دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

حذف نوسانات توان و ولتاژدر ژنراتور های بادی متصل به شبکه توسط STATCOM/BESS

نگارش
علیرضا دامن خورشید

اساتید راهنما:دکتر علی اکبر مطیع بیرجندی
استاد مشاور:دکتر زین العابدین موسوی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته برق (قدرت)

مهرماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب علیرضا دامن خورشید متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

علیرضادامن خورشید

امضاء

تأییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه/رساله

نام دانشکده:برق و کامپیوتر

نام دانشجو:علیرضا دامن خورشید

عنوان پایان‌نامه یا رساله: حذف نوسانات توان و ولتاژدر ژنراتور های بادی متصل به شبکه توسط **STATCOM/BESS**

تاریخ دفاع:مهرماه ۱۳۹۰

رشته:برق

گرایش:قدرت

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما				
۳	استاد مشاور				
۳	استاد مدعو خارجی				
۴	استاد مدعو خارجی				
۵	استاد مدعو داخلی				
۶	استاد مدعو داخلی				

باسمه تعالی

قدردانی و تشکر

من لم یشکر المخلوق لم یشکرالخالق
از زحمات کلیه معلمان و اساتیدی که در طی دوران تحصیل افتخار شاگردی آنها را داشته ام، مخصوصاً اساتید گرامی آقایان دکتر علی اکبر مطیع بیرجندی ، دکتر زین العابدین موسوی وکلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق با اینجانب همکاری نموده اند و همچنین از زحمات پدر و مادر و همسر عزیزم وفرزندانم که در طی این دوره تحصیلی بار مشکلات زندگی را به تنهایی به دوش کشیده اند ،تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

امروزه با افزایش قیمت انرژی و ملاحظات زیست محیطی در درجه اول و کیفیت توان در درجه دوم ، مهندسی برق را به سوی استفاده بهینه از انرژی الکتریکی سوق داده است . در این بین، با ظهور ادوات نیمه هادی های قدرت با کنترل از طریق گیت (GTO و IGBT) باعث شده است که استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت در موارد متفاوتی مورد استفاده قرار گرفته شود. دراین میان ، جبران کننده های موازی و منابع ذخیره ساز انرژی بدلیل داشتن راندمان بالا و جریان با کیفیت ، بیشتر در صنعت برق مورد استفاده قرار می گیرند.

در این پایان نامه، نمونه ای از یک نیروگاه بادی که مشتمل بر (ژنراتور القایی تغذیه دوبل و جبران کننده موازی STATCOM[1] به همراه منبع ذخیره ساز انرژی باتری) است توسط نرم افزار گرافیکیPSCAD/EMTDC شبیه سازی شده و نتایج هر یک از کمیت های الکتریکی (توان، ولتاژ ، فرکانس، سرعت زاویه ای رتور) بصورت جداگانه و مستقل از یکدیگردر منحنی ها و جداولی مورد پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است .

از مقایسه نتایج بدست آمده، اینگونه نتیجه گیری می شودکه با بکارگیری و استفاده صحیح از ژنراتور القایی تغذیه دوبل ،جبران کننده STATCOM و سیستم ذخیره ساز انرژی BESS[2] بطور همزمان، اثرات مهمی را به همراه داشته است و از این طریق اهداف مورد نظر پایان نامه که کاهش نوسانات توان و ولتاژ توسط STATCOMدر نیرو گاه های بادی است تا حدودی برآورده شده و نتایج مفید زیر را نیز به همراه داشته است.

الف) ظرفیت تولید شبکه در حد قابل توجهی افزایش یافته که باعث پایدار ی شبکه در شرایط مختلف کاری می شود.

ب) نوسانات هر یک از کمیت های مورد اشاره با حضور جبران کننده STATCOMو BESS در حد زیادی کاهش یافته است .

ج) از وجود بانک های خازنی که جهت تامین توان راکتیو ژنراتور های القایی مورد استفاده قرار می گرفته صرف نظر شده است.

واژه‌های کلیدی:سیستم قدرت، ژنراتورالقایی تغذیه دوبل ،جبران کننده موازی ، منبع ذخیره ساز انرژی

---

[1]- Static Synchronous Compensator

[2]-Battery Energy Storage System

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱: مقدمه **۱**

۱-۱. مقدمه **۲**

۱-۱. مروری بر تحقیقات انجام گرفته..... **۴**

فصل ۲: تاثیر نیرو گاه بادی بر سیستم قدرت **۱۲**

۲-۱. مقدمه **۱۳**

۲-۲. نقش نیروگاه های بادی در سیستم قدرت..... **۱۳**

۲-۳. ساختار اصلی سیستم قدرت نیروگاه بادی..... **۱۵**

۲-۴. توربین های بادی مدرن **۱۶**

۲-۵. انواع ژنراتورهای مورد استفاده در نیروگاه های بادی..... **۱۶**

۲-۵-۱. ژنراتور القایی با توربین سرعت ثابت..... **۱۷**

۲-۵-۲. ژنراتور با توربین بادی سرعت متغیر ، کنترل سرعت با استفاده از تغییر مقاومت خارجی..... **۱۷**

۲-۵-۳. ژنراتور القایی با توربین سرعت متغیر همراه مبدل الکترونیک قدرت با فرکانس کمتر **۱۸**

۲-۵-۴. ژنراتور با توربین سرعت متغیر همراه مبدل الکترونیک قدرت با فرکانس بزرگتر **۱۹**

۲-۵-۵. مقایسه ژنراتور های بکار گرفته شده در نیروگاه های بادی **۱۹**

۲-۶. روش ایجاد توان مکانیکی توربین بادی..... **۲۰**

۲-۶-۱. استراتژی کنترل توان در توربین های بادی..... **۲۲**

۲-۶-۲. محدود سازی توان تولیدی توربین بادی..... **۲۳**

فهرست مطالب

۲-۷. دلایل بکار گیری ژنراتور القایی تغذیه دوبل ۲۳

۲-۸. لزوم بکارگیری جبران کننده هاو منابع ذخیره ساز انرژی در نیروگاه های بادی ۲۹

۲-۸-۱. جبران سازهای توا ن راکتیو در نیروگاههای بادی ۳۰

۲-۸-۲. بانکهای خازنی سوئیچ شونده ۳۰

۲-۸-۳. جبران سازهای واراستاتیکی SVC ۳۱

۲-۸-۴. جبران کننده موازی STATCOM در نیرو گاه بادی ۳۲

۲-۸-۵. تنظیم ولتاژ ،در جبران ساز های SVC و STATCOM ۳۶

۲-۸-۶. مقایسه بین جبرانسازی های توان راکتیو در نیروگاههای بادی ۳۸

۲-۸-۷. مدل ریاضی STATCOM ۳۹

۲-۸-۸. کنترلر جبران کننده موازی STATCOM ۴۴

۲-۹. تلفیق جبران ساز STATCOM با منابع ذخیره ساز انرژی BESS ۴۵

۲-۱۰. منابع ذخیره کننده انرژی(باتری) ۴۸

۲-۱۱. نتیجه گیری ۴۸

فصل ۳. مدل شبیه سازی شده STATCOM/BESS همراه ژنراتور القایی تغذیه دوبل ۴۹

۳-۱. مقدمه ۵۰

۳-۲. تاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS در شرایط عملکرد عادی ژنراتور ۵۲

۳-۲-۱. چگونگی وضعیت توان اکتیو در شینه تولید (شینه ژنراتور) ۵۲

۳-۲-۲. وضعیت توان اکتیو در شینه تولید (شینه ژنراتور) با حضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۳

۳-۲-۳. وضعیت توان راکتیو ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۵

فهرست مطالب

۳-۲-۴. چگونگی وضعیت توان ر اکتیو ژنراتور با حضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۶

۳-۲-۵. ولتاژ شینه تولید در شرایط اتصال ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS..... ۵۷

۳-۲-۶. وضعیت ولتاژ ژنراتور باحضور جبران کننده STATCOM/BESS..... ۵۸

۳-۲-۷. وضعیت سرعت زاویه ای ژنراتور بدون حضور STATCOM/BESS..... ۵۹

۳-۲-۸. وضعیت سرعت زاویه ای ژنراتور با حضور از جبران کننده STATCOM/BESS..... ۶۰

۳-۲-۹. مقایسه کمیت های توان ،ولتاژ و سرعت زاویه ای ژنراتور بر اساس مقادیر عددی ۶۱

۳-۳. بررسی تاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS بر فرکانس شبکه مورد مطالعه..... ۶۳

۳-۳-۱. محل اتصال کوتاه در شینه بار وتاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS بر فرکانس شینه بار ۶۳

۳-۳-۲. محل اتصال کوتاه در محل شینه بار ، تاثیر جبران کننده بر فرکانس شینه- ژنراتور ۶۴

۳-۳-۳. محل وقوع اتصال کوتاه در شینه -بار مقایسه تاثیر جبران کننده بر فرکانس شینه مرجع..... ۶۵

۳-۳-۴. محل وقوع اتصال کوتاه درشینه ژنراتور، تاثیر جبران کننده بر فرکانس شینه بار..... ۶۵

۳-۳-۵. محل وقوع اتصال کوتاه در شینه- ژنراتور ، تاثیر جبران کننده بر فرکانس شینه-ژنراتور ۶۶

۳-۳-۶. محل وقوع اتصال کوتاه درشینه ژنراتور ،تاثیر جبران کننده بر فرکانس شینه مرجع ۶۸

۳-۳-۷. محل وقوع اتصال کوتاه درشینه ژنراتور ، مقایسه تاثیرات جبران کننده بر فرکانس شینه مرجع ۶۹

۳-۴. بررسی تاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS برنوسانات(توان ، ولتاژ وسرعت زاویه ای روتور و جریان) در هنگام وقوع اتصال کوتاه ۶۹

۳-۴-۱. بررسی نوسانات توان اکتیو در هنگام وقوع اتصال کوتاه درمحل شینه -ژنراتور ۷۰

۳-۴-۲. بررسی نوسانات توان راکتیو در هنگام وقوع اتصال کوتاه درمحل شینه- ژنراتور ۷۱

۳-۴-۳. بررسی نوسانات ولتاژ در هنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- ژنراتور ۷۲

فهرست مطالب

۳-۴-۴. بررسی نوسانات سرعت روتوردر هنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- ژنراتور..... ۷۳

۳-۵. بررسی نوسانات توان اکتیو شینه ژنراتور درهنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- بار..... ۷۴

۳-۵-۱. بررسی نوسانات توان راکتیو در هنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- بار..... ۷۵

۳-۵-۲. بررسی نوسانات ولتاژ در هنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- بار..... ۷۶

۳-۵-۳. بررسی نوسانات سرعت زاویه ای رتوردر هنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- بار ۷۷

۳-۵-۴. بررسی نوسانات جریان ژنراتور در هنگام وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- بار..... ۷۸

۳-۶. نتیجه گیری ۷۹

فصل ۴. جمع‌بندی و پیشنهادها ۸۲

۴-۱. جمع بندی..... ۸۳

۴-۲. پیشنهادها..... ۸۴

مراجع ۸۶

پیوست‌ها ۹۲

فهرست اشکال

عنوان شکل ها ..... صفحه

شکل ۱-۱. نمودار پارامترهای مختلف کیفیت توان **۴**

شکل ۱-۲. منحنی P-V کنترل ولتاژ برحسب توان بار..... **۸**

شکل ۲-۱. ساختار کلی نیروگاه بادی..... **۱۵**

شکل ۲-۲. توربین های بادی با محور افقی و محور عمودی **۱۶**

شکل ۲-۳. نمایش ژنراتور القایی با توربین سرعت ثابت **۱۷**

شکل ۲-۴. ژنراتور القایی با توربین سرعت متغیرو با کنترل مقاومت متغیر خارجی **۱۸**

شکل ۲-۵. ژنراتور القایی تغذیه دوگانه دارای مبدل فرکانس **۱۸**

شکل ۲-۶. (ژنراتور سنکرون یا القایی) با توربین بادی سرعت متغیر و مبدل فرکانس بزرگ..... **۱۹**

شکل ۲-۷. نیروهای وارد شونده بر پره های توربین..... **۲۰**

شکل ۲-۸. منحنی تغییرات C_P نسبت به λ **۲۲**

شکل ۲-۹. مدل دینامیکی توربین بادی با ژنراتور آسنکرون ازطریق کنترل توان..... **۲۳**

شکل۲-۱۰. توان خروجی توربین بادی بر حسب سرعت وزش باد..... **۲۴**

شکل ۲-۱۱. شمای کلی ژنراتور های القایی تغذیه دوبل..... **۲۵**

شکل ۲-۱۲. بلوک دیاگرام سیستم کنترل شونده موسوم به SVC..... **۳۱**

شکل۲-۱۳. منحنی مشخصه ولت- آمپری SVC..... **۳۲**

شکل ۲-۱۴. ساختار اصلی STATCOM از نوع منبع ولتاژی..... **۳۴**

شکل ۲-۱۵. مدار معادل STATCOM جهت کنترل توان..... **۳۴**

فهرست اشکال

شکل ۲-۱۶. کنترل جریان راکتیو شبکه با استفاده از ولتاژ سمت AC ۳۵

شکل ۲-۱۷.کنترل و تنظیم توان های اکتیو و راکتیو از طریق کنترل ولتاژ ۳۵

شکل ۲-۱۸. منحنی مشخصه ولت آمپری جبران کننده STATCOM ۳۶

شکل ۲-۱۹. مقایسه منحنی مشخصه ولت آمپری SVC و STATCOM ۳۸

شکل ۲-۲۰. بلوک دیا گرام کنترلی STATCOM ۴۰

شکل ۲-۲۱. نمایش تک خطی STATCOM / BESS در نقطه اتصال به شبکه ۴۱

شکل ۳-۱. مدل و ساختار یک شبکه مورد مطالعه ۵۱

شکل ۳-۲. مدل نوع باد بکار گرفته شده بر روی پره های توربین بادی ۵۱

شکل ۳-۳. توان اکتیو ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۳

شکل ۳-۴. توان اکتیو ژنراتور باحضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۴

شکل ۳-۵. مقایسه اثرات جبران کننده STATCOM/BESS بر روی توان اکتیو ۵۴

شکل ۳-۶. توان راکتیو ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۵

شکل ۳-۷. توان راکتیو ژنراتور باحضور جبران کننده STATCOM/BESS ۵۶

شکل ۳-۸. مقایسه تاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS بر روی توان راکتیو ۵۷

شکل ۳-۹. منحنی تغییرات ولتاژ خروجی ژنراتور در شینه تولید بدون حضور جبران کننده ۵۷

شکل ۳-۱۰. ولتاژ خروجی ژنراتور بااستفاده از جبرانگر STATCOM/BESS ۵۸

شکل ۳-۱۱. مقایسه تاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS بر روی ولتاژ خروجی ژنراتور ۵۹

شکل ۳-۱۲. سرعت زاویه ای روتور ژنراتور بدون استفاده از جبران کننده STATCOM/BESS ۶۰

شکل ۳-۱۳. سرعت زاویه ای روتور ژنراتور بااستفاده از جبران کننده STATCOM/BESS ۶۰

فهرست اشکال

شکل ۳-۱۴. مقایسه تاثیرات جبران کننده STATCOM/BESS بر سرعت زاویه ا ی روتور..... ۶۱

شکل ۳-۱۵. تغییرات فرکانس در شینه بار بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار..... ۶۴

شکل ۳-۱۶. تغییرات فرکانس در شینه بار با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار..... ۶۴

شکل ۳-۱۷. تغییرات فرکانس شینه- ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار..... ۶۵

شکل۳-۱۸. تغییرات فرکانس شینه –ژنراتو ر با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار..... ۶۵

شکل ۳-۱۹. تغییرات فرکانس شینه –شبکه بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار..... ۶۶

شکل ۳-۲۰. تغییرات فرکانس شینه –شبکه با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار..... ۶۶

شکل ۳-۲۱. تغییرات فرکانس شینه –بار بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه-ژنراتور..... ۶۷

شکل ۳-۲۲. تغییرات فرکانس شینه –بار با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور..... ۶۷

شکل ۳-۲۳. تغییرات فرکانس شینه –بار بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور..... ۶۸

شکل ۳-۲۴. تغییرات فرکانس شینه –بار با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور..... ۶۸

شکل ۳-۲۵. تغییرات فرکانس شینه –شبکه بدون حضور وبا حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور..... ۶۹

فهرست اشکال

شکل ۳-۲۶. تغییرات توان اکتیو در شینه- ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور ۷۰

شکل۳-۲۷. تغییرات توان اکتیو در شینه- ژنراتور با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور ۷۰

شکل۳-۲۸. تغییرات توان اکتیو در شینه- ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور ۷۱

شکل۳-۲۹. تغییرات توان اکتیو درشینه ژنراتور با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور ۷۱

شکل ۳-۳۰. تغییرات ولتاژ شینه- ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور ۷۲

شکل۳-۳۱. تغییرات ولتاژشینه- ژنراتور با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه- -ژنراتور..... ۷۲

شکل ۳-۳۲. تغییرات سرعت زاویه ای روتور در شینه- ژنراتوربدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور..... ۷۳

شکل۳-۳۳. تغییرات سرعت زاویه ای روتور در شینه- ژنراتور با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -ژنراتور ۷۳

شکل۳-۳۴. تغییرات توان اکتیو درشینه- ژنراتور بدون حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۴

شکل۳-۳۵ . تغییرات توان اکتیو درشینه- ژنراتور با حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۴

شکل ۳-۳۶. تغییرات توان ر اکتیو در شینه- ژنراتور بدون حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۵

فهرست اشکال

شکل ۳-۳۷. تغییرات توان ر اکتیو در شینه- ژنراتور با حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۵

شکل۳-۳۸. تغییرات ولتاژشینه – ژنراتور بدون حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۶

شکل ۳-۳۹. تغییرات ولتاژ شینه – ژنراتور با حضور جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۶

شکل ۳-۴۰. تغییرات سرعت زاویه ای رتور در شینه- ژنراتور بدون حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۷

شکل۳-۴۱. تغییرات سرعت زاویه ای رتور در شینه- ژنراتور با حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۷

شکل۳-۴۲. تغییرات جریان در شینه- ژنراتور بدون جبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۸

شکل۳-۴۳. تغییرات جریان در شینه- ژنراتور با حضورجبران کننده STATCOM/BESS وقوع اتصال کوتاه در محل شینه -بار ۷۸

فهرست جداول

عنوان جدول .....صفحه

جدول۲ -۱. مقایسه جبرانسازها در نیروگاه بادی..... **۳۹**

جدول۲-۲. مقایسه هزینه های چرخه عمر برای فن اوریهای ذخیره انرژی..... **۴۸**

جدول۳-۱. مقایسه بین کمیت اندازه گیری شده (توان اکتیو ، راکتیو ، ولتاژ و سرعت روتور)در نیروگاه بادی درقبل و بعد از ورود STATCOM/BESS **۶۲**

جدول ۳-۲. مقایسه کاهش نوسا نات کمیت های الکتریکی (توان اکتیو ، راکتیو ، ولتاژ و سرعت زاویه ای روتور)در نیروگاه بادی درقبل و بعد از ورود STATCOM/BESS..... **۸۰**

جدول ۳-۳. مقایسه کاهش نوسا نات کمیت های الکتریکی (توان اکتیو ، راکتیو ، ولتاژ و سرعت زاویه ای روتور) در نیروگاه بادی درقبل و بعد از ورود STATCOM/BESS محل وقوع اتصال کوتاه در شینه ژنراتور..... **۸۱**

جدول۳-۴. مقایسه کاهش نوسا نات کمیت های الکتریکی (توان اکتیو ، راکتیو ، ولتاژ و سرعت زاویه ای روتور) در نیروگاه بادی درقبل و بعد از ورود STATCOM/BESS محل وقوع اتصال کوتاه در شینه بار..... **۸۱**

فهرست علائم اختصاری

i_{as}, i_{bs}, i_{cs} جریان هریک از فاز های استاتور	K نسبت تبدیل ولتاژ **DC** به **AC**
v_{as}, v_{bs}, v_{cs} ولتاژ هریک از فاز های استاتور	V_O و لتاژ خروجی اینورتر
i_{ar}, i_{br}, i_{cr} جریان هریک از فاز های رتور	X_t راکتانس سلفی اینورتر
v_{ar}, v_{br}, v_{cr} ولتاژ هریک از فاز ها ی رتور	V_t ولتاژ خروجی ماشین
i_{ds}, i_{qs}مولف های جریان استاتور منتقل شده به دستگاه مرجع	V_b ولتاژ شین بینهایت
i_{dr}, i_{qr} مولف های جریان رتورمنتقل شده به دستگاه مرجع	V_L ولتاژ نقطه اتصال جبران کننده با شبکه
$\lambda_{qs}, \lambda_{ds}$ مولفه های شار دور استاتور	Ψ اختلاف زاویه ولتاژو جریان اینورتر
$\lambda_{dr}, \lambda_{qr}$مولفه های شار دور رتور	δ اختلاف زاویه جریان و ولتاپ خط
L_sاندوکتانس استاتور	X_d, X'_d راکتانس گذرا و دینامیکی ماشین
L_r اندوکتانس رتور	X_q راکتانس محور **q**
L_mاندوکتانس متقابل	i_d, i_q جریان مولفه های **d ,q**
R_sمقاومت استاتور	E_q ولتاژمیدان تحریک مولفه **q**
R_rمقاومت رتور	E_{fd} ولتاژ میدان تحریک مولفه **d**
P_sتوان اکتیو استاتور	W سرعت ماشین **(rad/s)**
P_rتوان اکتیو رتور	P_e, P_m توان مکانیکی و الکتریکی ماشین
C_{dc} ظرفیت خازن مبدل	$V_{BESS-STATCOM}$ ولتاژ منبع ذخیره کننده و جبران کننده
C ضریب مدولاسیون اینورتر	β اختلاف زاویه جریان و ولتاژ جبران کننده

فصل ۱:

مقدمه

۱-۱. مقدمه

بواسطه اهمیت وگستردگی موضوع کیفیت توان در نیرو گاه های بادی ، در فصل اول علل استفاده از انرژی باد ، مشکلات موجود بر کیفیت توان و مروری برتحقیقات انجام گرفته خواهد داشت . درفصل دوم ، تاثیرات هریک از اجزای سیستم قدرت(تجهیزات مکانیکی و الکتریکی ، مبدل های الکترونیک قدرت و جبران کننده های ادوات FACTS) در نیروگاه های بادی داشته است.

در فصل سوم به شبیه سازی شبکه سه شینه ، شامل ژنراتور القایی تغذیه دوبل با جبران کننده موازی STATCOM به همراه منابع ذخیره ساز انرژی داشته است و مشکلات مطرح شده در پایداری گذرا و نیز پایداری دینامیکی نیروگاه های بادی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده و تاثیرات جبران کننده براین شبکه را نمایش داده شده است. در فصل پایانی به جمع بندی و پیشنهادات عملی لازم جهت اصلاح آن آورده شده است.

مطا لعات و بررسی ها نشان می دهد که طی سال های اخیر بدلیل کاهش منابع و افزایش قیمت انرژی های فسیلی انسان همواره سعی در جایگزینی انرژی های تجدیدپذیر داشته است. یکی از انواع انرژی های تجدیدپذیر و تمام نشدنی انرژی باد می باشد که از دیر باز ذهن بشر را به خود معطوف نموده است. ازهمان ابتدا انرژی باد را جهت به حرکت درآوردن قایق ها و کشتی های بادبانی و آسیاب های بادی بکارگرفته است. در شرایط کنونی با توجه به اهمیت موضوع ، انرژی باد توجیه اقتصادی بیشتری نسبت به سایر منابع انرژی های تجدید پذیر دارد و به همین لحاظ بکارگیری و استفاده از آن امری الزامی است .در کشور ما نیز قابلیت ها و پتانسیل های مناسبی جهت نصب و راه اندازی توربین های بادی وجود دارد . در این زمینه تحقیقات و سرمایه گذاریهای فراوانی انجام گرفته است. رویکرد توسعه و کاربرد این تکنولوژی ، چشم انداز روشنی را فرا روی سیاست گذاران بخش انرژی کشور قرار داده است[۱].

با توجه به سرمایه گذ اری زیادی که جهت گسترش و توسعه این بخش از صنعت تولید برق انجام می گیرد. ضروری است که هم زمان با گسترش آنها ، کیفیت تولید و قابلیت اطمینان نیز در این نیروگاه ها رشد یابد.

در حال حاضر علی رغم گسترش و توسعه نیروگاه های بادی هنوز با چالش های مهمی ازجمله عدم کیفیت توان و قابلیت اطمینان پایینی مواجه اند.

در بازار رقابتی وخصوصی سازی، افزایش قابلیت اطمینان، کیفیت تولید و کاهش قیمت انرژی جهت مصرف کنندگان امری اجتناب ناپذیر است [۲و۳].

لذا دراین بخش ازپایان نامه به توجیه مشکلات و ضرورت انجام تحقیق پرداخته شده است زیرا عوامل موثرو تاثیرگذار برکیفیت توان، عملکرد ناصحیح بعضی از توربین های بادی ، ژنراتورها و ادوات الکترونیک قدرت ، تغییرات سرعت باد و سایه دکل توربین بوده است که باعث ایجاد نوسانات در کمیت های الکتریکی شده است. بطور نمونه می توان به استفاده از توربین‌های بادی سرعت ثابت‌که با اعوجاجات و تغییرات بیشتری نسبت به سایر توربین های سرعت متغیردرتولید توان و ولتاژ داشته اند اشاره نمود.

از تحقیقات بعمل آمده چنین استنباط می گرددکه توربین های بادی درحین عملکرد عادی و دائم، توانی متغیر تولید نموده که این تغییرات توان، اساساً به خاطر تأثیر اعوجاجات باد و سایه دکل توربین بوده است که اثرات تغییرات توان منجر به نوسانات پریودیک فرکانس شبکه شده است [۴].

بررسی ها نشان می دهد که با گسترش وتکنولوژی ساخت توربین های بادی سرعت متغیر تا حدودی از تغییرات سریع توان به سمت شبکه جلوگیری شده است . در حالی‌که، عملکرد توربین‌سرعت ثابت در یک ژنراتور القایی با لغزش کم، منجر به تغییرات توان درشبکه شده است و کیفیت توان را تحت تاثیر قرار داده است.

با توجه به اهمیت موضوع کیفیت توان، مطابق شکل (۱-۱) مقدمه ای از پارامترهای کیفیت توان که قابل بررسی بوده آورده شده است. در حالت کلی کیفیت توان شامل دو مفهوم اساسی می باشد[۵].

الف)تأمین کیفیت ولتاژ

ب) قابلیت اطمینان منبع

تامین کیفیت ولتاژ شامل اغتشاشات متفاوت (تغییرات سریع، هارمونیکها، میان هارمونیکها، فلیکر، نامتعادلی و گذراها) می شود. بخش قابلیت اطمینان شامل(اتفاقات با زمان طولانی تر همانند وقفه های افت ولتاژ بیشبود وکمبود ولتاژ و انحراف فرکانس) می شود.

علاوه بر موارد اشاره شده اندازه و سایز ترانسفورمرها و ژنراتورها وطول خط نیز بر افت ولتاژها تاثیر گذار بوده و کیفیت توان را تحت تاثیر قرار می دهد[۶و۷].

حساسیت سیستم های الکترونیکی(بخصوص کامپیوترها، ، تلویزیون های رنگی وسیستمهای