دانشگاه زنجان
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی

موضوع :

پاور الکترونیک در سیستم‌های بادی

استاد راهنما:

دکتر نوروزیان

گردآورنده :

افشین طالبی

بهمن ۱۳۹۰

فهرست مطالب

انرژی باد ۱

بررسی اقتصادی استفاده از انرژی باد ۶

انرژی باد و محیط زیست ۱۰

انواع توربین های بادی و مکانیزم کار آنها ۱۱

بزرگ‌ترین توربین‌های بادی ۱۷

مروری بر ژنراتور ها و روش های کنترلی و الکترونیک قدرت در سیستم‌های بادی ۱۹

ژنراتور القائی مغناطیس دائم ۲۲

ژنراتور تغذیه مضاعف ۳۱

ژنراتور های القائی ۳۸

ژنراتور سنکرون ۴۰

خلاصه ای از سیستم های انرژی باد ۴۱

بررسی فواید و معایب ژ نراتور های مورد استفاده در سیستم های بادی ۴۲

نتیجه‌گیری ۴۷

وضعیت نیروگاه های بادی در ایران ۴۸

استراتژی انرژی بادی در ایران ۵۸

توربین های بادی مگاواتی ساخت ایران ۶۱

نتایج ۶۳

منابع و مآخذ ۶۵

چکیده :

تولید انرژی توسط باد مورد مطالعات زیادی قرار گرفته است.

در این قسمت به بررسی ترکیبات مختلف از ژنراتورهای معناطیس دائم، القایی، تغذیه مضاعف و سنکرون و همچنین روشهای کنترلی مخصوص هرکدام از این ژنراتورها پرداختیم.

در تمامی این روشها هدف کلی کسب ماکزیموم توان و انتقال آن به شبکه بود، در انتخاب هریک از این روشهای متنوع سعی در وارد کردن مولفه‌های هزینه و قیمت و تناسب و سازگاری با محیط نیز مدنظر بوده است.

در نهایت تولید انرژی باد در دهه‌های اخیر رشد پویا و قابل توجهی داشته است و در آینده نیز به این روند ادامه خواهد داد و طبیعتا رشد در این موضوع سبب رشد و تحول در سیستمهای پاور الکترونیک نیز خواهد شد.

انرژی باد

تاریخچه :

استفاده از انرژی باد پیشینه دراز مدتی داشته و به حدود سده ۲ پیش از میلاد در ایران باستان باز می‌گردد. برای نخستین بار، ایرانیان موفق شدند با استفاده از نیروی باد، دلو (دولاب) یا چرخ چاه را به گردش درآورده و آب را از چاه‌ها به سطح مزارع برسانند. نخستین ماشینی که با استفاده از نیروی باد به حرکت درآمد، چرخ بادی هرون بود؛ ولی نخستین آسیاب بادی عملی، در سده ۷ میلادی درسیستان ساخته شد. پیدایش آسیاب‌های بادی در اروپا مربوط به سده‌های میانه است. نخستین مورد ثبت‌شده در مورد استفاده از آسیاب‌هاب بادی در انگلستان مربوط به سده‌های ۱۱ و ۱۲ میلادی است.

نخستین توربین بادی با کاربرد تولید برق، یک ماشین شارژ باتری بود که در ژوئیه ۱۸۸۷ توسط یک مهندس اسکاتلندی به نام جیمز بلایث ساخته شدچند ماه بعد، مخترع آمریکایی چارلز فرانسیس براش نخستین توربین باد خودکار را برای تولید برق در کلیولند در اوهایو ساختدر سال ۱۹۰۸، ۷۲ توربین بادی با کاربرد تولید برق (بین ۵ تا ۲۵ کیلووات) در آمریکا فعال بودند.در دهه ۱۹۳۰، توربین‌های

بادی کوچک برای تولید برق مورد نیاز مزارع در آمریکا، که هنوز سامانه سراسری توزیع برق راه‌اندازی نشده بود، بسیار متداول بودند. در پاییز سال ۱۹۴۱، نخستین توربین بادی در کلاس مگاوات در ورمونت راه‌اندازی شد. نخستین توربین بادی متصل به شبکه برق در بریتانیا در سال ۱۹۵۱ در جزایر اورکنی ساخته شد.

انرژی باد :

از آنجایی که زمین به طور نامساوی به وسیله نور خورشید گرم می‌شود بنابراین در قطب‌ها انرژی گرمایی کمتری نسبت به مناطق استوایی وجود دارد همچنین در خشکی‌ها تغییرات دما با سرعت بیشتری انجام می‌پذیرد و بنابراین خشکی‌ها زمین نسبت به دریاها زودتر گرم و زودتر سرد می‌شوند. این تفاوت دمای جهانی موجب به وجود آمدن یک سیستم جهانی تبادل حرارتی خواهد شد که از سطح زمین تا هوا کره، که مانند یک سقف مصنوعی عمل می‌کند، ادامه دارد. بیشتر انرژی که در حرکت باد وجود دارد را می‌توان در سطوح بالای جو پیدا کرد جایی که سرعت مداوم باد به بیش از ۱۶۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد در سطوح پایینی باد انرژی خود را در اثر اصطکاک با سطح زمین و جو از دست می‌دهد. از آنجاییکه بیشتر توان تولیدی در سرعت بالای باد تولید می‌شود. نیمی از انرژی تولیدی تنها در ۱۵٪ از زمان کارکرد توربین تولید می‌شود و در نتیجه نیروگاه‌های بادی مانند نیروگاه‌های سوختی دارای تولید انرژی پایداری نیستند. تأسیساتی که از برق بادی استفاده می‌کنند باید از ژنراتورهای پشتیبانی برای مدتی که تولید انرژی در توربین بادی پایین است استفاده کنند. یک برآورد کلی اینگونه می‌گوید که ۷۲ تراوات (TW) انرژی باد بر روی زمین وجود دارد که پتانسیل تبدیل به انرژی الکتریکی را دارد و این مقدار قابل افزایش نیز می باشد.

توان پتانسیل توربین :

انرژی موجود در باد را می‌توان با عبور آن از داخل پره‌های و سپس انتقال گشتاور پره‌ها به روتور یک ژنراتور استخراج کرد. در این حالت میزان توان تبدیلی با تراکم باد, مساحت ناحیه جاروب شده توسط پره و مکعب سرعت باد بستگی دارد. به این ترتیب میزان توان قابل تبدیل در باد را می‌توان به این ترتیب به دست آورد :

$$P = \frac{1}{2}\alpha\rho\pi r^2 v^3$$

که در این فرمول P توان تبدیلی به وات، α ضریب بهره‌وری (که به طراحی توربین وابسته است)، ρ تراکم باد بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، r شعاع پره‌های توربین برحسب متر و v سرعت باد برحسب متر بر ثانیه است.

آلبرت بتز (Albert Betz) فیزیکدان آلمانی در ۱۹۱۹ اثبات کرد که یک توربین حداکثر می‌تواند ۵۹ درصد از انرژی بادی را که در مسیر آن می‌وزد را استخراج کند و به این ترتیب α در معادله بالا هرگز بیشتر از ۰٫۵۹ نخواهد شد.

آمار جهانی و صنعت باد :

در جهان هزاران توربین بادی در حال بهره‌برداری وجود دارد که ظرفیت تولیدی آن ها به ۷۳٫۹۰۴ مگاوات می‌رسد و در این میان اتحادیه اروپا ٪۶۵ از کل توان بادی جهان را تولید می‌کند. تولید برق بادی در میان دیگر روش‌های تولید انرژی الکتریکی دارای بیشتری شتاب رشد در قرن ۲۱ بوده است به طوری که تولید توان بادی جهان در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ چهار برابر شده است. گرچه ٪۸۱ از توان بادی تولید شده در جهان به ایالات متحده و اتحادیه اروپا تعلق دارد اما سهم پنج کشور اول تولید کننده برق بادی از ٪۷۱ در سال ۲۰۰۴ به ٪۵۵ در سال ۲۰۰۵ کاهش یافته است.

انجمن جهانی انرژی بادی پیش‌بینی کرده است که در سال ۲۰۱۰ ظرفیت تولیدی برق بادی به ۱۶۰ گیگاوات برسد. با توجه به میزان تولید کنونی ۷۳،۹ مگاوات این رقم پیش‌بینی یک رشد ۲۱٪ را در هر سال نشان می‌دهد.

کشور دانمارک یکی از کشورهای برجسته در تولید تجهیزات و استفاده از توان بادی است. دولت دانمارک در دهه ۱۹۷۰ ملزم شد تا تولید انرژی الکتریکی از انرژی باد را به ۵۰٪ کل تولید برق برساند و تا به امروز برق بادی ۲۰٪ (بیشترین میزان تولید برق بادی از نظر درصد تولید) از کل تولید انرژی الکتریکی در این کشور را تشکیل می‌دهد؛ این کشور همچنین پنجمین تولید کننده بزرگ برق بادی محسوب می‌شود (در حالی که دانمارک از نظر میزان مصرف در جهان رتبه ۵۶ را دراست). آلمان و دانمارک دو کشور پیشتاز در زمینه صادرات توربین‌های بزرگ (۰،۶۶ تا ۵ مگاوات) به حساب می‌آیند.

آلمان یکی از کشورهای پیشتاز در زمینه تولید برق بادی بوده است به طوری که در سال ۲۰۰۶ این کشور ۲۸٪ از کل توان بادی تولید شده در جهان (۷،۳٪در آلمان) را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که آلمان برنامه دارد تا سال ۲۰۱۰ ، ۱۲،۵٪ از کل توان تولیدی خود را از منابع تجدیدپذیر تامین نماید. کشور آلمان دارای حدود ۱۸۶۰۰ توربین بادی است که بیشتر آن ها در شمال آلمان نصب شده‌اند که در این میان سه توربین از بزرگترین توربین‌های جهان نیز وجود دارند.

در سال ۲۰۰۵ دولت اسپانیا قانونی را تصویب کرد که بر طبق آن نصب ۲۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت بادی تا سال ۲۰۱۲ در برنامه دولت قرار گرفت. در سال ۲۰۰۵ در هر دو کشور آلمان و اسپانیا تولید انرژی الکتریکی از راه استفاده از نیروگاه‌های بادی از تولید انرژی الکتریکی به وسیله نیروگاه‌های برق آبی بیشتر بود.

در سال‌های اخیر ایالات متحده از هر کشور دیگری بیشتر توربین بادی به شبکه برق خود افزوده است. تولید برق بادی در ایالات متحده در بازه زمانی بین فوریه ۲۰۰۶ تا فوریه ۲۰۰۷، ۳۱،۸٪ رشد را نشان

۱. مشارکت در توسعه مزارع بادی جدید در ایران

۲. اطلس باد ایران

۳. طراحی و ساخت توربین های مگاواتی ایرانی

۴. مرکز تحقیق و توسعه صنعت برق بادی ایران (R&D)

۵. سرمایه گذاری در ساخت مزارع بادی جدید در ایران

۶. مشارکت در انتقال تکنولوژی توربین های بادی به ایران

۷. تأسیس شعبه بین المللی سازندگان توربین های بادی در ایران

نتایج :

در این مقاله وضعیت کنونی ظرفیت برق بادی ایران و همچنین اهداف آتی آن را ارائه کردیم اما در حال حاضر فاصله زیادی با وضعیت بهینه وجود دارد .ظرفیت برق بادی ایران در پایان ماه مارس۲۰۰۸ معادل ۷۳.۷۲ مگاوات تنها ۰.۱۵ درصد از کل ظرفیت نیروگاهی کشور ۴۹۰۰ مگاوات است. در ایران توربین های بادی یک یا چند مگاواتی و توربین های بادی فرا ساحلی وجود ندارد .بنابراین سانا به عنوان یک استراتژی راهبردی و جدید مشارکت بخش غیردولتی و سرمایه گذاری بخش خصوصی در راه اندازی مزارع باد جدید، انتقال تکنولوژی توربین های بادی مدرن، بومی سازی صنعت برق بادی و دیگر برنامه های تحقیق و توسعه از قبیل طراحی و تولید توربین چند مگاواتی را که همگی در این مقاله توضیح داده شده ، مد نظر قرار داده است .البته این اهداف دست یافتنی نیستند مگر با برنامه های تحقیق و توسعه و همکاری های مهندسین، سرمایه گذاران و شرکت های متخصص بین المللی در زمینه فن آوری های مدرن برق بادی در جهان .در این مقاله برخی از این فرصت ها را که در دسترس عموم هستند معرفی کردیم.

جمع بندی :

اگرچه دولت ایران در توسعه برق بادی و مشارکت بخش خصوصی مربوطه جدی است ولی این تنها در صورت تبادلات بین ایران و صنعت برق بادی جهانی امکان پذیر است .فرصت های جدید و گسترده ای برای مشارکت کشورهای متخصص در صنعت برق بادی در ایران و موارد بسیار دیگر وجود دارد.

منابع و مآخذ :

[1] Danish Wind Industry Association, Information Available at: /http://www.windpower.org/en/news050214.htmS

[2] Johnson GL. Wind energy systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc.; 1985.

[3] Chen Z, Spooner E, Current source thyristor inverter and its active compensation system. In: Proceedings of IEE generation, transmission and distribution, vol. 150, July 2003. p. 447–54.

[4] Tan K, Islam S. Optimum control strategies in energy conversion of PMSG wind turbine system without mechanical sensors. IEEE Trans Energy Convers 2004;19:392–9.

[5] Chen Z, Spooner E. Grid power quality with variable speed wind turbines. IEEE Trans Energy Convers 2001;16:148–54.

[6] Chen Z, Spooner E, Grid interface options for variable-speed permanent-magnet generators. In: Proceedings of IEE electric power applications, vol. 145, July 1998.

[7] Simoes MG, Bose BK, Spiegel RJ. Fuzzy logic based intelligent control of a variable speed cage machine wind generation system. IEEE Trans Power Electron 1997;12:87–95.

[8] Cardenas R, Pena R. Sensorless vector control of induction machines for variable-speed wind energy applications. IEEE Trans Energy Conver 2004;19:196–205.

[9] Meier S, Norrga S, Nee HP. New topology for more efficient offshore AC/DC converters for future offshore wind farms. KTH Research Project Database, February 2006.

[10] Henderson G, Roding W. Synchronous and synchronized wind power generation. In: Proceedings of eighthth NZWEA conference, Palmerston North, July 2004.

[11] Barry D. Increasing renewable energy accessibility in Ireland. In: 20th wind energy congress, September 2006.