنترل توان توربین های بادی ، تغییر زاویه پره توربین بادی متناسب با تغییرات سرعت باد است . به منظور استخراج حداکثر توان باد در سرعت های بالای سرعت نامی ، میخوایم کنترل کننده PID را به گونه ای طراحی کنیم که زاویه ی پره های توربین تنظیم و اهداف مساله تامین شود.

در این مقاله به طراحی کنترل کننده PID با منطق فازی برای کنترل زاویه پیچ یک مدل توربین بادی پرداخته شده است. یکی از مشکلات تولید برق توسط توربین های بادی تغییر سرعت باد می باشد. با توجه به تغییر گشتاور و توان توربین بادی در سرعت های مختلف باد کنترل کننده فازی PID میتواند در هر لحظه ضرایب کنترل کننده PID را تغییر دهد که این امر باعث میشود بتوان توربین بادی را با توجه به تغییر باد ثابت

نگه دارد.

در این مقاله به کنترل زاویه Pitch پره به جهت محدود کردن سرعت چرخشی روتور توربین پرداخته می شود .

## مقدمه

انرژی های تجدیدپذیر به دلیل آلودگی ناچیز محیط زیست ، فناپذیر بودن ، رو به اتمام بودن سوخت های فسیلی ، ایمنی و قیمت ارزان همواره مدنظر بشر برای استفاده بوده است. از جمله این انرژی ها، انرژی باد به عنوان انرژی پاک ، پایان ناپذیر و در دسترس بودن بسیار مورد توجه است.

با وزیدن باد به پره های توربین و اعمال نیروی گردنده به روتور توربین و انتقال آن از طریق گیربکس به ژنراتور می توان انرژی الکتریکی بدست آورد . بطور کلی نیروی باد به عنوان یک منبع جدید تامین برق با سریع ترین رشد در سطح جهان می باشد. یکی از مواردی که در توربین های بادی مورد توجه و دارای اهمیت است تنظیم سرعت چرخشی روتور توربین است که باید در محدوده مجاز باشد. در هنگام وزش بادهای شدید ، سرعت چرخشی روتور از حد سرعت نامی آن بالاتر رفته و موجب صدمه به توربین باد و افزایش توان خروجی بیش از حد مورد نیاز می گردد. برای تنظیم این سرعت چرخشی در توربین های بادی بزرگ که دارای سیستم تنظیم زاویه پره می باشند ، از تغییر زاویه Pitch پره توربین باد استفاده می شود.

۷

## فصل اول

### کلیاتی درباره انرژی های نو و توربین بادی

#### پیدایش

از زمان های قدیم کنترل و مهار نیروی باد همیشه مورد توجه انسان بوده است و در موارد زیادی نیز توانسته آن را به خدمت خود در آورد. در اولین مراحل انسان پی برد که از نیروی باد می توان به راحتی به عنوان محرکه ای

برای به حرکت در آوردن اجسام شناور بر سطح آب در جهت مورد نظرش استفاده کند. در دوران اولیه تمدن انسان از این امر نقش مهمی در گسترش مناسبت و روابط بازرگانی بین اقوام مختلف داشته است. با آگاهی انسان از انرژی باد و با کسب مهارت های لازم برای ساختن اجسام، او توانست قایق هایی را به روی رودخانه ها و دریاها

بیاندازد و از این طریق دنیای جدیدی را به روی خود بگشاید. از دیگر موارد استفاده از انرژی بادی که شاید مهمترین آن ها نیز باشد آسیاب ها بودند. قبل از اختراع موتورهای جدید، انرژی باد نیروی محرکه اکثر آسیاب ها محسوب می شد که برای خرد کردن دانه غلات به کار می رفت. شکل زیر نمونه ای از اولین آسیاب های بادی که مربوط به ایران قدیم است نشان می دهد.



شکل ۱-۱: آسیاب بادی با محور عمودی، منطقه خراسان

آسیاب بادی از حدود ۳۰۰۰ سال پیش عمدتاً در آسیاب کردن غلات، پمپ آب و حتی در قایق های بادی به عنوان منبع صلی قدرت مورد استفاده قرار می گرفت.

بعدها به مرور زمان ایده آسیب های بادی به طور گسترده توسط صنعتگران و مبتکران اروپایی تکمیل گردید که در اوایل قرن دوازدهم تعداد آسیاب های بادی فقط در انگلستان نزدیک به شش هزار واحد رسید.

این مکانیزم که به صورت پیشرفته و تکامل یافته در اروپا مورد استفاده قرار گرفت تقلیدی از آسیاب های ساده ای بود که در مناطق شرقی ایران باستان به منظور خرد کردن دانه غلات و تبدیل آن به آرد مورد استفاده قرار می گرفت.

امروزه گرچه مواد فسیلی در ارتقا کیفیت زندگی انسان انقلاب عظیمی به راه انداخته است ولی مسائل و مشکلاتی را نیز به همراه آورده است. کشورهای صنعتی به خوبی می دانند که این ذخایر به اتمام خواهد رسید بنابراین پژوهش و تکامل مبدل های انرژی تجدید پذیر از جمله انرژی باد همچنان باید ادامه یابد. در آغاز قرن بیستم اولین توربین های سریع و مدرن ساخته شدند. امروزه فعالترین کشورها در این زمینه آلمان، اسپانیا، آمریکا، دانمارک می باشند.

## استفاده از نیروگاه های بادی در دهه های اخیر

استفاده از توربین های بادی با هدف تولید برق از اواخر قرن نوزدهم میلادی با ساخت یک مبدل بادی 12 Kw DC در آمریکا آغاز شد. اما استفاده از آسیاب های بادی برای تولید انرژی الکتریکی به اواخر قرن نوزدهم بر می گردد که یک مبدل باد ۱۲ کیلووات DC توسط Brush در آمریکا و بر پایه تحقیقات فردی به نام Lacour از دانمارک ساخته شد.



در ابتدای قرن بیستم علاقه کمی به استفاده از توربین های بادی به عنوان مبدل انرژی نشان داده شد و عمده استفاده آن در شارژ باتری مورد نیاز برای تجهیزات اتوماتیک آپارتمان ه و سایر موارد مشابه که نیاز به انرژی کمی دارند بود. اما به عنوان یک استثنا می توان از توربین بادی smith-Putnam با ظرفیت تولید ۱۲۵۰ کیلووات نام برد که در سال ۱۹۴۱ در امریکا ساخته شد. این ماشین قابل توجه دارای یک روتور فولادی با قطر ۵۳ متر ، کنترل پیچ جفت کامل و تیغه های ویخته با هدف کاهش بار بود .این توربین تا ۴۰ سال به عنوان بزرگترین توربین بادی ساخته شده شناخته می شد.

در زمینه پیشرفت های اخیر، Golding,Shepherd و Spera کارهای خوبی ارائه کرده اند. آن ها ساخت توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی Balaclava با قطر ۳۰ متر و توربین ۱۰۰ کیلوواتی Andera Enifeld با قطر ۲۴ متر و با طراحی پنوماتیکی که در انگلستان ساخته شد را ثبت کرده اند.در ادامه تلاش های جدیدی برای کاهش هزینه ها و استفاده از ایده های نو در طراحی و ساخت توربین های بادی صورت گرفت. در کانادا یک توربین بادی ۴ مگاواتی با محور عمودی ساخته شد و ازین ایده برای ساخت یک نمونه با قطر ۳۴ متر در آمریکا نیز استفاده شد. در انگلیس یک نمونه دیگر از طراحی توربین بادی محور عمودی با روتور از نوع H در مدل آزمایشی ۵۰۰ کیلوواتی ساخته شد.



شکل ۱-۲: توربین بادی بزرگ

## توربین بادی در ایران

در ایران با توجه به وجود مناطق بادخیز طراحی و ساخت آسیابهای بادی از ۲۰۰ سال پیش از میلاد مسیح رایج بوده و هم اکنون نیز بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربینهای بادی فراهم می‌باشد. مطالعات و محاسبات انجام شده در زمینه تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران نشان داده‌اند که تنها در ۲۶ منطقه از کشور (شامل بیش از ۴۵ سایت مناسب) میزان ظرفیت اسمی سایتها، با در نظر گرفتن یک راندمان کلی ۳۳٪، در حدود ۶۰۵۰۰ مگاوات می‌باشد. و این در شرایطی است که ظرفیت اسمی کل نیروگاه‌های برق کشور در حال حاضر حدود ۷۴۰۰۰ مگاوات می‌باشد

در سال ۲۰۰۴ میلادی تنها ۲۵ مگاوات از ۳۳۰۰۰ مگاوات برق تولید شده در ایران با استفاده از انرژی بادی تولید شده بود. در سال ۲۰۰۶ میلادی سهم برق تولید شده در ایران با استفاده از انرژی بادی ۴۵ مگاوات بود (رتبه سی ام در دنیا) که به نسبت سال ۲۰۰۵ رشد چهل درصدی را نشان می‌داد. در سال ۲۰۰۸ میلادی نیروگاه بادی منجیل در استان گیلان و بینالود در استان خراسان رضوی ظرفیت ۸۲ مگاوات برق را داشته‌اند. ظرفیت برق بادی در ایران در سال ۲۰۰۹ میلادی ۱۳۰ مگاوات ساعت بوده‌است.

ایران مبالغ زیادی را در زمینه انرژی تجدیدپذیر برق بادی، سرمایه‌گذاری کرده‌است. میزان یارانه‌های تخصیصی در بخش برق فسیلی حدود ۷۰۳ میلیارد یورو است که مانعی جدی بر سر راه توسعه انرژی‌های تجدید پذیر به شمار می‌رود. علی‌رغم وجود یارانه‌ها، میزان ظرفیت نصب شده برق بادی تا اوایل سال ۱۳۸۷ بالغ بر ۱۲۸ مگاوات بوده‌است، که تولید ۳۰۷ گیگاوات ساعت برق را طی دوره ۱۳۷۳-۸۴ را به همراه داشته‌است. این میزان برق تولیدی سبب صرفه جویی ۴۲۵ هزار بشکه معادل نفت در بخش نیروگاهی ایران شده و در جای خود موجب کاهش یک میلیون تن انواع آلاینده‌های زیست محیطی در فاصله ۱۳۷۳-۱۳۸۴ شده‌است. با استفاده از اطلاعات واقعی ماهیانه بادر در استان‌های کشور و با بهره‌گیری از معادله چگالی و ایبول، پتانسیل قابل استفاده باد در استان‌ها محاسبه شده و در نهایت کل پتانسیل برق بادی به میزان ۳۰۶ گیگاوات تخمین زده شده‌است. البته محاسبات دیگر تا حد ۶ گیگاوات ظرفیت را برآورد کرده‌اند. بر اساس سیاست‌های فعلی انرژی کشور، ارزش حال

خالص و نرخ بازده داخلی پروژه‌های باد در سه استان گیلان، سیستان و بلوچستان و خراسان جنوبی محاسبه شده است، که تایید کننده این واقعیت است که پروژه‌های برق بادی در این سه استان از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند. نتایج نشان می‌دهد که با حذف یارانه‌های انرژی پتانسیل فسیلی به همراه یک روش بازار محور، می‌توان ظرفیت انرژی بادی را به ۳۰۶ تا ۶ گیگاوات افزایش داد. این ظرفیت نصب شده می‌تواند سبب صرفه‌جویی حدود ۴۷ تا ۸۴ میلیون بشکه معادل نفت ۱۲۷۰۰۰ تا ۲۳۰۰۰۰ بشکه در روز در بخش نیروگاهی ایران شود.

## انرژی باد

انرژی باد، انرژی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد، سبب ایجاد تغییرات دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات با به وجود می‌آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث به وجود آمدن باد می‌گردد. جریان اقیانوسی نیز به صورت مشابه عمل نموده و عتمل ۳۰٪ انتقال حرارت کل در جهان می‌باشد. در مقیاس جهانی این جریانات اتمسفری به صورت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت و گرما عمل می‌نمایند. دوران کره زمین نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سیاره ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. بر اساس یک قانون طبیعی سرعت باد در نواحی پهناور با عرض جغرافیایی افزایش می‌یابد. بنابراین مکان‌های مناسب برای دستگاه‌های بادی بالای تپه‌های گرد و صاف، دشت یا سواحل باز و فواصل کوهی هستند.

باد اگرچه جزء مکانیکی یک توربین بادی نمی‌باشد، اما به هر حال قسمت جدایی ناپذیر هر نیروگاه بادی است. اصولاً باد با دو مشخصه سرعت و جهت تعریف شده است که توسط چندین فاکتور از جمله موقعیت جغرافیایی، وضعیت جوی، ارتفاع از سطح زمین و نقشه برداری سطحی مشخص می‌شوند. توربین‌های بادی با تبدیل قسمتی از انرژی جنبشی باد به انرژی قابل استفاده توسط انسان عمل می‌کنند.

دانشجویان محترم:

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

## مراجع

[1] Y. Hangte, Control technology of wind turbines, China Machine Press, 2002

[2] S. M. Barakati, Wind turbine systems: history, structure and dynamical model, Handbook of renewable energy technology, 2007.

[3] Hwas, Abdulhamed Moh Suliman (2012) Wind turbine control using PI pitch angle controller

[4] دفتر باد و امواج سازمان انرژی های نو.

[5] Feng, G., Daping, X. and Yuegang, L., 2008, Pitch Control Of Large Scale Wind Turbine Based On Fuzzy-PI Method, World Congress on IEEE Intelligent Control and Automation, Chongqing.

[6] Boukhezzara, B., Lupua, L.; Siguerdidjanea, H., and Hand, M. (2007). Multivariable control strategy for variable speed, variable pitch wind turbines. *Renewable Energy*, vol (32), 1273–1287.

[7] پور اسماعیل جانباز امیر ، تنظیم سرعت توربین بادی با استفاده از کنترل کننده های شبکه های عصبی.

[8] Chowdhury M.A, Hosseinzadeh N, Shen W.X. (2012) Smoothing Wind Power Fluctuations by Fuzzy Logic Pitch Angle Controller. *Renewable Energy*; 38: pp. 224-233

[9] فرزانه شریف، علیرضا یزدی زاده، روح الله اسپنانی، کسری دستجان فرهانی. کنترل زاویه پیچ توربین بادی در مقبل تغییرات باد.

[10] سید مصطفی موسوی زاده، محمد رضا صالحی زاده . کنترل زاویه پیچ توربین بادی با کنترل PID تنظیم

شده با منطق فازی

[11] بررسی انرژی باد و نیروگاه بادی . عباس قدر پور