دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه قدرت

پایان نامه کارشناسی ارشد

دررشته برق گرایش قدرت وسیستمهای انرژی

عنوان پایان نامه

بهبود پایداری ولتاژ و تثبیت فرکانس در توربین بادی ژنراتور القایی از طریق جبران ساز یکپارچه کیفیت توان

به وسیله:

علی رضا تیموری

استاد راهنما:

دکتر مجید نیری پور

اسفند ماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

بهبود پایداری ولتاژ و تثبیت فرکانس در توربین بادی ژنراتور القایی از طریق جبران ساز یکپارچه کیفیت توان

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم

بوسیله :

علی رضا تیموری

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه مهندسی برق قدرت دانشکده مهندسی برق و الکترونیک

دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه:

دکتر مجید نیری پور (رئیس کمیته)	استاد راهنما
دکتر محمد مردانه	استاد مشاور
دکتر طاهر نیکنام	استاد داور
دکتر مختار شاصادقی	استاد داور

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تقدیم به

پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان

محبت و از صبرشان ایستادگی را

آموختم

سپاسگزاری

اکنون که به فضل الهی این رساله به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بزرگوارانه و راهنمایی‌های استادانه جناب آقای دکتر نیری پور و جناب آقای دکتر مردانه تشکر نمایم که در همه حال با راهنمایی‌هایشان حامی من بودند. همچنین از دیگر اساتید محترم گروه برق دانشگاه صنعتی شیراز که در طول این دوره افتخار شاگردی و کسب دانش و معرفت از ایشان را داشته‌ام، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده:

عنوان پایان نامه

بهبود پایداری ولتاژ و تثبیت فرکانس در توربین بادی ژنراتور القایی از طریق جبران ساز یکپارچه کیفیت توان

بوسیله‌ی :

علی رضا تیموری

یکی از اساسی‌ترین موضوع‌های مورد بحث در توربین‌های بادی ژنراتور القایی، بهبود پایداری ولتاژ و تثبیت فرکانس است. هدف از این پایان نامه، طراحی جبران ساز یکپارچه کیفیت توان[1] به منظور کنترل مستقل فرکانس و ولتاژ در توربین‌های بادی می‌باشد. طراحی سیستم کنترل جبران ساز به دو حالت عمده، اتصال توربین‌های بادی به شبکه و مستقل از شبکه انجام می‌شود. در حالت اتصال به شبکه، دو ساختار متمایز جهت اتصال توربین‌های بادی به شبکه توسط جبران ساز بیان شده است که این دو ساختار با حالت اتصال مستقیم توربین به شبکه در زمان وقوع اتصال کوتاه و فروپاشی ولتاژ مقایسه می‌شوند و فروپاشی ولتاژ ناشی از افزایش شدید بار است. در ادامه طراحی سیستم کنترل جبران ساز در حالت مستقل از شبکه بررسی می‌شود. در این حالت از هایبرید توربین بادی با پیل سوختی به منظور تامین توان بار استفاده شده است. در واقع هدف از استفاده از جبران ساز در این حالت تثبیت ولتاژ و فرکانس شبکه با استفاده از کنترل توان توربین‌های بادی می‌باشد.

کلمات کلیدی: توربین بادی ژنراتور القایی، جبران ساز یکپارچه کیفیت توان، تثبیت فرکانس

[1] Unified Power Quality Conditioner

فهرست نماد های اختصاری

PAPF	Parallel Active Power Filter
SAPF	Series Active Power Filter
HAPF	Hybrid Active Power Filter
DVR	Dynamic Voltage restorer
UPQC	Unified Power Quality Conditioner
DFIG	Doubly Fed Induction Generator
PMSG	Permanent Magnet Synchronous Generator
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
ADLINE	Adaptive Linear Neuron
MO-ADLINE	Multi Output Adaptive Linear Neuron
FFT	Fast Fourier Transform
RBF	Radial Basis Function
DWT	Discrete Wavelet Transform
FACTS	flexible AC Transmission System
SVC	Static Var Compensator
STATCOM	Static Synchronous Compensator

فهرست مطالب:

فصل ۱- مقدمه..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- ضرورت و انگیزه انجام تحقیق..... ۲

۱-۳- اهداف تحقیق..... ۳

۱-۴- پیشینه تحقیق..... ۳

۱-۵- ساختار پایان نامه..... ۵

فصل ۲- مروری بر پدیدههای کیفیت توان و روشهای تخمین و جبران سازی آنها..... ۶

۲-۱- مقدمه..... ۷

۲-۲- پدیده های کیفیت توان..... ۷

۲-۲-۱- تغییرات کوتاه مدت ولتاژ..... ۷

۲-۲-۱-۱- قطعی ولتاژ..... ۷

۲-۲-۱-۲- کمبود ولتاژ..... ۸

۲-۲-۱-۳- بیشبود ولتاژ..... ۸

۲-۲-۲- نامتعادلی..... ۸

۲-۲-۳- فلیکر ولتاژ..... ۸

۲-۲-۴- تغییرات فرکانس..... ۸

۲-۲-۵- هارمونیک..... ۹

۲-۳- تخمین پدیده های کیفیت توان..... ۹

۲-۳-۱- محاسبه در حوزه فرکانس..... ۱۰

۲-۳-۲- محاسبات در حوزه زمان..... ۱۱

۲-۳-۳- شبکه عصبی مصنوعی..... ۱۲

۲-۴- سیستم های جبران ساز پدیده های کیفیت توان..... ۱۴

۲-۴-۱- فیلترهای پسیو..... ۱۴

۲-۴-۲- فیلترهای اکتیو..... ۱۵

۲-۵- ساختار کلی فیلتر اکتیو..... ۱۶

۲-۵-۱- سیستم اندازه گیری..... ۱۶

۲-۵-۲- تخمین زننده شکل موج مرجع..... ۱۶

۲-۵-۳- سیستم کنترلی..... ۱۷

۲-۵-۳-۱- کنترل هیسترزیس..... ۱۷

۲-۵-۳-۲- مدولاسیون بردار فضایی..... ۱۸

۲-۵-۳-۳- مدولاسیون پهنای پالس سینوسی ۱۹
۲-۵-۴- مبدل قدرت ۱۹
۲-۵-۴-۱- مبدلهای منبع ولتاژی ۲۰
۲-۵-۴-۲- مبدلهای منبع جریانی ۲۱
۲-۵-۵- تراسفورماتور اتصال دهنده ۲۲
۲-۶- نحوه اتصال فیلتر اکتیو به شبکه ۲۲
۲-۶-۱- فیلتر اکتیو موازی ۲۳
۲-۶-۲- فیلتر اکتیو سری ۲۳
۲-۶-۳- فیلترهای هایبرید ۲۶
۲-۶-۳-۱- فیلتر اکتیو موازی و فیلتر پسیو موازی ۲۶
۲-۶-۳-۲- فیلتر اکتیو سری و فیلتر پسیو موازی ۲۷
۲-۶-۳-۳- فیلتر اکتیو سری و فیلتر اکتیو موازی ۲۸

فصل ۳- توربین بادی ۳۰

۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲- مروری بر انواع توربین های بادی ۳۱
۳-۲-۱- توربین بادی سرعت ثابت ۳۱
۳-۲-۲- توربین بادی سرعت متغیر ۳۲
۳-۳- معادلات پایه مربوط به انرژی باد ۳۴
۳-۴- توربین بادی ژنراتور القایی ۳۶
۳-۴-۱- مدل سازی ژنراتور القایی ۳۶
۳-۴-۲- مدل سازی ژنراتور القایی در نرم افزار Digsilent ۳۷
۳-۵- شبیه سازی ژنراتور القایی ۴۰

فصل ۴- سلول سوختی ۴۲

۴-۱- مقدمه ۴۳
۴-۲- پیل سوختی اکسید جامد ۴۴
۴-۳- مدل سازی پیل سوختی اکسید جامد ۴۵
۴-۴- شبیه سازی سلول سوختی اکسید جامد ۵۰

فصل ۵- جبرانساز یکپارچه کیفیت توان ۵۴

۵-۱- مقدمه ۵۵
۵-۲- جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۵۵
۵-۳- تخمین پدیده های کیفیت توان توسط شبکه عصبی وفقی ۵۶

۵-۳-۱- تخمین هارمونیک ۵۶
۵-۳-۲- تخمین فلیکر ۵۷
۵-۳-۳- تخمین مولفه های متقارن ۵۸
۵-۳-۴- تخمین فرکانس ۵۹
۵-۴- استراتژی کنترل جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۶۰
۵-۴-۱- استراتژی کنترل مبدل سری ۶۱
۵-۴-۲- استراتژی کنترل مبدل موازی ۶۲
۵-۵- شبیه سازی ۶۳
۵-۵-۱- تخمین هارمونیک ۶۳
۵-۵-۲- تخمین فلیکر ۶۴
۵-۵-۳- تخمین مولفه های متقارن ۶۵
۵-۵-۴- تخمین فرکانس ۶۶
۵-۵-۵- جبران سازی اغتشاشات کیفیت توان ۶۷

فصل ۶- کنترل توربین بادی ژنراتور القایی توسط جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۷۳

۶-۱- مقدمه ۷۴
۶-۲- کنترل توربین بادی ژنراتور القایی توسط جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۷۴
۶-۲-۱- استراتژی کنترل جبران ساز کیفیت توان ۷۴
۶-۳- شبیه سازی ۷۷
۶-۳-۱- تغییرات سرعت باد: ۸۴
۶-۳-۲- خطای متقارن سه فاز ۸۹
۶-۳-۳- فروپاشی ولتاژ در اثر افزایش شدید بار ۹۴

فصل ۷- سیستم هایبرید ۱۰۱

۷-۱- مقدمه ۱۰۲
۷-۲- استراتژی های کنترلی سیستم هایبرید ۱۰۲
۷-۳- توصیف سیستم ۱۰۳
۷-۴- محاسبه ظرفیت خازن ۱۰۴
۷-۵- استراتژی کنترل سیستم هایبرید ۱۰۵
۷-۶- شبیه سازی ۱۰۷

فصل ۸- نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۱۱

۸-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۲
۸-۲- نو آوریها ۱۱۳

۸-۳- ارائه پیشنهادات ۱۱۳
فهرست منابع ۱۱۵

فهرست جدول ها:

جدول (۳-۱): مقادیر پارامترهای ژنراتور القایی ۳۸
جدول (۴-۱): پارامترهای سلول سوختی اکسید جامد ۴۸

فهرست شکل‌ها:

شکل(۲-۱): موجک چند سطحی و باندهای فرکانسی ۱۰
شکل(۲-۲): شبکه عصبی وفقی ۱۳
شکل(۲-۳): فیلتر تنظیم شونده مرتبه دوم و فیلتر بالا گذر ۱۴
شکل(۲-۴):ساختار کلی فیلتر اکتیو ۱۶
شکل(۲-۵): کنترل جریان به روش باند هیسترزیس ۱۸
شکل(۲-۶):مدولاسیون بردار فضایی ۱۹
شکل(۲-۷): مدولاسیون پهنای پالس سینوسی ۱۹
شکل(۲-۸):مبدل منبع ولتاژی ۲۱
شکل(۲-۹):مبدل دیودی ۲۱
شکل(۲-۱۰):مبدل مبتنی بر تریستورهای معمولی ۲۲
شکل(۲-۱۱): مبدل مبتنی بر کلید های نیم هادی قطع اجباری ۲۲
شکل(۲-۱۲): فیلتر اکتیو موازی ۲۳
شکل(۲-۱۳): فیلتر اکتیو سری ۲۴
شکل(۲-۱۴):مدار معادل سیستم قدرت در حالت کاهش ولتاژ منبع ۲۴
شکل(۲-۱۵): دیاگرام فازوری ولتاژ در حالت کاهش ولتاژ منبع ۲۴
شکل(۲-۱۶):مدار معادل سیستم قدرت در حالت کاهش ولتاژ منبع با حضور فیلتر اکتیو سری ۲۵
شکل(۲-۱۷):دیاگرام فازوری استراتژی هم فاز ۲۵
شکل(۲-۱۸):دیاگرام فازوری استراتژی مینیمم انرژی ۲۵
شکل(۲-۱۹): فیلتر اکتیو موازی و فیلتر پسیو موازی ۲۷
شکل(۲-۲۰): فیلتر اکتیو سری و فیلتر پسیو موازی ۲۷
شکل(۲-۲۱): جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۲۸
شکل (۳-۱): ساختار کلی نیروگاه بادی ۳۱
شکل(۳-۲): ژنراتورهای القایی دوسو تغذیه ۳۳
شکل(۳-۳): توربین بادی سرعت متغیر ۳۳
شکل (۳-۴): منحنی Cp بر حسب λ به ازای β های مختلف ۳۶
شکل(۳-۵): تغییرات توان توربین بادی برحسب سرعت چرخش در سرعت بادهای مختلف ۳۶
شکل(۳-۶): بلوک دیاگرام مدل ژنراتور القایی ۳۸
شکل(۳-۷): اتصال ژنراتور القایی به شبکه ۳۹
شکل(۳-۸): ارتباط بین سیستم اندازه گیری و سیستم کنترل ۳۹
شکل(۳-۹): بلوک دیاگرام کنترل ژنراتور القایی ۳۹

شکل(۳-۱۰): ولتاژ شبکه ۴۰
شکل(۳-۱۱): گشتاور مکانیکی و الکتریکی ۴۰
شکل(۳-۱۲): سرعت روتور ۴۱
شکل(۳-۱۳): توان خروجی ژنراتور القایی ۴۱
شکل(۴-۱): پیل سوختی اکسید جامد ۴۴
شکل(۴-۲): بلوک دیاگرام سلول سوختی ۴۷
شکل(۴-۳): اتصال پیل سوختی اکسید جامد به شبکه ۴۹
شکل(۴-۴): ارتباط سیستمهای اندازه گیری و سیستم های کنترل ۴۹
شکل(۴-۵): بلوک مدل سلول سوختی ۵۰
شکل(۴-۶): بلوک کنترل مبدلها ۵۰
شکل(۴-۷): تغییرات توان مرجع و توان تزریقی ۵۱
شکل(۴-۸): نرخ شار هیدروژن ۵۱
شکل(۴-۹): نرخ شارش اکسیژن ۵۱
شکل(۴-۱۰): ولتاژ پیل سوختی اکسید جامد ۵۲
شکل(۴-۱۱): جریان پیل سوختی اکسید جامد ۵۲
شکل(۴-۱۲):توان مرجع و توان خروجی پیل سوختی اکسید جامد ۵۲
شکل(۴-۱۳): اختلاف انرژی ناشی از پاسخ کند پیل سوختی اکسید جامد ۵۳
شکل(۵-۱): جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۵۵
شکل(۵-۲): بلوک دیاگرام تخمین زننده هارمونیک ۵۷
شکل(۵-۳): بلوک دیاگرام نرون خطی وقفی برای تخمین فلیکر ۵۸
شکل(۵-۴): ساختار MO-Adaline برای تخمین مولفههای متقارن ۵۹
شکل(۵-۵): ساختار نرون خطی وقفی برای تخمین فرکانس ۶۰
شکل (۵-۶): سیستم کنترل مبدل سری ۶۲
شکل(۵-۷): سیستم کنترل مبدل موازی ۶۳
شکل(۵-۸): ولتاژ ۶۴
شکل(۵-۹):دامنه مولفه های هارمونیکی ۶۴
شکل(۵-۱۰): زاویه مولفه‌های هارمونیکی ۶۴
شکل(۵-۱۱): ولتاژ ۶۵
شکل(۵-۱۲): پوش منحنی ولتاژ ۶۵
شکل(۵-۱۳): ولتاژ نامتعادل ۶۶
شکل(۵-۱۴): دامنه توالی مثبت، منفی و صفر ۶۶
شکل(۵-۱۵): زاویه توالی مثبت، منفی و صفر ۶۶

شکل(۵-۱۶): ولتاژ با فرکانس متغیر ۶۷
شکل(۵-۱۷):فرکانس ۶۷
شکل(۵-۱۸): مدار معادل سیستم قدرت به همراه جبران ساز کیفیت توان ۶۷
شکل(۵-۱۹): ولتاژسمت منبع ۶۸
شکل(۵-۲۰): THD ولتاژ سمت منبع ۶۸
شکل(۵-۲۱):دامنه توالی ولتاژ سمت منبع (توالی مثبت، منفی و صفر) ۶۸
شکل(۵-۲۲): جریان بار ۶۸
شکل(۵-۲۳): THD جریان بار ۶۹
شکل(۵-۲۴):دامنه توالی جریان بار (توالی مثبت، منفی و صفر) ۶۹
شکل(۵-۲۵):ولتاژ سمت بار ۶۹
شکل(۵-۲۶):THD ولتاژ سمت بار ۷۰
شکل(۵-۲۷):دامنه توالی ولتاژ سمت بار (توالی مثبت، منفی و صفر) ۷۰
شکل(۵-۲۸):جریان شبکه ۷۰
شکل(۵-۲۹):THD جریان شبکه ۷۰
شکل(۵-۳۰): دامنه توالی جریان شبکه (توالی مثبت، منفی و صفر) ۷۱
شکل(۵-۳۱): ولتاژ سمت منبع ۷۱
شکل(۵-۳۲):ولتاژ سمت بار ۷۱
شکل(۵-۳۳):ولتاژ سمت بار ۷۲
شکل(۵-۳۴): جریان سمت منبع ۷۲
شکل (۶-۱): اتصال ژنراتور القایی به شبکه توسط جبران ساز یکپارچه کیفیت توان ۷۴
شکل(۶-۲): سیستم کنترل مبدل سری ۷۶
شکل(۶-۳):سیستم کنترل مبدل موازی ۷۶
شکل(۶-۴): اتصال هریک از توربینهای بادی به شبکه توسط جبران سازهای کیفیت توان ۷۸
شکل(۶-۵): استفاده از یک جبران ساز کیفیت توان برای اتصال توربین های بادی به شبکه ۷۹
شکل(۶-۶):ارتباط بین ژنراتور القایی و توربین بادی ۸۰
شکل(۶-۷): مدل توربین بادی ۸۰
شکل(۶-۸): کنترل مبدل سری ۸۱
شکل(۶-۹): کنترل کننده مبدل سری ۸۱
شکل(۶-۱۰): کنترل مبدل موازی در ساختار اول ۸۲
شکل(۶-۱۱): کنترل کننده مبدل موازی ۸۳
شکل(۶-۱۲): کنترل مبدل موازی در ساختار دوم ۸۳
شکل(۶-۱۳): کنترل کننده مبدل موازی ۸۴

شکل(۶-۱۴): تغییرات پارامترهای ژنراتورهای القایی در اثر تغییرات باد ۸۵
شکل(۶-۱۵): جریان تولید توسط ژنراتور القایی ۸۶
شکل(۶-۱۶): جریان تزریقی توسط مبدل موازی در ساختار اول ۸۶
شکل(۶-۱۷): جریان تزریقی به شبکه در ساختار اول ۸۶
شکل(۶-۱۸): جریان تولیدی توسط ژنراتورهای القایی ۸۷
شکل(۶-۱۹): جریان تزریقی توسط مبدل موازی در ساختار دوم ۸۷
شکل(۶-۲۰): جریان تزریقی به شبکه در ساختار دوم ۸۷
شکل(۶-۲۱): تغییرات ولتاژ باسAC و DC به همراه توان تزریقی به شبکه در ساختار اول ۸۸
شکل(۶-۲۲): تغییرات ولتاژ باسAC و DC به همراه توان تزریقی به شبکه در ساختار دوم ۸۹
شکل(۶-۲۳): کاهش ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه در حالت اتصال مستقیم توربینهای بادی به شبکه ۹۰
شکل (۶-۲۴): تغییرات پارامترهای توربینهای بادی ژنراتور القایی در اثر اتصال کوتاه سه فاز ۹۱
شکل(۶-۲۵): کاهش ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه سه فاز ۹۲
شکل(۶-۲۶): تغییرات ولتاژ باسAC و DC به همراه توان تزریقی به شبکه در زمان اتصال کوتاه ۹۲
شکل(۶-۲۷): تغییرات ولتاژ باسAC و DC به همراه توان تزریقی به شبکه در زمان اتصال کوتاه ۹۳
شکل (۶-۲۸): تغییرات پارامترهای ژنراتور القایی در زمان اتصال کوتاه در ساختار اول ۹۴
شکل(۶-۲۹): توان درخواستی بار ۹۵
شکل(۶-۳۰): تغییرات پارامترهای توربین های بادی ژنراتور القایی در اثر افزایش شدید توان درخواستی ۹۶
شکل(۶-۳۱):توان درخواستی بار ۹۷
شکل(۶-۳۲):تغییرات ولتاژ باسAC و DC به همراه توان تزریقی به شبکه در زمان فروپاشی ولتاژ ۹۸
شکل(۶-۳۳):تغییرات ولتاژ باسAC و DC به همراه توان تزریقی به شبکه در زمان فروپاشی ولتاژ ۹۹
شکل(۶-۳۴):تغییرات پارامترهای ژنراتور القایی در زمان فروپاشی ولتاژ در ساختار اول ۱۰۰
شکل(۷-۱): روش Droop ۱۰۳
شکل (۷-۲): ساختار کلی سیستم هایبرید ۱۰۴
شکل(۷-۳): نحوه اتصال ژنراتورهای القایی به شبکه ۱۰۴
شکل(۷-۴): بلوک دیاگرام کنترلی سیستم هایبرید ۱۰۵
شکل(۷-۵): بلوک دیاگرام کنترل توان اکتیو و راکتیو بانک خازنی ۱۰۶
شکل(۷-۶): منحنی تغییرات فرکانس برحسب انرژی خازن ۱۰۶
شکل(۷-۷): سیستم کنترل فرکانس شبکه و انرژی خازن ۱۰۷
شکل(۷-۸): توان درخواستی بار ۱۰۸
شکل(۷-۹): منحنی تغییرات سرعت باد ۱۰۸
شکل(۷-۱۰): توان تولیدی توسط توربینهای بادی ۱۰۸
شکل(۷-۱۱): توان تزریقی توسط سلول سوختی ۱۰۹

شکل(۷-۱۲): توان تزریقی توسط بانک خازنی..... ۱۰۹
شکل(۷-۱۳): فرکانس شبکه..... ۱۱۰
شکل(۷-۱۴): ولتاژ شبکه..... ۱۱۰
شکل(۷-۱۵): ولتاژ بانک خازنی..... ۱۱۰

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- مقدمه

شبکه‌های الکتریکی از قسمت‌های مختلفی همچون واحدهای تولیدی، خطوط انتقال و واحدهای توزیع تشکیل شده است. بکارگیری انرژی‌های نو در این شبکه‌ها مزایای مختلفی از جمله کاهش تلفات خطوط ، آزاد سازی ظرفیت خطوط و پشتیبانی ولتاژ و فرکانس به منظور افزایش قابلیت اطمینان را برای شبکه‌ها به دنبال داشته است. از طرف دیگر با توجه به افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و افزایش هزینه‌ها در گسترش شبکه، استفاده از این نوع منابع را در سطوح ولتاژ پایین روز افزون کرده است.

با افزایش میزان ظرفیت نصب شده این منابع تولیدی و به جهت وجود فناوری‌های مختلف در ساخت و کاربرد این منابع بررسی و تحقیق آثار این قبیل منابع در هنگام اتصال و کارکرد موازی آنها با شبکه‌های الکتریکی جهت دست یافتن به مزایای فوق‌الذکر، جلوگیری از تنزل کیفیت برق، قابلیت اطمینان و قابلیت کنترل آنها در شرایط مختلف حائز اهمیت می‌باشد. در این راستا تحقیقات متعددی برروی انرژی‌های نو نظیر نیروگاه‌های بادی، فتوولتائیک‌ها و پیل‌های سوختی صورت گرفته است.

نیروگاه‌های بادی با توجه به هزینه پایین آنها نسبت به دیگر منابع از جذابیت بیشتری برخوردار هستند. ساختارهای متنوعی برای استحصال انرژی الکتریسته از باد در این نیروگاه‌ها پیشنهاد شده است. در میان ساختارهای ارائه شده، توربین‌های بادی همراه با ژنراتور القایی با داشتن ساختاری ساده و هزینه پایین‌تر نسبت به دیگر انواع توربین‌های بادی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به مزیای ذکر شده اتصال مستقیم این نیروگاه‌های بادی به شبکه به دلیل عدم کنترل پذیری توان راکتیو و اکتیو و نوسان توان تولیدی آنها به دلیل تغییرات باد، کاهش کیفیت توان را در بر داشته است. معایب ذکر شده، با افزایش نفوذ توربین‌های بادی ژنراتور القایی در شبکه قدرت می‌تواند تاثیر مخربی بر روی پارامترهای شبکه قدرت داشته باشد. لذا جبران سازی تاثیرات منفی توربین‌های بادی ژنراتور القایی برروی شبکه قدرت امری ضروری می‌باشد.

۱-۲- ضرورت و انگیزه انجام تحقیق

امروزه تولید برق از باد به عنوان یک منبع انرژی پاک، به خاطر وجود تکنولوژی لازم و اقتصادی بودن، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. غیر قابل کنترل بودن توان باد باعث شده تا در توربین‌های بادی از ژنراتورهای القایی استفاده شود. از دید پایداری ولتاژ، این ماشین‌ها مشابه موتور القایی، مصرف کننده توان راکتیو می‌باشند و تاثیر منفی روی پایداری ولتاژ کوتاه مدت سیستم دارند. همچنین این نوع توربین‌های بادی در برابر اتصال کوتاه بسیار آسیب پذیر می‌باشند. طی یک خطای اتصال کوتاه، ژنراتور القایی به خاطر افت ولتاژ مغناطیس زدایی می‌شود و سرعت روتور نیز به دلیل کاهش توان تحویلی به شبکه افزایش می‌یابد. بعد رفع خطا ماشین مقدار زیادی توان راکتیو برای مغناطیس کردن دوباره خود مصرف می‌کند. این مقدار زیاد توان راکتیو مورد نیاز ممکن است باعث فروپاشی ولتاژ شود. افزایش توان توربین در دورهٔ خطا به خاطر افزایش سرعت محور توربین، نیز اوضاع را بدتر می‌کند[۱].

در گذشته، جدا شدن توربین‌های بادی از شبکه طی یک اغتشاش بزرگ مثل خطای شبکه و اتصال دوباره آنها پس از عادی شدن شرایط، معمول بوده است. اما امروزه و در آینده باید مزارع بادی عملکرد پیوسته شان را طی اغتشاشات شبکه حفظ کنند و ولتاژ و فرکانس شبکه را پشتیبانی کنند.

یک مشکل دیگر در ارتباط با توربین‌های بادی ژنراتور القایی نیز وجود دارد. نوسان سرعت باد و متعاقب آن نوسان در ولتاژ باس‌ها توربین‌های بادی، باعث مشکلات کیفیت توان نیز می‌شود. خازن سوئیچ شونده مکانیکی و تپ چنجر، با وجود اینکه ضریب قدرت و تنظیم ولتاژ دائمی را بهبود می‌دهند ولی مشکلات کیفیت توان مثل نوسان توان، نوسانات ولتاژ و هارمونیک را به خاطر کند بودنشان نمی‌توانند حل کنند[۲]. باتوجه به مطالب بیان شده، کنترل توربین‌های بادی ژنراتور القایی در راستای افزایش کیفیت توان و حفاظت از آنها در زمان‌های اتصال کوتاه امری ضروری می‌باشد و این امر انگیزه‌ای برای انجام این پایان نامه بوده است.

۱-۳- اهداف تحقیق

ارائه روشی جدید در کنترل مستقل ولتاژ و فرکانس توربین بادی ژنراتور القایی توسط جبران ساز یکپارچه کیفیت توان یکی از اهداف این تحقیق است. از دیگر اهداف این تحقیق، افزایش پایداری ولتاژ در شبکه قدرت با حضور توربین‌های بادی، توسط جبران ساز یکپارچه کیفیت توان می‌باشد. در این راستا دو ساختار مختلف جهت اتصال توربین‌های بادی به شبکه ارائه خواهد شد و مقایسه‌ای بین این دوساختار با حالت اتصال مستقیم توربین‌های بادی به شبکه صورت می‌گیرد. هدف دیگر این تحقیق ارائه روش جدید در کنترل توان توربین-های بادی در حالت مستقل از شبکه به منظور تثبیت ولتاژ و فرکانس در شبکه فوق با استفاده از جبران ساز یکپارچه کیفیت توان است.

۱-۴- پیشینه تحقیق

در اواخر دهه ۱۹۷۰، همزمان با اولین شوک قیمتی نفت، تمایل شدیدی به انرژی باد ایجاد شد. در ابتدا استفاده از انرژی باد از لحاظ اقتصادی به صرفه نبود. اما به مرور زمان و با رشد تکنولوژی صنعتی و نیز در نظر گرفتن مزایای جانبی کاربرد این نوع انرژی نظیر کاهش آلودگی محیط زیست و خسارات ناشی از آن، استفاده از انرژی باد را از نظر اقتصادی توجیه پذیر کرد. اولین توربین‌های بادی برای تولید الکتریسته در اوایل قرن بیستم تولید شدند[۳]. با توجه به غیر قابل کنترل بودن توان باد اکثراً در توربین‌های بادی از ژنراتور القایی استفاده می‌شود. با افزایش نفوذ توربین‌های بادی ژنراتور القایی در شبکه قدرت تاثیر این نوع سیستم‌های تولید کننده توان به دلیل عدم کنترل توان راکتیو و همچنین نوسانی بودن توان خروجی آنها در پایدار شبکه اهمیت زیادی پیدا کرده است. در مرجع[۴] مقدار اثرات مزرعه باد بر روی پایداری ولتاژ شبکه تعیین شده است و سطح نفوذ قابل قبول توان باد محاسبه شده است. در این مرجع به منظور کاهش نوسانات توان از سیستم ذخیره انرژی برای بهبود پایداری استفاده شده است. همچنین در مراجع [۵] تاثیر اتصال یک مزرعه باد بزرگ بیش از ۱۰۰ مگاواتی به سیستم انتقال بررسی شده است. چون بعد از قطع یکی از خطوط وصل کننده نیروگاه بادی به