



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

بررسی تاثیر سطح نفوذ توان تولیدی مزارع بادی بر قابلیت اطمینان شبکه های قدرت

استاد راهنما: دکتر رضا نوروزیان

نگارش: ندا محمودی

تابستان ۹۶

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه ای بر مزارع بادی

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- نیروگاه بادی ۳
- ۱-۲-۱- تقسیم توربین های بادی مدرن به دو شاخه اصلی ۳
- ۲-۲-۱- اصول کارکرد توربین بادی ۶
- ۱-۲-۲-۱- اجزای تشکیل دهنده توربین بادی ۶
- ۲-۲-۲-۱- منحنی توزیع احتمال توان باد ۱۱
- ۳-۲-۲-۱- توان تولیدی توربین بادی ۱۳
- ۳-۲-۱- مزایای بهره برداری از انرژی باد ۱۵
- ۳-۱- ساختارهای مزارع بادی ۱۶
- ۱-۳-۱- ساختار شعاعی ۱۶
- ۲-۳-۱- ساختار حلقوی ۱۷
- ۳-۳-۱- ساختار ستاره ۱۸
- ۴-۱- انواع توربین های بادی ۱۸
- ۱-۴-۱- معرفی انواع توربین های بادی ۱۹
- ۵-۱- مزارع بادی ۲۲
- ۱-۵-۱- انتخاب ساختار مناسب برای مزارع بادی ۲۳
- ۲-۵-۱- انتخاب توربین های بادی ۲۳
- ۳-۵-۱- انتخاب ساختار مناسب مزارع بادی ۲۴
- ۶-۱- مزارع بادی متصل به شبکه ۲۴
- ۷-۱- مزارع بادی و محیط زیست ۲۶

فصل دوم : قابلیت اطمینان شبکه در حضور نیروگاه بادی

- ۱-۲- مقدمه ای بر قابلیت اطمینان ۲۸
- ۲-۲- سطوح قابلیت اطمینان در شبکه قدرت ۲۹
- ۳-۲- قابلیت اطمینان سیستم های قدرت ۳۰

روش های ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های قدرت.....	۳۱
قابلیت اطمینان سیستم های قابل تعمیر.....	۳۲
تاثیر مزارع بادی بر قابلیت اطمینان شبکه قدرت.....	۳۴
پیش بینی کم توان تولیدی مزارع بادی.....	۳۴
پیش بینی زیاد توان تولیدی مزارع بادی.....	۳۵
پیش بینی توان تولیدی مزارع بادی.....	۳۵
بررسی قابلیت اطمینان مزارع بادی.....	۳۷
نرخ خروج اجباری واحدهای بادی.....	۳۷
تعاریف و روابط قابلیت اطمینان.....	۳۸
برخی روابط کلیدی در قابلیت اطمینان.....	۴۱
محیط و قابلیت اطمینان.....	۴۲
توزیع احتمالات.....	۴۴
توزیع یکنواخت.....	۴۴
توزیع نمایی.....	۴۴
توزیع ویبال.....	۴۵
بهبود قابلیت اطمینان.....	۴۸
افزایش کیفیت.....	۴۸
کاربرد مازاد.....	۴۸
نگهداری تجهیزات یدکی و تعمیرات پیشگیرانه.....	۴۸

فصل سوم : شاخص های قابلیت اطمینان شبکه

شاخص های اصلی محاسبه قابلیت اطمینان سیستم توزیع.....	۵۰
--	----

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲ ارتباط بین قابلیت اطمینان، نگهداری و دسترسی ۳۹
- جدول ۲-۲ ارتباط بین $f(t)$ ، $R(t)$ ، $F(t)$ و $\lambda(t)$ ۴۲
- جدول ۱-۳ عوامل موثر در SAIFI ۵۲
- جدول ۲-۳ عوامل موثر در SAIDI ۵۴
- جدول ۱-۴ اطلاعات مربوط به باس های شبکه ۳۳ باسه ۶۵
- جدول ۲-۴ اطلاعات مربوط به خطوط شبکه ۳۳ باسه ۶۶
- جدول ۳-۴ ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت (بدون DG) ۶۷
- جدول ۴-۴ باس هایی با ولتاژ خارج از محدوده مجاز (بدون DG) ۶۸
- جدول ۵-۴ درصد بارگذاری خطوط شبکه (بدون DG) ۶۸
- جدول ۶-۴ تلفات و مقدار تولید واحد تولیدی (بدون DG) ۶۹
- جدول ۸-۴ شاخص های قابلیت اطمینان (بدون DG) ۷۱
- جدول ۹-۴ ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.15 p$) ۷۲
- جدول ۱۰-۴ باس هایی با ولتاژ خارج از محدوده مجاز ($DG=0.15 p$) ۷۳
- جدول ۱۱-۴ تلفات و مقدار تولید واحد تولیدی ($DG=0.15 p$) ۷۴
- جدول ۱۲-۴ شاخص های قابلیت اطمینان ($DG=0.15 p$) ۷۵
- جدول ۱۳-۴ ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.2 p$) ۷۶
- جدول ۱۴-۴ باس هایی با ولتاژ خارج از محدوده مجاز ($DG=0.2 p$) ۷۷
- جدول ۱۵-۴ تلفات و مقدار تولید واحد تولیدی ($DG=0.2 p$) ۷۷
- جدول ۱۶-۴ شاخص های قابلیت اطمینان ($DG=0.2 p$) ۷۸

- شکل ۲-۳ منحنی دوره های زمانی مربوط به طول عمر تجهیزات..... ۳۲
- شکل ۲-۴ نمودار فضای حالت برای سیستم تک عضوی تعمیرپذیر..... ۳۴
- شکل ۲-۵ منحنی قابلیت اطمینان بر حسب زمان..... ۴۰
- شکل ۲-۶ متوسط نرخ خرابی ماهانه و شاخص انرژی باد در ۱۰ سال..... ۴۳
- شکل ۲-۷ منحنی توزیع نمایی به ازای λ مختلف..... ۴۵
- شکل ۲-۸ تغییرات منحنی ویبال به ازای β مختلف..... ۴۷
- شکل ۲-۹ تغییرات منحنی ویبال به ازای η مختلف..... ۴۷
- شکل ۴-۱۴ دیاگرام شبیه سازی شبکه ۳۳ باس استاندارد در دیگساینت..... ۶۴
- شکل ۴-۲ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت (بدون DG)..... ۶۷
- شکل ۴-۳ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.15 p$)..... ۷۳
- شکل ۴-۴ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.2 p$)..... ۷۶
- شکل ۴-۵ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.25 p$)..... ۷۹
- شکل ۴-۶ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.3 p$)..... ۸۱
- شکل ۴-۷ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.35 p$)..... ۸۳
- شکل ۴-۸ پروفیل ولتاژ باس ها بر حسب پریونیت ($DG=0.4 p$)..... ۸۵
- شکل ۴-۹ تلفات شبکه قبل و بعد از اتصال مزارع بادی..... ۸۷
- شکل ۴-۱۰ شاخص LOLP قابلیت اطمینان..... ۸۸
- شکل ۴-۱۱ شاخص EDNS قابلیت اطمینان..... ۸۸

چکیده:

بیشترین سهم تلفات در یک سیستم قدرت مربوط به بخش توزیع می‌باشد. از عوامل مهم افزایش تلفات در شبکه توزیع مصرف جریان راکتیو می‌باشد. یکی از روش‌های جبران توان راکتیو استفاده از مزارع بادی می‌باشد. علاوه بر کاهش تلفات، افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ را می‌توان از مزایای مزارع بادی به شمار آورد. شاخص پروفیل ولتاژ به عنوان یکی از شاخص‌های مهم بهره‌برداری در تامین برق با کیفیت مطلوب به مشترکان برق می‌باشد، که با روش‌هایی از جمله استفاده از مزارع بادی بهبود بخشیده است. در این پروژه با استفاده از توربین‌های بادی، با شبیه‌سازی در نرم‌افزار DIGSILENT به بهبود پروفیل ولتاژ و قابلیت اطمینان شبکه ۳۳ باس استاندارد IEEE و نتیجه‌گیری از آن خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: مزارع بادی، بهبود پروفیل ولتاژ، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات

پایان نامه کارشناسی

فصل اول

مقدمه ای بر مزارع بادی

۱-۱ مقدمه

نیاز روزافزون انسان به منابع انرژی همواره از مسائل مهم در زندگی بشر بوده است به گونه ای که تلاش برای دست یابی به یک منبع انرژی تجدیدپذیر از آرزوهای دیرینه انسان به شمار می رود.

از نقاشی های حک شده بر دیوار غارها می توان فهمید که بشر اولیه به خوبی توانسته بود نیروی ماهیچه ای را به عنوان یک منبع انرژی مکانیکی شناخته و از آن استفاده کند. ولی از آن جایی که این نیرو بسیار محدود و ضعیف است انسان همواره در تصورات خود نیرویی تمام نشدنی را جستجو می کرد که همواره در هر زمان و مکان در دسترس باشد.

این موضوع را می توان در داستان های مختلف که ساخته تخیل و ذهن بشر نخستین بوده، به خوبی دریافت. کم کم با پیشرفت تمدن بشری، چوب و پس از آن ذغال سنگ، نفت و گاز وارد بازار انرژی گردید. اما به دلیل افزایش روزافزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی از یک سو و افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی های تجدیدپذیر را روز به روز با اهمیت تر و گسترده تر نموده است.

انرژی باد یکی از انواع اصلی انرژی های تجدیدپذیر می باشد که از دیر باز ذهن بشر را به خود معطوف کرده بود به طوری که وی همواره به فکر کاربرد این انرژی در صنعت بوده است. بشر از انرژی باد برای به حرکت درآوردن قایق و کشتی های بادبانی و آسیاب های بادی استفاده می کرده است. در شرایط کنونی نیز با توجه به موارد ذکر شده و توجیه پذیری اقتصادی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی های نو، پرداختن به انرژی باد امری حیاتی و ضروری به نظر می رسد. در کشور ما ایران، قابلیت ها و پتانسیل های مناسبی جهت

نصب و راه اندازی توربین های برق بادی وجود دارد، که با توجه به توجیه پذیری آن و تحقیقات، مطالعات و سرمایه گذاری که در این زمینه صورت گرفته توسعه و کاربرد این تکنولوژی، چشم انداز روشنی را فراروی سیاست گذاران بخش انرژی کشور در این زمینه قرار داده است [۱].

۲-۱ نیروگاه بادی

انرژی باد نظیر سایر منابع انرژی تجدید پذیر، بطور گسترده ولی پراکنده در دسترس می باشد. تابش نامساوی خورشید در عرض های مختلف جغرافیایی به سطح ناهموار زمین باعث تغییر دما و فشار شده و در نتیجه باد ایجاد می شود. به علاوه اتمسفر کره زمین به دلیل چرخش، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می دهد که باعث ایجاد باد می شود. انرژی باد طبیعتی نوسانی و متناوب داشته و وزش دائمی ندارد. از انرژی های بادی جهت تولید الکتریسیته و نیز پمپاژ آب از چاه ها و رودخانه ها، آرد کردن غلات، کوبیدن گندم، گرمایش خانه و مواردی نظیر این ها می توان استفاده نمود. استفاده از انرژی بادی در توربین های بادی که به منظور تولید الکتریسته بکار گرفته می شوند از نوع توربین های سریع محور افقی می باشند. هزینه ساخت یک توربین بادی با قطر مشخص، در صورت افزایش تعداد پره ها زیاد می شود [۲].

۱-۲-۱ تقسیم توربین های بادی مدرن به دو شاخه اصلی

۱- توربین های با محور افقی

۲- توربین های با محور عمودی

در توربین های بادی با محور عمودی روتور اصلی به صورت عمودی قرار می گیرد. مهم ترین برتری این نوع از توربین های بادی آن است که نیازی به تنظیم جهت قرارگیری نسبت به جهت وزش باد ندارند. این نکته در مکان هایی که جهت وزش باد خیلی متغیر است، مثلا در بالای ساختمان های مسکونی، یک امتیاز به شمار می رود. مهم ترین عیب این نوع توربین ها، کم بودن سرعت دورانی آنها و در نتیجه زیاد بودن گشتاور و هزینه بیشتر سیستم انتقال قدرت، بارگذاری دینامیکی زیاد پره ها و همچنین پیچیدگی زیاد طراحی و تحلیل ایرفویل پره ها پیش از ساخت پیش نمونه (پروتوتایپ) است. با توجه به عمودی بودن محور، جعبه دنده و ژنراتور می توانند در نزدیکی زمین قرار گیرند که این موضوع دسترسی به این تجهیزات را برای نگهداری و تعمیر آسان تر می کند. توربین های بادی با محور عمودی به شکل های مختلفی ساخته می شوند دو نوع عمده ی آن ها داریوس و ساوونیوس هستند.

Vertical Axis Wind Turbine



شکل ۱-۱: توربین بادی با محور عمودی از نوع داریوس در جزایر مگدائل، کانادا

۱-۲-۲ اصول کارکرد توربین بادی

توربین بادی ماشینی است که توان باد را به برق تبدیل می نماید. توربین بادی می تواند به شبکه های مانند مدارات شارژ باتری، سیستم های قدرت خانگی، شبکه های ایزوله (جزیره ای) و شبکه های سراسری برق متصل شود. توربین بادی بر خلاف اکثر ژنراتورها فقط در حضور بادی که در همان لحظه وجود دارد می تواند برق تولید کند و از آن جا که نمی توان انرژی باد را ذخیره نمود، بنابراین تولید برق آن دائمی نیست. هم چنین توان تولید توربین بادی بسیار متغیر است زیرا سرعت باد در یک منطقه کاملا متغیر می باشد [۳].

۱-۲-۲-۱ اجزای تشکیل دهنده ی توربین بادی [۳]

شکل ۱-۳ اجزای یک توربین بادی را نشان می دهد همانطور که در شکل مشخص است اجزای توربین بادی عبارت است از:

۱-بادسنج^۲

این وسیله سرعت باد را اندازه گرفته و اطلاعات حاصل از آن را به کنترل کننده ها انتقال می دهد.

۲-پره ها^۳

این وسیله وظیفه تبدیل نیروی باد به نیروی مکانیکی چرخشی را دارد.

^۲ Anemometer

^۳ Blades

۳- ترمز^۴

از این وسیله برای توقف روتور در مواقع اضطراری استفاده می شود. عمل ترمز کردن می تواند بصورت مکانیکی، الکتریکی یا هیدرولیکی انجام گیرد.

۴- کنترلر^۵

کنترلرها وقتی که سرعت باد به ۸ تا ۱۶ mph می رسد ماشین را راه اندازی می کنند و وقتی از ۶۵

mph بیشتر دستور خاموش شدن ماشین را می دهند. این عمل از آن جهت انجام می گیرد که

توربین ها قادر نیستند زمانی که سرعت باد به ۶۵ mph می رسد حرکت کنند زیرا ژنراتور به سرعت به حرارت بسیار بالایی خواهد رسید.

۵- گیربکس^۶

وظیفه ی گیربکس فراهم نمودن سرعت و گشتاور مناسب برای اعمال بر روی ژنراتور می باشد.

۶- ژنراتور^۷

وظیفه آن تولید برق متناوب می باشد در واقع نیروی مکانیکی را به الکتریسیته تبدیل می کند

^۴ Brake

^۵ Controller

^۶ Box Gear

^۷ Generator

Degree of Doctor of philosophy ,The University of Queensland in 2015

[۹] Tomas Winter : Reliability and economic analysis of offshore wind

Power system – A comparison of internal grid topologies,

CHALAMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Gothenburg, Sweden

2011- 12-01

[۱۰] Hee Yau, Phoon : Generation System Reliability Evaluation with

Intermittent Renewables , University of Strathclyde, September 2006

[۱۱] Shu Wang : Reliability Assessment of Power System with Wind Power

Generation, Raleigh, North Carolina State University , 2008

[۱۲] Billinton , R . Allan, R . N , : “Reliability Evaluation of Engineering

System” , Plenum Press , New York , 1983

[۱۳] Roy Billinton , Ronald N. Allan : Reliability Evaluation of Power

System , Plenum Press , New York and London , 1996

[۱۴] Roman , J ., Allan, R . N : “ Sequential Simulation Applied to

Composite System Reliability Evaluation” , IEEE Proc. -, 139,(2),1992

[۱۵] Rahamathulla Mohammad : New Methodes for Reliability Evaluation

And Enhancement of Power System , Doctor of philosophy , Victoria

University Melbourne , Australia , December 2013

[۱۶] Z. Chen , Issues of Connecting Wind of Power System, EEE/PES

Transmission and Distribiotion Conference & Exhibition, Asia

And Pacific Dalian, China , 2005

[۱۷] Je-Seok Shin , Wook-Won Kim, In-Su Bae , and Jin-O kim: A Study

on Reliability Assessment for Offshore Wind Farm Configuration,
3 rd International Conference on Smart Grids and Green IT System,
Smartgreens 2014

[۱۸] Dongbo Zhao : Reliability modeling and analysis of Wind farms in

Bulk power systems, Doctor of Philosophy in the School of Electrical
and computer Engineering Georgia Institute of Technology, August
2015

[۱۹] R . Billinton and R . N . Allan . Reliability Evaluation of Engineering

System . Second Edition.

[۲۰] NASA . “Planning . Developing and Managing an Effective

Reliability and Maintainability Program”, National Aeronautics and
Administration , Dec, 1998

[۲۱] S. Sheng and P. Veers , “Wind Turbine Drietrain Condition

Monitoring-An Overview”, National Renewable Energy Laboratory,

1617 Cole Boulevard, MS 3811, Oct,2011

[۲۲] ReliaSoft, ”G400 Seminar Handouts”.2015

[۲۳] EPSMA, “Guidelines to Understanding Reliability Prediction ”

EUROPEAN POWER SUPPLY MANUFACTURERS ASSOCIATION.

June,2005

[۲۴] P.Tavner , C . Edwards , A . Brinkman, and F. Spinato , “Influence of

Wind Speed on Wind Turbine Reliability”,2006

[۲۵] Einarsson, Simon, “ Wind Turbine Reliability Modelling”, June 2016

[۲۶] Short, T.A, ” Reliability Indices”, T & D World Expo, Indianapolis, In 2002

[۲۷] سعید کریمی ، ارزیابی شاخص های قابلیت اطمینان شبکه توزیع ، پایان نامه کارشناسی ارشد

برق قدرت، ۱۳۹۲

[۲۸] Vasileios A. Evangelopoulos, Pavlos S. Georgilakis, ” Optimal distributed

generation placement under uncertainties based on point estimate method

embedded genetic algorithm ”, *IEEE*, vol,8,ISS,3,pp,389-400,2014