بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق

گرایش قدرت

کنترل فرکانس در ریزشبکه ها در شرایط جزیره ای

مولف:

روح الله شیخ ذکریا آباده

استاد راهنما :

دکترسعید اسماعیلی

استاد مشاور:

دکتر محسن محمدیان

بهمن ماه ۱۳۹۱

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش برق

دانشکده مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : روح الله شیخ ذکریا آباده

استاد راهنما: دکتر سعید اسماعیلی

استاد مشاور : دکتر محسن محمدیان

داور ۱ : دکتر مسعود رشیدی نژاد

داور۲ : دکتر ملیحه مغفوری

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع : دکتر امیر عبداللهی

معاونت پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به:

همسر مهربانم

که مسیح وار با صبرش در تمامی لحظات رفیق راه بود و

فرزند دلبندم،

امید بخش جانم که آسایش او آرامش من است .

تشکر و قدردانی

استاد راهنما و گرانقدرجناب آقای **دکتر سعید اسماعیلی** ، با عنایت به لطف ایزد منان و با مساعدت و همفکری و راهنمایی های دلسوزانه و بی دریغ شما توانستیم با تکیه بر علم و تجربه شما پا به عرصه تحقیق و پژوهش بگذاریم. هر قدمی که در این راه برداریم مدیون شما بزرگوارانیم.

از آقای **دکتر محسن محمدیان** نیز که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

در پایان از آقای **دکتر مسعود رشیدی نژاد** و **خانم دکتر ملیحه مغفوری** که زحمت داوری این پایان نامه را پذیرفتند، نهایت تشکر و قدر دانی را دارم.

چکیده

کنترل فرکانس در ریزشبکه ها یکی از موضوعات اساسی در طراحی و بهره برداری واحدهای تولید پراکنده بوده وبا توجه به گسترش وپیچیدگی ریزشبکه ضرورت آن بیش از پیش احساس می گردد. بحث کنترل فرکانس در ریزشبکه ها با وجود منابع تولید پراکنده به همراه تجهیزات ذخیره کنندۀ انرژی اهمیت پیدا می کند. به همین ترتیب منابع تولید پراکنده شامل توربین بادی، فتوولتائیک، میکروتوربین وسلول سوختی و تجهیزات ذخیره کنندۀ ابرخازن و الکترولایزر می باشند. با توجه به تغییرات در توان تولیدی تولیدات پراکنده (توربین بادی و سیستم فتوولتائیک) و همچنین به دلیل تغییرات در توان مصرفی بار، فرکانس ریزشبکه تغییرکرده که طراحی کنترل کننده ها جهت بهبود فرکانس ضرورت پیدا می کند. در طراحی کنترل کننده ها پاسخ دینامیکی هر کدام از تولید کننده ها مدل سازی و شبیه سازی شده و در مدل ریزشبکه به کار رفته است. با توجه به مدلسازی و شبیه سازی ریزشبکه برای حذف نوسانات فرکانس لازم است که بین تولید و مصرف بالانس ایجاد شود که برای انجام این کار از استراتژی کنترلی دروپ استفاد شده است تا بر اساس مقدار نامی تولید کننده ها و قابلیت هر کدام از آن ها، بین تولید و مصرف تعادل ایجاد شود. برای بهبود عملکرد کنترل کنندۀ دروپ، از کنترل کنندۀ کلاسیک و کنترل کنندۀ فازی استفاده شده است که هر کدام دارای ویژگی های مخصوص به خود بوده و باعث بهبود کنترل در سیستم و کاهش نوسانات فرکانس در شبکه شده است. با توجه به وجود عدم قطعیت در ساختار ریزشبکه و عدم تنظیم دقیق پارامترهای کنترل کننده ها، با استفاده از بهینه سازی برای رسیدن به هدف حداقل کردن نوسانات فرکانس استفاده شده است. نتایج شبیه سازی نشان دهندۀ بهبود کارایی کنترل کننده ها در شرایط تغییرات تولید و مصرف در ریزشبکه با استفاده از بهینه سازی می باشد.

واژه‌های کلیدی: تولیدات پراکنده، ریزشبکه، عملکرد جزیره ای، دروپ کنترل، کنترل کنندۀ فازی، بهینه سازی

فهرست مطالب

فهرست علائم ..... ل
فهرست اشکال ..... س
فهرست جداول ..... ص
فهرست علائم اختصاری..... ق

فصل اول

۱-۱-مقدمه..... ۱
۱-۲- مفهوم ریزشبکه..... ۳
۱-۳- مطالعات صورت گرفته در زمینه ریزشبکه..... ۴
۱-۴- اتصال سیستم های ترکیبی تولید توان به بار..... ۵
۱-۵- پیشرفت های صورت گرفته در زمینه سیستم های ترکیبی..... ۵
۱-۶- استراتژی های کنترلی برای ریزشبکه در حالت جزیره ای..... ۷
۱-۷- ساختار و اهداف موضوع پیشنهاد شده برای پایان نامه..... ۸
۱-۸- ساختار پایان نامه..... ۱۰

فصل دوم: انواع تولیدات پراکنده و مدلسازی آن ۱۱

۲-۱- مقدمه..... ۱۲
۲-۲- مفهوم تولیدات پراکنده..... ۱۲
۲-۳- موانع توسعه منابع تولید پراکنده در دنیا..... ۱۵
۲-۴- فناوری های تولید پراکنده..... ۱۵
۲-۴-۱- پیل سوختی..... ۱۶
۲-۴-۱-۱- نحوه عملکرد پیل سوختی..... ۱۶
۲-۴-۱-۲- کاربردهای پیل سوختی نیروگاهی..... ۱۷
۲-۴-۱-۳- انواع سلول سوختی..... ۱۸
۲-۴-۱-۴- مدل ساز پیل سوختی..... ۱۹
۲-۵- سیستم های فتوولتائیک..... ۲۰
۲-۵-۱- مدلسازی سیستم فتوولتائیک..... ۲۰
۲-۶- توربین بادی..... ۲۲
۲-۶-۱- مدلسازی توربین بادی..... ۲۲

۲-۶-۲- مدل توربین بادی..... ۲۴
۲-۷- مدل سازی و شبیه سازی ابرخازن..... ۲۴
۲-۸- مدل میکروتوربین..... ۲۵
۲-۸-۱- میکروتوربین های دارای رکوپراتور..... ۲۶
۲-۹- الکترولایزر..... ۲۷
۲-۱۰- نتیجه گیری..... ۲۸

فصل سوم: مدلسازی ریزشبکه برای مطالعات فرکانس ۲۹
۳-۱- مقدمه..... ۳۰
۳-۲- ساختار ریزشبکه..... ۳۰
۳-۳- مدلسازی منابع تولید توان..... ۳۱
۳-۳-۱- مدل تولید توان توربین بادی..... ۳۱
۳-۳-۲- مدل تولید توان سیستم فتوولتائیک..... ۳۱
۳-۳-۳- مدل تولید توان پیل سوختی..... ۳۲
۳-۳-۴- مدل تولید توان میکروتوربین..... ۳۲
۳-۳-۴-۱- سیستم کنترل بار- فرکانس (LFC)..... ۳۲
۳-۳-۴-۱-۱- سیستم تنظیم کننده سرعت (گاورنر)..... ۳۲
۳-۳-۴-۱-۲- مدل الکتریکی سیستم قدرت میکروتوربین..... ۳۳
۳-۳-۵- مدل تولید توان ابرخازن..... ۳۳
۳-۴- بررسی پاسخ تولید کننده های مجهز به گاورنر به تغییرات بار..... ۳۴
۳-۵- بررسی پاسخ فرکانس سیستم قدرت..... ۳۴
۳-۶- فرمول بندی ریزشبکه جهت مطالعات فرکانس..... ۳۵
۳-۷- نتیجه گیری..... ۳۹

فصل چهارم: طراحی و شبیه سازی کنترل کنند ه ها ۴۰
۴-۱- مقدمه..... ۴۱
۴-۲- طراحی نمای کلی ریزشبکه مورد استفاده جهت بررسی پاسخ فرکانس..... ۴۱
۴-۳- طراحی کنترل کننده ها به روش دروپ..... ۴۲
۴-۳-۱- کنترل کنندهٔ دروپ..... ۴۲

۴-۳-۲- کنترل کنندهٔ دروپ بهبود یافته ۴۴
۴-۳-۳- الگوریتمPSO و بهینه سازی ضرایب کنترل کنندهٔ دروپ..... ۴۵
۴-۴- کنترل کنندهٔ تناسبی-انتگرالی کلاسیک..... ۴۶
۴-۵- کنترل کنندهٔ فازی..... ۴۶
۴-۵-۱- تاریخچه کنترل فازی..... ۴۷
۴-۵-۲- اساس منطق فازی ۴۷
۴-۵-۳- کاربردهای فازی ۴۸
۴-۵-۴- تفاوت کنترل کنندهٔ فازی با کنترل کنندهٔ کلاسیک..... ۴۹
۴-۶- کنترل خود تنظیم فازی تناسبی-انتگرالی..... ۴۹
۴-۷- الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات وکنترل کنندهٔ خود تنظیم فازی تناسبی- انتگرالی بهینه ۵۲
۴-۷-۱- الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات..... ۵۲
۴-۷-۲- کنترل کنندهٔ خود تنظیم فازی تناسبی – انتگرالی بهینه ۵۳
۴-۷-۲-۱- طراحی بهینه سیستم فازی تناسبی- انتگرالی..... ۵۴
۴-۷-۲-۲- نمایش ذرات..... ۵۶
۴-۸- کنترل کنندهٔ فازی – عصبی ۵۶
۴-۹- کنترل توسط الکترولایزر ۵۸
۴-۱۰- نتیجه گیری..... ۵۸

فصل پنجم:تحلیل نتایج شبیه سازی ۵۹
۵-۱- سیستم تحت مطالعه..... ۶۰
۵-۲- کنترل کنندهٔ دروپ..... ۶۰
۵-۳- کنترل کنندهٔ دروپ بهینه..... ۶۵
۵-۴- کنترل کنندهٔ دروپ بهبود یافته..... ۶۵
۵-۵- کنترل کنندهٔ تناسبی-انتگرالی کلاسیک..... ۶۶
۵-۶- کنترل کنندهٔ فازی - عصبی..... ۶۷
۵-۷- کنترل فرکانس توسط بارهای قابل کنترل(الکترولایزر)..... ۶۸
۵-۸- کنترل کنندهٔ فازی- تناسبی- انتگرالی..... ۶۸
۵-۹- کنترل کنندهٔ فازی- تناسبی- انتگرالی بهینه..... ۶۹

۵-۱۰- مقایسه کنترل کننده های فرکانس در حالت کلی برای مطالعات کوتاه مدت..... ۷۰
۵-۱۱- مطالعهٔ بلند مدت کنترل کننده های فرکانس ۷۱
۵-۱۲- کنترل کنندهٔ دروپ بهبود یافته..... ۷۵
۵-۱۳- کنترل کنندهٔ کلاسیک تناسبی- انتگرالی ۷۵
۵-۱۴- کنترلر کنندهٔ فازی - عصبی ۷۶
۵-۱۵- کنترل فرکانس توسط بارهای قابل کنترل(الکترولایزر)..... ۷۷
۵-۱۶- کنترل کنندهٔ خود تنظیم فازی- تناسبی- انتگرالی..... ۷۷
۵-۱۷- کنترل کنندهٔ فازی- تناسبی- انتگرالی بهینه ۷۸
۵-۱۸- مقایسه کنترل کننده های فرکانس در حالت کلی برای مطالعات بلند مدت..... ۷۹
۵-۱۹- نتیجه گیری..... ۷۹

فصل ششم:نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات **۸۱**

۶-۱- نتیجه گیری..... ۸۲
۶-۲- پیشنهادات..... ۸۳

منابع ۸۴

فهرست علائم

توربین باد			
A	ناحیه جاروب شده بوسیله پره‌های روتور (m^2)	I_f	جریان میدان معادل آهنربای دائم (A)
m	جرم هوا (kg)	I'_f	معادل جریان میدان در سمت استاتور (A)
v	سرعت باد در هنگام برخورد به پره‌ها (m/s)	J	اینرسی روتور (Kgm^2)
v_0	سرعت باد در هنگام خروج از پره‌ها (m/s)	ψ_f	شار نشتی القاء شده بوسیله آهنربای دائم روتور در فاز استاتور
E_k	انرژی جنبشی هوا (J)	T_{shaft}	گشتاور شفت تولید شده بوسیله توربین (Nm)
P	چگالی هوا (kg / m^3)	T_e	گشتاور الکتریکی تولیدی (Nm)
P_{den}	توان مخصوص یا چگالی توان محل باد	P	تعداد قطب ها
	پیل سوختی		
P	توان واقعی استخراجی بوسیله پره‌های روتور از باد (wat)	P_{rate}	توان نامی(kw)
k_m	نرخ دبی جرمی	P_{ref}	توان حقیقی مرجع(kw)
C_p	ضریب توان روتور یا بهرهٔ روتور	T	دمای مطلق(k)
θ	زاویه پره‌ها (deg)	F	ثابت فارادی(C/mol)
λ	نسبت سرعت نوک	R	ثابت جهانی گاز(J/(kmol K))
R	شعاع روتور (m)	E_0	پتانسیل استاندارد ایده‌آل(v)
ω	سرعت زاویه‌ای روتور (rad/s)	N_0	تعداد سلول سری در استک
R_s	مقاومت استاتور (ohm)	K_r	ثابت $K_r=N_0/4F$ (kmol/(s A))
ω_r	سرعت زاویه‌ای مکانیکی روتور(rad/s)	U_{max}	بیشترین مصرف سوخت
ω_e	سرعت زاویه‌ای الکتریکی روتور(rad/s)	U_{min}	کمترین مصرف سوخت
V_{qs}, V_{ds}	ولتاژ محور q,d استاتور (V)	U_{opt}	مصرف سوخت بهینه
I_{qs}, I_{ds}	جریان محور q,d استاتور (A)	K_{H_2O}	مقدار ثابت مولار آب (kmol/(s atm))
L_{ds}،L_{qs}	اندوکتانس محور q و d استاتور (H)	K_{H_2}	مقدار ثابت مولار هیدروژن(kmol/(s atm))
L_{dm}	اندوکتانس متقابل محور d استاتور با مجموع سیم پیچ میرا کننده و اندوکتانس آهنربای دائم (H)	K_{O_2}	مقدار ثابت مولار اکسیژن(kmol/(s atm))

τO_2	پاسخ زمانی شارش اکسیژن (s)	Q_i	گرمای کل تولیدی ناشی از جزء i (J)
τH_2	پاسخ زمانی شارش هیدروژن (s)	r	مقاومت پیل
τH_2O	پاسخ زمانی شارش آب(s)	R	ثابت گاز ایده‌آل (J/mol K)
r	تلفات اهمی (Ω)	R_{ohm}	مقاومت بسته (ohm)
T_e	پاسخ زمانی الکتریکی(s)	T	دمای پیل (K°)
T_f	پردازشگر پاسخ زمانی سوخت(s)	T_d	پاسخ زمانی پیل (s)
r_{H_O}	نرخ هیدروژن نسبت به اکسیژن(٪)	U_{f_i}	مصرف جزء i (٪)
PF	ضریب توان	V	ولتاژ پیل (V)
A	شیب تافل (V)	V_{air}	نرخ جریان هوا (sl/min)
B	ثابت انتقال جرم (V)	V_{act}	ولتاژ فعال سازی (V)
c_{o_2}	اشباع اکسیژن (mol/m^3)	V_c	حجم کاتد/آند (m^3)
C_p	ظرفیت گرمایی پیل (J/kg K)	V_{conc}	ولتاژ اشباع (V)
D_{ij}^{eff}	ظرفیت گرمایی پیل (J/kg K)	V_e	حجم پیل (V_e)
E	ولتاژ ترمودینامیک (V)	V_{fc}	ولتاژ پیل (V)
E_n	ولتاژ نرنست (V)	V_r	ولتاژ مقاومتی (V)
E_{oc}	ولتاژ مدار باز (V)	V_u	پایین زدگی ولتاژ
F	ثابت فارادی (A s/mol)	x_i	کسر مولی جزء i
h	ثابت پلانک (J s)	z	تعداد الکترون‌های متحرک
i_{fc}	جریان پیل (A)	α	ثابت تبادل
i_l	چگالی جریان محدودکننده (A/m^2)	ζ_i	ثابت تلفات فعال سازی
i_0	جریان تبادل (A)	Δg	انرژی آزاد گیبس واکنش (J)
J_i	جریان مولی جزء i (mol/m^2 s)	ΔG	اندازه مانع فعال سازی (J/mol)
K	ثابت بولتزمن (J/K)	Δh	آنتالپی واکنش (J)
K_{valve}^i	ثابت شیروابسته به جزء i (mol/atm s)	Δs	آنتروپی واکنش (J/K)
M_p	جرم پیل (kg)	η	بازده پیل (٪)
m, n	ثابت تلفات اشباع	**فتوولتائیک**	
N	تعداد پیل‌های سری	R_s	مقاومت (Ω)
n_i	نرخ جریان جزء i (mol/s)	$U_{OC,ref}$	ولتاژ مدار باز (V)
P	توان خروجی پیل (kW)	A	سطح آرایه ها (m^2)
P_i	فشار جزئی جزء i (atm)	φ_{ref}	تشعشع خورشید(W/m2)
P_t	فشار کل (atm)	K_{loss}	ثابت تلفات (W/(°C·m2))
q_e	گرمای واکنش الکتروشیمیایی (J/m^3)	$K_{in,PV}$	ثابت بولتزمن(J/K)

$I_{mp,ref}$	جریان سلول مطابق با ماکزیم توان(A)	T_2	ثابت زمانی سوخت سیستم (S)
$U_{mp,ref}$	ولتاژ سلول مطابق با ماکزیم توان(A)	T_3	ثابت زمانی بار محدود شده (S)
$T_{c,ref}$	درجه سانتیگراددرجه حرارت مجاز(°C)	L_{max}	محدودیت بار(KW)
W_{ref}	ثابت ولتاژ (V)	V_{max}	ماکزیمم مقدار (V)
C_{PV}	ثابت حرارتی ((J/(°C·m2)	V_{min}	مینیمم مقدار (V)
I_{sc}	جریان اتصال کوتاه سلول(A)	K_T	گین لوپ کنترل دما
I_O	جریان اشباع (A)	P	تعداد قطب ها
$I_{L,ref}$	جریان منبع (A)	R_s	مقاومت استاتور (Ω)
الکترولایزر		R_r	مقاومت روتور (Ω)
n_{H2}	نرخ تولید هیدروژن در الکترولایزر (mol/s)	L_s	اندوکتانس استاتور (H)
i_e	جریان الکترولایزر (A)	L_r	اندوکتانس روتور (H)
n_c	تعداد سلول‌های سری	L_m	اندوکتانس مغناطیسی (H)
η_F	بازده فارادی(٪)	D_{gen}	دمپ ژنراتور
ابرخازن		J	اینرسی ($kg.m^2$)
C	ظرفیت خازن (F)	F	اصطکاک (N.m.s)
ESR	مقاومت سری معادل (ohm)	M	اینرسی(S)
EPR	مقاومت موازی معادل (ohm)	D	دمپ
E_{UC}	انرژی ذخیره شده در خازن (W.S)	P_{ES}	توان مصرفی الکترولایزر (KW)
n_s	تعداد خازنهای سری	P_{MT}	توان تولیدی میکروتوربین (KW)
n_p	تعداد خازنهای موازی	P_{FC}	توان تولیدی سلول سوختی (KW)
V_i	ولتاژ اولیه(V)	P_{WT}	توان تولیدی توربین بادی (KW)
V_f	ولتاژ نهایی(V)	P_{Ho}	توان مصرفی (KW)
میکروتوربین		P_{PV}	توان تولیدی فتوولتائیک (KW)
P_{rate}	توان نامی (KW)	P_{UC}	توان تولیدی خازن (KW)
V_{rated}	ولتاژ نامی (V)	F_0	فرکانس (HZ)
P_{ref}	توان حقیقی مرجع(p.u)		
K_p	گین تناسبی کنترل کننده PI		
K_i	گین انتگرالی کنترل کننده PI		
D_{tur}	دمپ توربین		
T_1	ثابت زمانی سوخت سیستم (S)		

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: نمایی از ریزشبکه..... ۴
شکل ۲-۱: ساختار پیل سوختی..... ۱۶
شکل ۲-۲: بلوک دیاگرام پیل سوختی..... ۱۷
شکل ۲-۳: مدل پیل سوختی..... ۱۹
شکل ۲-۴: مدار معادل سیستم فتوولتائیک..... ۲۱
شکل ۲-۵: ژنراتور القایی سرعت متغییر ۲۲
شکل ۲-۶ : مدل ابرخازن..... ۲۵
شکل ۲-۷ : نحوه چیدمان ابرخازن ۲۵
شکل ۲-۸: اجزاء اصلی میکروتوربین..... ۲۷
شکل ۳-۱: ساختار ریز شبکه..... ۳۰
شکل ۳-۲: منحنی مشخصه توان خروجی توربین..... ۳۱
شکل ۳-۳: بلوک دیاگرام سیستم کنترل بار - فرکانس..... ۳۳
شکل ۳-۴: بلوک دیاگرام تولید کننده های هیبرید مجهز به کنترل کنندۀ دروپ..... ۳۴
شکل ۳-۵: پاسخ فرکانسی سیستم برای تغییرات بار و تولید..... ۳۵
شکل ۳-۶: ساختار ریزشبکه شبیه سازی شده..... ۳۷
شکل ۴-۱: نمای کلی ریزشبکه جهت مطالعات فرکانس..... ۴۲
شکل ۴-۲: مشخصۀ دروپ برای پیل سوختی، فتوولتائیک و ابرخازن..... ۴۴
شکل ۴-۳: بلوک دیاگرام کنترل کنندۀ دروپ بهبود یافته بهبود یافته..... ۴۵
شکل ۴-۴: اساس حلقه فازی..... ۴۸
شکل ۴-۵: توابع عضویت ورودی کنترل کنندۀ خود تنظیم فازی تناسبی- انتگرالی(الف و ب).. ۵۰
شکل ۴-۶: توابع عضویت خروجی کنترل کنندۀ خود تنظیم فازی تناسبی- انتگرالی(الف وب).۵۱
شکل ۴-۷: کنترل کنندۀ خود تنظیم فازی تناسبی- انتگرالی..... ۵۲
شکل ۴-۸: اساس کار الگوریتم تکاملیPSO..... ۵۲
شکل ۴-۹: بلوک دیاگرام سیستم کنترل کنندۀ فازی تناسبی – انتگرالی بهینه شده توسط الگوریتم PSO..... ۵۴
شکل ۴-۱۰: فلوچارت بهینه سازی ازدحام ذرات جهت تنظیم تابع عضویت فازی..... ۵۵

شکل۴-۱۱:توابع عضویت ورودی کنترل کنندۀ فازی- عصبی(الف وب).....۵۷
شکل ۵-۱: توان مصرفی توسط بار.....۶۱
شکل ۵-۲: تغییرات نوسانات توان با کنترل کنندۀ دروپ ۶۱
شکل ۵-۳: تغییرات انحراف فرکانس با کنترل کنندۀ دروپ ۶۲
شکل ۵-۴: توان تولیدی توربین بادی.....۶۲
شکل ۵-۵: توان تولیدی سیستم فتوولتائیک.....۶۳
شکل ۵-۶: توان تولیدی میکروتوربین.....۶۳
شکل ۵-۷: توان تولیدی پیل سوختی.....۶۴
شکل ۵-۸: توان تولیدی ابرخازن.....۶۴
شکل ۵-۹: تغییرات انحراف فرکانس قبل و بعد از بهینه سازی.....۶۵
شکل ۵-۱۰: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ دروپ و دروپ بهبود یافته.....۶۶
شکل ۵-۱۱: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ دروپ بهبود یافته و کلاسیک.....۶۷
شکل ۵-۱۲: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ تناسبی - انتگرالی کلاسیک و کنترل کنندۀ فازی – عصبی.....۶۷
شکل ۵-۱۳:تغییرات انحراف فرکانس با الکترولایزر و بدون آن.....۶۸
شکل ۵-۱۴: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ خود تنظیم فازی- تناسبی - انتگرالی و فازی- عصبی با الکترولایزر.....۶۹
شکل ۵-۱۵: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ فازی- تناسبی - انتگرالی و فازی- تناسبی - انتگرالی بهینه.....۷۰
شکل ۵-۱۶:توان مصرفی بار.....۷۱
شکل ۵-۱۷: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ دروپ در ۵۰۰ ثانیه.....۷۲
شکل ۵-۱۸: تغییرات انحراف توان درخواستی کنترل کنندۀ دروپ در ۵۰۰ ثانیه.....۷۲
شکل ۵-۱۹: توان تولید توربین بادی.....۷۳
شکل ۵-۲۰: توان تولید سیستم فتوولتائیک.....۷۳
شکل ۵-۲۱: توان تولیدی میکروتوربین.....۷۴
شکل ۵-۲۲: توان تولیدی پیل سوختی.....۷۴
شکل ۵-۲۳: توان تولیدی ابرخازن.....۷۵
شکل ۵-۲۴: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندۀ دروپ و دروپ بهبود یافته.....۷۵

شکل ۵-۲۵: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندهٔ دروپ بهبود یافته و کلاسیک.....۷۶
شکل ۵-۲۶:تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندهٔ فازی بهینه و فازی – عصبی.....۷۶
شکل ۵-۲۷: تغییرات انحراف فرکانس با الکترولایزر و بدون آن ۷۷
شکل ۵-۲۸: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندهٔ فازی- تناسبی - انتگرالی و کنترل کنندهٔ فازی- عصبی(با الکترولایزر).....۷۸
شکل ۵-۲۹: تغییرات انحراف فرکانس کنترل کنندهٔ فازی- تناسبی - انتگرالی و فازی- تناسبی - انتگرالی بهینه.....۷۸

فهرست جداول

جدول ۲-۱: تعاریف منابع تولید پراکنده در کشورهای مختلف جهان.....۱۳
جدول ۲-۲: لیست منابع تولید پراکنده.....۱۵
جدول ۳-۱: پارامتر های مورد استفاده در ریزشبکه.....۳۸
جدول۴-۱: قوانین فازی K_p.....۵۱
جدول۴-۲: قوانین فازی K_i ۵۱
جدول ۴-۳:ابعاد ذرات برای کدگذاری مدل فازی تناسبی – انتگرالی.....۵۶
جدول ۵-۱: مقایسه کنترل کننده ها جهت بررسی انحراف فرکانس برای مطالعات کوتاه مدت..۷۰
جدول ۵-۲: مقایسه کنترل کننده ها جهت بررسی انحراف فرکانس برای مطالعات بلند مدت.....۷۹

فهرست علائم اختصاری

PSO	Particle Swarm Optimazation
CHP	Combined Heat and Power
ST	Settling Time
RP	Response Peak
RT	Rise Time
SSE	Steady State Error
NL	Negative Large
NM	Negative Medium
NS	Negative Small
Z	Zero
PS	Positive Small
PM	Positive Medium
PL	Positive Large
VS	Very Small
MS	Medium Small
M	Medium
MB	Medium Big
VB	Very Big
VL	Very Large
FLCPI	Fuzzy Logic Controller Proportional Integral

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

امروزه بحث منابع تولیدات پراکنده در اکثر کشور های دنیا رواج یافته است و تلاش ها و تحقیقات بسیاری پیرامون این بحث صورت می گیرد. سازندگان اصلی این مولدها همواره به دنبال کاهش هزینه های مربوط به طراحی، ساخت و خدمات پس از فروش بوده اند. به طور کلی هر واحد تولید انرژی غیر متمرکز، که دارای حداکثر توان ۵ مگاوات باشد می تواند در فهرست تولیدات پراکنده قرار گیرد [۲-۱].

بایستی توجه داشت که این مولدها دارای امکانات و مشخصات ویژه ای هستند که قیاس آنها با سایر واحدهای تأمین کنندهٔ برق را امکان پذیر کرده است. در حال حاضر رشد مصرف انرژی برق در اکثر کشور های جهان بطور متوسط ۴/۷ درصد برآورد شده است. با توجه به کم بودن بازده نیروگاههایی که با سوخت های فسیلی کار می کنند و بعد مسافتی تولید با مصرف باعث ایجاد تلفات بالا درخطوط انتقال می شود. و همچنین به دلیل آلودگی های زیست محیطی مربوط به این نیروگاه ها، لزوم استفاده از تولیدات پراکنده روز به روز بیشتر احساس می شود . بنابراین انتخاب بهینه تولیدات پراکنده نیز موضوع جذاب و مورد علاقه می باشد [۳].

سیستم های توزیع موجود بدون در نظر گرفتن منابع تولید پراکنده[1] طراحی شده اند. در نتیجه بکارگیری آنها، می تواند امکان بروز شرایط غیرمطلوبی در کیفیت برق، قابلیت اطمینان، بازده، مسائل ایمنی و غیره را ایجاد کند. ولی مزایای فنی- اقتصادی بکارگیری منابع تولیدات پراکنده در شبکه های توزیع موجب شده است که منابع تولیدات پراکنده مورد توجه شرکت های توزیع و مشترکین قرار گیرند . از جمله موارد مهم در این زمینه عبارتنداز [۴]:

۱. هزینه کم توسعه، احداث، نگهداری و بهره برداری
۲. نیاز به زمان کمتر جهت طراحی و نصب
۳. افزایش قابلیت اطمینان و تداوم پایداری و بهبود کیفیت برق
۴. قطع وابستگی به سوخت های فسیلی و نوسانات قیمت آن
۵. کاهش تلفات و افت ولتاژ
۶. راندمان بالا

راه اندازی سریع تولیدات پراکنده و سازگار با محیط زیست بودن و پاسخ مناسب و عملکرد جزیره ای[2] برخی از قابلیت های این سیستم ها می باشد.

---

1 Dispersed Generation (DG)
2 Islanding