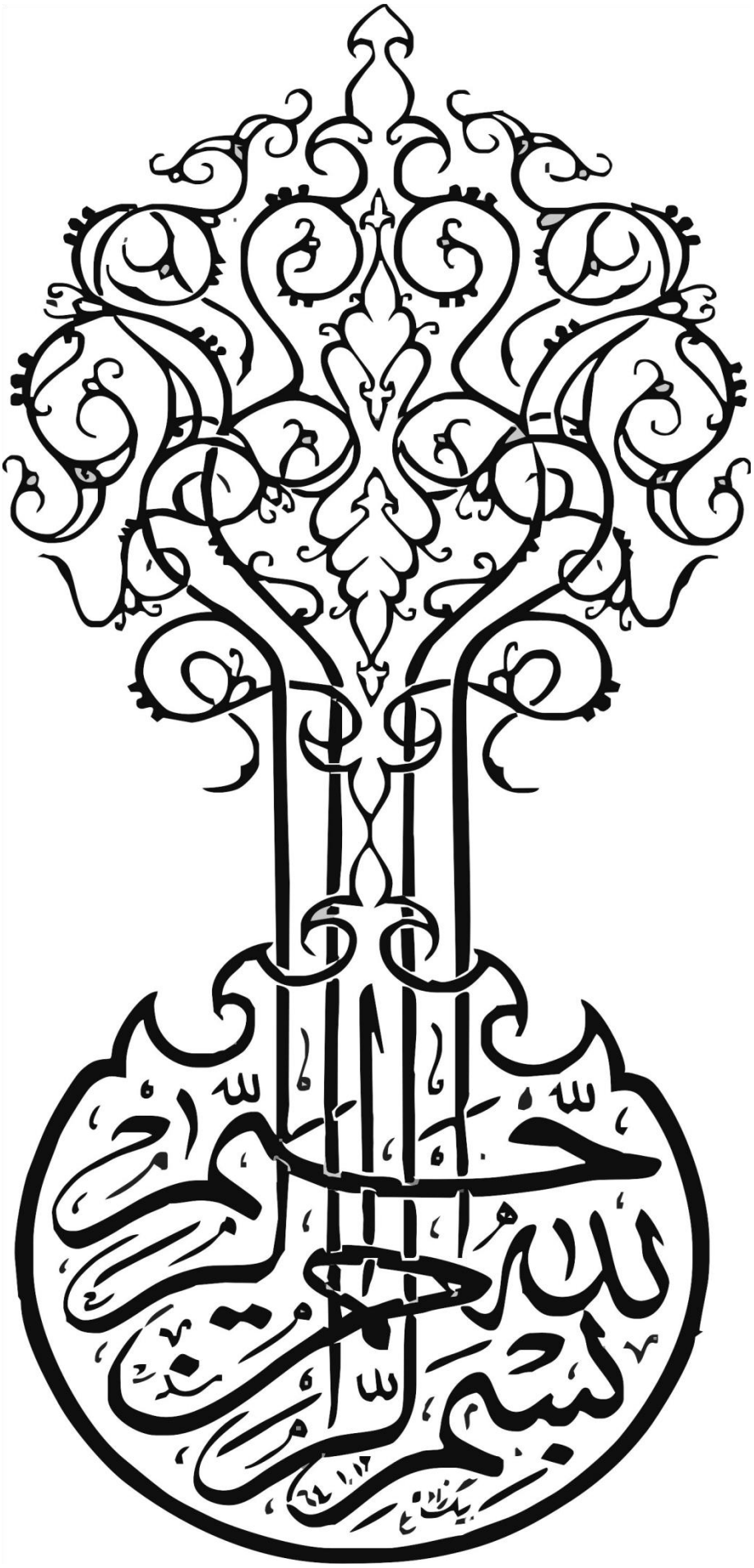
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

۹۳٤۰۲۰۲۳٤

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش قدرت

عنوان :

ردیابی نقطه توان ماکزیمم (MPPT) سیستم قدرت بادی و ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG)

استاد راهنما:

دکتر محسن صنیعی

استاد مشاور:

دکتر رضا کیانی نژاد

نگارنده :

مجتبی دشت بزرگ

شهریور ماه ۱۳۹۳

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد)

پایان نامه آقای مجتبی دشت بزرگ **دانشجوی رشته:** مهندسی برق **گرایش:** قدرت

دانشکده مهندسی **به شماره دانشجویی** ۹۰۴۰۲۱۰

با عنوان :

ردیابی نقطه توان ماکزیمم (MPPT) سیستم قدرت بادی و ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG)

جهت اخذ مدرک : کارشناسی ارشد **در تاریخ** : ۹۳/۰۶/۲۹ **توسط هیأت داوران مورد مقداریابی قرار گرفت و با درجه بسیار خوب تصویب گردید.**

	رتبه علمی	**امضاء**
۱. **اعضا ی هیأت داوران :**		
استاد راهنما: دکتر محسن صنیعی	استادیار	.....
استاد مشاور : دکتر رضا کیانی نژاد	دانشیار	.....
استاد داور : دکتر مرتضی رزاز	دانشیار	.....
استاد داور : دکتر سید سعیداله مرتضوی	دانشیار	.....
نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر کورش حیدری شیرازی	دانشیار	.....
۲. **مدیرگروه** : دکتر محمد سروش	استادیار	.....
۳. **معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده** : دکتر علی حقیقی	استادیار	.....
۴. **مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه** : دکتر عبدالرحمان راسخ	استاد	.....

تقدیم به:

به روح مادرم...

به پدرم...

به همسرم...

و تمام کسانی که دوستشان دارم...

و با تشکر از استادان گرانقدر گروه برق دانشکده مهندسی دانشگاه شهید چمران اهواز به ویژه دکتر صنیعی و دکتر کیانی‌نژاد که صادقانه تجربیات ارزشمندشان را در اختیار من قرار دادند و در کلاس خود به بنده درس معرفت و کمال آموختند

چکیده

نام خانوادگی: دشت بزرگ	نام: مجتبی	شماره دانشجویی :۹۰۴۰۲۱۰

عنوان پایان نامه : ردیابی نقطه توان ماکزیمم (MPPT) سیستم قدرت بادی و ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG)

استاد راهنما: دکتر محسن صنیعی

استاد مشاور:دکتر رضا کیانی نژاد

درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی برق	گرایش: قدرت
دانشگاه : شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی	گروه : برق

تاریخ فارغ التحصیلی : ۹۳/۰۶/۲۹ **تعداد صفحه: ۸۳**

کلید واژه ها : بازخورد سیگنال قدرت، ردیابی نقطه توان ماکزیمم، ژنراتور القایی دو سو تغذیه، سیستم قدرت بادی

برای دستیابی به راندمان بالا در سیستم‌های قدرت بادی، ردیابی نقطه توان ماکزیمم (MPPT) در عملکرد سرعت متغیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های MPPT زیادی توسعه داده شده و پیاده‌سازی شده‌اند. با توجه به بررسی مقالات، روش‌های MPPT را می‌توان به چهار نوع دسته‌بندی کرد. این روش‌ها عبارتند از: جستجوی نقطه قله (HCS)، بازخورد سیگنال قدرت (PSF)، کنترل فازی (FLC) و شبکه عصبی (NN). اختلاف بین این روش‌ها در تعداد حسگرهای موردنیاز، نوع و روش تولید سیگنال‌های مرجع، سرعت همگرایی، پیچیدگی، حافظه مورد نیاز و عملکرد تحت سرعت بادهای مختلف است. همچنین، تعدادی از مقالات ترکیبی از این روش‌ها را در ردیابی نقطه توان ماکزیمم به کار گرفته‌اند. این پایان نامه یک الگوریتم MPPT بر اساس روش PSF در سیستم ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG) ارائه می‌کند. به دلیل سادگی، سرعت همگرایی بالا و عملکرد خوب تحت سرعت بادهای متغیر از روش PSF استفاده شده است. روش مورد مطالعه بدون نیاز به حسگر سرعت باد می‌باشد. مقایسه‌ای بین سیستم پیشنهادی و سیستم ژنراتور القایی قفس سنجابی (SCIG) با و بدون STATCOM صورت گرفته است. به منظور بررسی عملکرد سیستم، شبیه سازی با نرم‌افزار MATLAB/Simulink انجام شده است. سیستم DFIG با وجود عدم نیاز به منبع توان راکتیو، عملکرد بهتری نسبت به SCIG با و بدون STATCOM از خود نشان می‌دهد و توان خروجی بهینه را به دست می‌دهد.

فهرست مطالب

۱ مقدمه..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۲ اهداف پایان‌نامه..... ۳

۱-۳ ساختار پایان‌نامه..... ٤

۲ مرور پژوهش‌های پیشین..... ۵

۲-۱ جستجوی نقطه قله (HCS)..... ۵

۲-۲ بازخورد سیگنال قدرت (PSF)..... ۷

۲-۳ MPPT با استفاده از کنترل فازی (FLC)..... ۱۰

۲-٤ MPPT با استفاده از شبکه عصبی (NN)..... ۱۲

۲-۵ مقایسه روش‌ها..... ۱٦

۳ ردیابی نقطه توان ماکزیمم در سیستمهای قدرت بادی..... ۱۸

۳-۱ اصول توربین بادی..... ۱۸

۳-۲ سیستم‌های قدرت بادی نوعی..... ۲۱

۳-۲-۱ سیستم ژنراتور القایی قفس سنجابی..... ۲۱

۳-۲-۲ سیستم ژنراتور القایی دو سو تغذیه..... ۲٤

۳-۲-۳ سیستم ژنراتور سنکرون مغناطیس دائم ۲۷

۳-۳ روشهای کنترلی MPPT ۳۰

۳-۳-۱ جستجوی نقطه قله (HCS) ۳۱

۳-۳-۲ بازخورد سیگنال قدرت (PSF) ۳٤

۳-۳-۳ MPPT با استفاده از کنترل فازی (FLC) ۳۷

۳-۳-٤ MPPT با استفاده از شبکه عصبی (NN) ٤۰

٤ ردیابی نقطه توان ماکزیمم سیستم قدرت بادی در ژنراتور القایی دو سو تغذیه با استفاده از الگوریتم PSF ٤۳

٤-۱ مقدمه ٤۳

٤-۲ سیستم قدرت بادی SCIG ٤۳

٤-۳ سیستم قدرت بادی DFIG ٤٤

۵ شبیه سازی و نتایج ۵۱

۵-۱ سیستم قدرت بادی SCIG ۵۱

۵-۱-۱ تغییر سرعت باد ۵۲

۵-۱-۲ افت ولتاژ شبکه ۵۷

۵-۲ سیستم قدرت بادی DFIG ۵۸

۵-۲-۱ سرعت بادهای مختلف ٦۰

۵-۲-۲ تغییر خطی در سرعت باد ۷۰

۵-۲-۳ سرعت باد نوسانی ۷۵

۵-۲-٤ افت ولتاژ شبکه ۷۹

٦ نتیجه‌گیری ۸۲

٦-١ نتیجه گیری ۸۲

٦-٢ پیشنهادات ۸۳

۷ فهرست مراجع ۸٤

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل ۳-۱: ضریب توان در مقابل نسبت سرعت نوک در مقادیر β مختلف ۱۹

شکل ۳-۲: مشخصه توان توربین بادی ۲۰

شکل ۳-۳: سیستم قدرت بادی SCIG ۲۲

شکل ۳-٤: کنترل زاویه گام ۲۳

شکل ۳-۵: ساختار سیستم DFIG ۲۵

شکل ۳-٦: روش FOC ولتاژ استاتور ۲۵

شکل ۳-۷: روش FOC شار استاتور ۲٦

شکل ۳-۸: طرح کنترلی سیستم DFIG ۲٦

شکل ۳-۹: سیستم قدرت بادی PMSG با مبدل boost ۲۸

شکل ۳-۱۰: طرح کنترلی کلی سیستم PMSG با مبدل boost ۲۸

شکل ۳-۱۱: سیستم PMSG با مبدل پشت به پشت ۲۹

شکل ۳-۱۲: طرح کنترلی مبدل پشت به پشت در سیستم PMSG – کنترل مبدل سمت ژنراتور ۲۹

شکل ۳-۱۳: طرح کنترلی مبدل پشت به پشت در سیستم PMSG – کنترل مبدل سمت شبکه ۳۰

شکل ۳-۱٤: فلوچارت کنترلی روش HCS ۳۲

شکل ۳-۱۵: اصول و بلوک دیاگرام روش HCS ۳۳

شکل ۳-۱٦: فرآیند MPPT در سیستم پیشنهادی Koutroulis و Kalaitzakis ۳٤

شکل ۳-۱۷: دیاگرام سیستم پیشنهادی Raju و همکاران ۳٤

شکل ۳-۱۸: روش کنترلی PSF ۳۵

شکل ۳-۱۹: استراتژی MPPT ((الف) کنترل سرعت روتور (ب) کنترل توان) در سیستم پیشنهادی Sun و همکاران ۳۷
شکل ۳-۲۰: بلوک دیاگرام Fuzzy MPPT ۳۸
شکل ۳-۲۱: عملکرد کنترلرهای فازی در سیستم پیشنهادی Simoes و همکاران ۳۹
شکل ۳-۲۲: بلوک دیاگرام MPPT مبتنی بر شبکه عصبی ٤۱
شکل ٤-۱: سیستم قدرت بادی SCIG شبیه سازی شده ٤٤
شکل ٤-۲: کنترل زاویه گام در سیستم SCIG ٤٤
شکل ٤-۳: سیستم قدرت بادی DFIG شبیه سازی شده ٤٥
شکل ٤-٤: سیستم کنترل سمت روتور در سیستم DFIG ٤٥
شکل ٤-٥: سیستم کنترل سمت شبکه در سیستم DFIG ٤٦
شکل ٤-٦: روش MPPT استفاده شده در سیستم DFIG ٤٦
شکل ٤-۷: کنترل زاویه گام در سیستم DFIG ٤٦
شکل ٤-۸: منحنی ضریب عملکرد برحسب نسبت سرعت نوک ٤۷
شکل ٤-۹: منحنی مشخصه توان ٤۸
شکل ٤-۱۰: منحنی توان بر حسب سرعت باد ٤۸
شکل ٤-۱۱: تابع درجه ۱ توان بر حسب سرعت توربین ٤۹
شکل ٤-۱۲: تابع درجه ۲ توان بر حسب سرعت توربین ٤۹
شکل ٤-۱۳: تابع درجه ۳ توان بر حسب سرعت توربین ٥۰
شکل ٥-۱: تغییر در سرعت باد در سیستم SCIG ٥۲
شکل ٥-۲: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به تغییر در سرعت باد در سیستم SCIG ٥۳
شکل ٥-۳: پاسخ توان راکتیو مصرفی توربین به تغییر در سرعت باد در سیستم SCIG ٥۳
شکل ٥-٤: پاسخ سرعت توربین به تغییر در سرعت باد در سیستم SCIG ٥٤
شکل ٥-٥: پاسخ زاویه گام به تغییر در سرعت باد در سیستم SCIG ٥٤
شکل ٥-٦: ولتاژ خط توزیع برای سیستم SCIG بدون STATCOM و با STATCOM ٥٦

شکل ۵-۷: توان راکتیو جبرانسازی شده توسط STATCOM ۵۶
شکل ۵-۸: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به افت ولتاژ شبکه در سیستم SCIG ۵۷
شکل ۵-۹: پاسخ توان راکتیو مصرفی توربین به افت ولتاژ شبکه در سیستم SCIG ۵۷
شکل ۵-۱۰: پاسخ سرعت توربین به افت ولتاژ شبکه در سیستم SCIG ۵۸
شکل ۵-۱۱: ولتاژ خط توزیع در سیستمهای SCIG و DFIG ۶۰
شکل ۵-۱۲: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $8\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۱
شکل ۵-۱۳: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $8\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۱
شکل ۵-۱۴: پاسخ سرعت توربین به سرعت باد $8\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۲
شکل ۵-۱۵: پاسخ ولتاژ لینک DC به سرعت باد $8\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۲
شکل ۵-۱۶: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $9\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۳
شکل ۵-۱۷: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $9\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۳
شکل ۵-۱۸: پاسخ سرعت توربین به سرعت باد $9\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۴
شکل ۵-۱۹: پاسخ ولتاژ لینک DC به سرعت باد $9\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۴
شکل ۵-۲۰: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $11\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۵
شکل ۵-۲۱: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $11\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۵
شکل ۵-۲۲: پاسخ سرعت توربین به سرعت باد $11\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۶
شکل ۵-۲۳: پاسخ ولتاژ لینک DC به سرعت باد $11\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۶
شکل ۵-۲۴: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $12\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۷
شکل ۵-۲۵: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به سرعت باد $12\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۷
شکل ۵-۲۶: پاسخ سرعت توربین به سرعت باد $12\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۸
شکل ۵-۲۷: پاسخ ولتاژ لینک DC به سرعت باد $12\ m/s$ در سیستم DFIG ۶۸
شکل ۵-۲۸: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به سرعت بادهای مختلف در سیستم DFIG ۶۹
شکل ۵-۲۹: پاسخ سرعت توربین به سرعت بادهای مختلف در سیستم DFIG ۶۹
شکل ۵-۳۰: تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۰

شکل ۵-۳۱: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین و بهینه به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۱
شکل ۵-۳۲: پاسخ خطای توان اکتیو به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۱
شکل ۵-۳۳: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۲
شکل ۵-۳٤: پاسخ ولتاژ لینک DC به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۲
شکل ۵-۳۵: پاسخ سرعت توربین اندازهگیری شده و بهینه به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۳
شکل ۵-۳٦: پاسخ خطای سرعت توربین به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷۳
شکل ۵-۳۷: پاسخ زاویه گام به تغییر در سرعت باد در سیستم DFIG ۷٤
شکل ۵-۳۸: سرعت باد نوسانی در سیستم DFIG ۷۵
شکل ۵-۳۹: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین و بهینه به سرعت باد نوسانی در سیستم DFIG ۷٦
شکل ۵-٤۰: پاسخ خطای توان اکتیو به تغییر خطی در سرعت باد در سیستم DFIG ۷٦
شکل ۵-٤۱: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به سرعت باد نوسانی در سیستم DFIG ۷۷
شکل ۵-٤۲: پاسخ ولتاژ لینک DC به سرعت باد نوسانی در سیستم DFIG ۷۷
شکل ۵-٤۳: پاسخ سرعت توربین اندازهگیری شده و بهینه به سرعت باد نوسانی در سیستم DFIG ۷۸
شکل ۵-٤٤: پاسخ خطای سرعت توربین به سرعت باد نوسانی در سیستم DFIG ۷۸
شکل ۵-٤۵: پاسخ توان اکتیو تولیدی توربین به افت ولتاژ شبکه در سیستم DFIG ۷۹
شکل ۵-٤٦: پاسخ توان راکتیو تولیدی توربین به افت ولتاژ شبکه در سیستم DFIG ۸۰
شکل ۵-٤۷: پاسخ ولتاژ لینک DC به افت ولتاژ شبکه در سیستم DFIG ۸۰
شکل ۵-٤۸: پاسخ سرعت توربین به افت ولتاژ شبکه در سیستم DFIG ۸۱

فهرست جداول

جدول ۲-۱: مقایسه روشهای مختلف MPPT ۱۷

جدول ۵-۱: پارامترهای سیستم قدرت بادی SCIG ۵۱

جدول ۵-۲: پارامترهای سیستم قدرت بادی DFIG ۵۹

جدول ۵-۳: پارامترهای سیستم کنترل DFIG ۶۰

فهرست علامت‌ها

R	شعاع توربین
v_w	سرعت باد
ρ	چگالی هوا
C_p	ضریب توان
λ	نسبت سرعت نوک
β	زاویه گام
ω	سرعت روتور
PF	ضریب قدرت
V_{grid}	ولتاژ شبکه
f	فرکانس شبکه
V_{dis}	ولتاژ خط توزیع
V_{wt}	ولتاژ توربین بادی
p	تعداد جفت قطب‌های ژنراتور
R_s	مقاومت استاتور
L_s	اندوکتانس نشتی استاتور
R_r	مقاومت روتور ارجاع داده شده
L_r	اندوکتانس نشتی روتور ارجاع داده شده

R_c	مقاومت کوپلینگ استاتور به شبکه
L_c	اندوکتانس کوپلینگ استاتور به شبکه
L_m	اندوکتانس متقابل
V_{dc}	ولتاژ لینک DC نامی
H	ضریب اینرسی سیستم
F	اصطکاک میرایی ژنراتور

فهرست اختصارها

Maximum Power Point Tracking	MPPT
Maximum Power Point	MPP
Squirrel Cage Induction Generator	SCIG
Doubly-Fed Induction Generator	DFIG
Synchronous Generator	SG
Permenant Magnet Synchronous Generator	PMSG
Electrically Excited Synchronous Generator	EESG
Permanent Magnetic Generator	PMG
Tip Speed Ratio	TSR
Power Signal Feedback	PSF
Hill Climb Search	HCS
Fuzzy Logic Control	FLC
Neural Network	NN
Pulse Width Modulation	PWM
Takagi-Sugeno-Kang	TSK
Radial Basis Function	RBF
support-vector regression	SVR
grey relation analysis	GRA
Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System	ANFIS
Growing Neural Gas	GNG
Model Adaptive Refrence System	MRAS

Back-Propogation Artificial Neural Network	BPANN
Field Oriented Control	FOC
Static Compensator	STATCOM

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در سال‌های اخیر، سیستم‌های تولید انرژی تجدیدپذیر مانند سیستم‌های بادی، فتوولتائیک و پیل سوختی در شاخه‌های علمی و صنعتی بسیار مورد توجه قرار گرفته شده‌اند. در بین آنها، سیستم‌های بادی نسبت به فتوولتائیک در توان نامی یکسان ارزان تر می‌باشند [۱]. مسئله کلیدی در سیستم‌های بادی، چگونگی عملکرد توربین‌های بادی در محدوده وسیعی از سرعت‌های باد است. در کل، یک توربین بادی برای تولید توان نامی‌اش در یک سرعت باد خاص (سرعت باد نامی) طراحی می‌شود. بر این اساس، دو ناحیه عملکرد اصلی وجود دارد: زیر سرعت باد نامی و بالای سرعت باد نامی. در ناحیه زیر سرعت باد نامی، یک کنترلر توربین بادی در سرعت آستانه شروع به کار[1] شروع به تولید برق می‌کند تا ماکزیمم انرژی ممکن را استخراج کند؛ این عمل توسط الگوریتم‌های ردیابی نقطه توان ماکزیمم[2] (MPPT) صورت می‌گیرد. در ناحیه بالای سرعت باد نامی، ضروری است که توان مکانیکی تولیدی توسط روتور برای جلوگیری از آسیب

[1] Cut-in
[2] Maximum Power Point Tracking

به توربین، به مقدار نامی محدود شود؛ این عمل توسط کنترل گام[1] صورت می‌گیرد [۲].

کنترل MPPT از طریق ردیابی مکان ضریب توان ماکزیمم ($C_{p\max}$) در منحنی مشخصه توربین بادی انجام می‌شود. اصولاً روش‌های MPPT به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱) روش کنترل نسبت سرعت نوک[2] (TSR)، ۲) روش کنترلی بازخورد سیگنال قدرت[3] (PSF) و ۳)روش کنترلی جستجوی نقطه قله[4] (HCS).

روش TSR برای حفظ نسبت سرعت نوک بهینه، سرعت روتور را تنظیم می‌کند. مزیت این روش، پیاده‌سازی آسان آن است. با این وجود، به اطلاعات سرعت باد نیاز است. عملکرد این روش به دقت بادسنج وابسته است [۳]. برای این روش، می‌توان از تخمین سرعت باد استفاده کرد [٤].

روش PSF براساس منحنی توان ماکزیمم توربین بادی است و نیاز به سرعت روتور برای رسیدن به توان مرجع مربوطه دارد [۵] و [٦]. مشخصه توان خروجی ماکزیمم به دست آمده از نتایج شبیه‌سازی و یا آزمایشگاهی به صورت جدول مراجعه[5] در حافظه ذخیره می‌شود. زمانی که جدول مراجعه برنامه‌ریزی می‌شود، پیاده‌سازی کنترل MPPT بدون نیاز به اندازه‌گیری سرعت باد ممکن می‌شود. به علاوه، این روش به این دلیل که اطلاعات جدول مراجعه از نتایج آزمایش واقعی به دست می‌آید، نسبتاً پایدار است. همچنین، در این روش می‌توان گشتاور ژنراتور را در مقدار بهینه‌اش، که در ضریب توان ماکزیمم ($C_{p\max}$) رخ می‌دهد، کنترل کرد [۷]. در این حالت گشتاور و توان مرجع به ترتیب با توان دوم و سوم سرعت روتور متناسب است.

---

[1] Pitch Control
[2] Tip Speed Ratio
[3] Power Signal Feedback
[4] Hill Climb Search
[5] Lookup Table

روش HCS به تغییر توان توربین و سرعت روتور نیاز دارد. مزیت این روش این است که به اطلاعات منحنی مشخصه توربین و پارامترهای ژنراتور نیاز ندارد [۸]. این امر، الگوریتم کنترلی را در برابر تغییرات پارامترها مقاوم می‌کند. با این وجود، روش HCS برای سیستم‌های بادی با اینرسی زیاد مناسب نیست. از این رو، یک مصالحه بین زمان همگرایی و دقت کنترل MPPT مورد نیاز است.

با توجه به این که این سه روش مزایا و معایب خاص خود را دارند، در طی سال‌ها در مقالات مختلف با استفاده از تکنیک‌های مختلف، تغییراتی در این روش‌ها انجام شده است که این مسائل رو پوشش داده‌اند. با توجه به بررسی مقالات، روش‌های MPPT را می‌توان به چهار نوع دسته‌بندی کرد. اختلاف بین این روش‌ها در تعداد حسگرهای موردنیاز، نوع و روش تولید سیگنال‌های مرجع، سرعت همگرایی، پیچیدگی، حافظه مورد نیاز و عملکرد تحت سرعت بادهای مختلف است. همچنین، تعدادی از مقالات ترکیبی از این روش‌ها را در ردیابی نقطه توان ماکزیمم به کار گرفته‌اند. این روش‌ها عبارتند از: جستجوی نقطه قله (HCS)، بازخورد سیگنال قدرت (PSF)، کنترل فازی[1] (FLC) و شبکه عصبی[2] (NN).

۱-۲ اهداف پایان‌نامه

براساس بررسی مقالات، یکی از دغدغه‌های اصلی در سیستم‌های قدرت بادی ردیابی نقطه توان ماکزیمم (MPPT) برای استخراج حداکثر توان از توربین بادی است. در این پایان‌نامه، روش‌های MPPT دسته‌بندی و به نقاط ضعف و قوت این روش‌ها اشاره شده است. به دلیل

[1] Fuzzy Logic Control
[2] Neural Network