٨٧/١/١٠٠٧٤
٨٧/٩٢٤

١٠٨٦٨٤

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

مهندسی برق– گروه قدرت

کارشناسی ارشد

تنظیم پارامترهای سیستم کنترل فرکانس نیروگاه‌ها به منظور بهبود عملکرد کوتاه–مدت فرکانس با لحاظ اثر شبکه

دانشجو

میعادرضا شفیعی‌خواه

استاد راهنما

دکتر حسین سیفی

استاد مشاور

دکتر اصغر اکبری فرود

۱۳۸۷ /۹/ ۱۲

شهریور ۸۷

۱۰۸۶۸۴

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای **میعادرضا شفیعی خواه** پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان تنظیم پارامترهای سیستم کنترل فرکانس نیروگاه ها به منظور بهبود عملکرد کوتاه مدت فرکانس با لحاظ اثر شبکه** در تاریخ ۱۳۸۷/٦/۱۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر حسین سیفی	استاد	
استاد مشاور	دکتر اصغر اکبری فرود	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محسن پارسامقدم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احد کاظمی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر مصطفی محمدیان	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

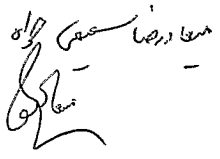
ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء



آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد **میعادرضا شفیعی‌خواه** در رشته **مهندسی برق- قدرت** است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر حسین سیفی** و مشاوره جناب آقای **دکتر اصغر اکبری فرود** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **میعادرضا شفیعی‌خواه** دانشجوی رشته **مهندسی برق- قدرت** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: میعادرضا شفیعی‌خواه

تاریخ و امضا:

۱۳۸۷/۶/۱۹

تقدیم به :

پدر و مادر مهربانم

تشکر و قدردانی :

بدینوسیله از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر حسین سیفی که در تمامی مراحل انجام این پایان‌نامه از راهنماییهای ایشان استفاده کرده‌ام، کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر اصغر اکبری فرود که همواره با صبر و حوصله پاسخگوی سوالات بنده بوده‌اند تشکر می‌کنم. از آقایان دکتر محسن پارسا مقدم، دکتر محمودرضا حقی‌فام و دکتر علی یزدیان ورجانی که افتخار شاگردی ایشان را داشته‌ام سپاسگزارم.

چکیده

کنترل فرکانس در بهره‌برداری مناسب از یک شبکهٔ قدرت امری بسیار ضروری می‌باشد. چنانچه نتوان فرکانس را به صورت مطلوب کنترل نمود، احتمال ناپایداری شبکه و خارج شدن سیستم از حالت بهم پیوسته وجود دارد.

در مرحلهٔ اول کنترل فرکانس، کنترل اولیه قرار دارد که در صورت وقوع عدم تعادل میان تولید و مصرف، براساس آن بایستی بتوان با استفاده از برنامه‌ریزی‌های مناسب، انحراف فرکانس را هر چه سریعتر به حداقل رسانید. این مهم با استفاده از تنظیم مناسب گاورنرهای شبکه قابل انجام می‌باشد.

تنظیمات گاورنرهای شبکه بایستی به گونه‌ای انجام گیرد که در اثر وقوع هر پیشامد در شبکه و در هر شرایط بهره‌برداری، پاسخ فرکانسی سیستم قدرت مناسب بوده و کمترین میزان انحراف از فرکانس نامی بدست آید. در این مطالعه، به کمک برنامه‌ریزی آرمان، روش جدیدی برای تنظیمات سیستم کنترل اولیهٔ فرکانس با در نظر گرفتن اثر شبکه، شرایط بهره‌برداری مختلف و با وجود پیشامدهای گوناگون ارائه شده است که با استفاده از آن می‌توان فرکانس سیستم قدرت را در برابر اختلالات بار- تولید به بهترین صورت ممکن کنترل نمود. این روش بر روی شبکهٔ آزمایش ۵۷ باس IEEE پیاده شده و نتایج شبیه‌سازی نشان از کارآمد بودن آن در کنترل مناسب فرکانس دارد.

کلید واژه: کنترل اولیه فرکانس، تنظیم بهینه گاورنر، اثر شبکه، شرایط بهره‌برداری، برنامه‌ریزی آرمان.

فهرست مطالب

عنوان مطلب	شماره صفحه
فصل اول- مقدمه	۱
فصل دوم- اصول و روش‌های کنترل فرکانس	۵
۲-۱- مقدمه	۵
۲-۲- مدل ساده کنترل خودکار تولید	۶
۲-۲-۱- مدل واحد	۶
۲-۲-۲- مدل بار	۷
۲-۲-۳- مدل موتور محرک	۸
۲-۲-۴- مدل گاورنر	۸
۲-۲-۵- مدل خط ارتباطی	۱۰
۲-۲-۶- اصول کنترل خودکار تولید	۱۱
۲-۲-۶-۱- عملکرد کنترل تکمیلی	۱۲
۲-۲-۶-۲- کنترل خط ارتباطی	۱۲
۲-۲-۶-۳- تخصیص تولید	۱۴
۲-۲-۷- پیاده‌سازی کنترل خودکار تولید	۱۵
۲-۳- مدل‌سازی سیستم قدرت برای کنترل خودکار تولید	۱۷
۲-۳-۱- مدل‌های فیزیکی	۱۹
۲-۳-۲- مدل Rowen	۱۹
۲-۳-۳- مدل IEEE	۲۱
۲-۳-۴- مدل GAST	۲۲
۲-۳-۵- مدل WECC/GGOV1	۲۲
۲-۳-۶- مدل CIGRE	۲۳
۲-۳-۷- مدل وابسته به فرکانس	۲۵
۲-۴- کنترل فرکانس از دیدگاه کنترلی	۲۷

۲-۴-۱- روش‌های کنترلی ۲۷

۲-۴-۲- استراتژی‌های کنترل ۲۸

۲-۴-۳- مودهای کنترلی ۲۸

۲-۴-۴- اهداف کنترلی ۲۹

۲-۴-۴-۱- کنترل مقاوم ۲۹

۲-۴-۴-۲- کنترل خودتنظیم و تطابقی ۳۱

۲-۴-۵- هوش مصنوعی ۳۲

۲-۴-۵-۱- شبکه عصبی مصنوعی ۳۳

۲-۴-۵-۲- منطق فازی ۳۵

۲-۴-۵-۳- الگوریتم ژنتیک ۳۶

۲-۴-۵-۴- الگوریتم بهینه‌سازی گروه پرندگان ۳۸

۲-۵- ارزیابی تنظیم کننده کنترل خودکار تولید ۴۰

۲-۶- استفاده از فن‌آوری‌های جدید ۴۳

۲-۶-۱- عناصر ذخیره‌ساز انرژی ۴۴

۲-۶-۲- ادوات FACT ۴۵

فصل سوم- تاثیر عوامل مختلف شبکه بر پاسخ فرکانسی سیستم قدرت **۴۸**

۳-۱- مقدمه ۴۸

۳-۲- بار ۵۰

۳-۳- میزان رزرو واحدها ۵۲

۳-۳-۱- رزرو تمام واحدها ۵۳

۳-۳-۲- رزرو هر یک از واحدها ۵۵

۳-۳-۲-۱- تاثیر رزرو واحد بخاری۱ با فرض کافی بودن رزرو واحد بخاری۵ ۵۵

۳-۳-۲-۲- تاثیر رزرو واحد بخاری۱ با فرض کافی بودن رزرو واحد گازی۵ ۵۶

۳-۳-۲-۳- تاثیر رزرو واحد گازی۵ با فرض کافی بودن

رزرو واحد بخاری۱ ۵۸
۳-۴- پارامترهای خط ۵۹
۳-۴-۱- راکتانس خطوط ۶۰
۳-۴-۱-۱- تغییر راکتانس خط اتصال واحد ۱ به شبکه ۶۰
۳-۴-۱-۲- تغییر راکتانس کل خطوط شبکه ۶۱
۳-۴-۲- سوسپتانس خطوط ۶۱
۳-۴-۲-۱- تغییر سوسپتانس خط اتصال واحد ۱ به شبکه ۶۲
۳-۴-۲-۲- تغییر سوسپتانس کل خطوط شبکه ۶۲
۳-۴-۳- مقاومت خطوط ۶۳
۳-۵- نقطهٔ تنظیم واحدها ۶۵
۳-۵-۱- تغییر بار و تولید تمام سیستم قدرت ۶۵
۳-۵-۲- تغییر نقطهٔ تنظیم واحد بخاری ۱ و واحد ۴ ۶۶
۳-۶- اختلال بار- تولید ۶۷
۳-۶-۱- اندازه اختلال بار- تولید ۶۷
۳-۶-۲- محل وقوع اختلال بار- تولید ۶۸
۳-۷- ضریب افتی و ثابت زمانی گاورنر واحدها ۶۹
۳-۷-۱- تغییر ضریب افتی واحد بخاری ۱ ۷۰
۳-۷-۲- تغییر ضریب افتی واحد بخاری ۵ ۷۰
فصل چهارم- تاثیر تعداد، محل و پارامترهای گاورنر بر پاسخ فرکانسی شبکه ۷۳
۴-۱- مقدمه ۷۳
۴-۲- شبکه آزمایش اصلاح شده ۷۳
۴-۳- انتخاب معیار فرکانسی جامع ۷۴
۴-۴- بدست آوردن تاثیر تعداد، محل و پارامترهای گاورنر بر پاسخ فرکانسی شبکه با رخداد پیشامدهای مختلف ۷۶
۴-۴-۱- تاثیر پارامترهای گاورنر بر پاسخ فرکانسی شبکه با رخداد پیشامدهای مختلف ۷۷

۴-۴-۲- تاثیر تعداد و محل واحدهای مشارکت‌کننده در کنترل فرکانس ۸۱
فصل پنجم- تنظیم پارامترهای سیستم کنترل اولیه فرکانس ۸۸
۵-۱- مقدمه ۸۸
۵-۲- روش پیشنهادی تنظیم پارامترهای سیستم کنترل اولیه فرکانس ۸۹
۵-۲-۱- فرضیات مساله ۸۹
۵-۲-۲- تعیین هدف ۹۰
۵-۲-۳- قیود مساله ۹۴
۵-۳- پیاده‌سازی روش پیشنهادی تنظیم پارامترهای سیستم کنترل اولیه
فرکانس بر روی شبکه آزمایش اصلاح شده ۹۶
۵-۴- پیاده‌سازی روش پیشنهادی تنظیم پارامترهای سیستم
کنترل فرکانس بر روی شبکه‌های بزرگ **۱۰۱**
۵-۴-۱- معرفی مدل گاورنرهای بکار رفته بر روی واحدهای شبکه آزمایش
۵۷ باس IEEE ۱۰۳
۵-۴-۲- پیاده‌سازی روش پیشنهادی تنظیم پارامترهای گاورنرها بر روی شبکه
آزمایش ۵۷ باس IEEE ۱۰۴
۵-۴-۲-۱- تنظیم ضریب افتی واحدهای مشارکت‌کننده در
کنترل اولیهٔ فرکانس ۱۰۴
۵-۴-۲-۲- تنظیم ضریب افتی و ثابت زمانی واحدهای مشارکت‌کننده در
کنترل اولیهٔ فرکانس ۱۰۸
فصل ششم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۰
مراجع ۱۱۲
پیوست الف ۱۱۶
پیوست ب ۱۱۹
پیوست ج ۱۲۱
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۲۳
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۱۲۵

فهرست نمودارها

عنوان نمودار	شماره صفحه
شکل۲-۱: رابطه بین توان مکانیکی و الکتریکی با تغییرات سرعت	۷
شکل۲-۲: بلوک دیاگرام مربوط به بار	۷
شکل۲-۳: مدل محرک	۸
شکل۲-۴: گاورنر سرعت ثابت	۹
شکل۲-۵: گاورنر با حلقه بازگشتی	۱۰
شکل۲-۶: بلوک دیاگرام گاورنر، ژنراتور، بار و توربین	۱۰
شکل۲-۷: کنترل تکمیلی در یک سیستم دو ناحیه‌ای	۱۴
شکل۲-۸: مدل Rowen	۲۰
شکل۲-۹: مدل تکمیل شده Rowen	۲۱
شکل۲-۱۰: مدل GAST	۲۲
شکل۲-۱۱: مدل GGOV1	۲۳
شکل۲-۱۲: مدل CIGRE	۲۴
شکل۲-۱۳: مدل توربین گاز وابسته به فرکانس	۲۶
شکل۲-۱۴: معادلات ترمودینامیکی مدل توربین گاز وابسته به فرکانس	۲۶
شکل۳-۱: دیاگرام تک خطی شبکهٔ آزمایش	۴۸
شکل۳-۲: کنترل اولیهٔ فرکانس با وجود اختلال افزایش ۴۰ مگاوات بار در شین۲۴ در حالی که واحد شمارهٔ ۵ بخاری باشد	۴۹
شکل۳-۳: کنترل اولیهٔ فرکانس با وجود اختلال افزایش ۴۰ مگاوات بار در شین۲۴ در حالی که واحد شمارهٔ ۵ گازی باشد	۴۹
شکل۳-۴: پاسخ فرکانسی سیستم قدرت به اختلال افزایش ۴۰ مگاوات بار در شین۲۴ با ضریب k_{pf} مختلف برای بارهای شبکهٔ آزمایش	۵۱
شکل۳-۵: محاسبهٔ معیارهای فرکانسی شبکه آزمایش در پاسخ به اختلال افزایش ۴۰ مگاوات بار در شین۲۴ با ضرایب k_{pf} مختلف	۵۱

شکل۳-۶: تاثیر افزایش ضریب k_{pf} هر یک از بارهای شبکهٔ آزمایش
به معیارهای فرکانسی در پاسخ به اختلال ۴۰ مگاوات افزایش بار در شین۲۴ ۵۲
شکل۳-۷: پاسخ فرکانس سیستم به اختلال بار- تولید ۴۰ مگاوات
با وجود رزروهای مختلف ۵۳
شکل۳-۸: معیارهای فرکانسی سیستم در پاسخ به اختلال بار- تولید
۴۰ مگاوات با وجود رزروهای مختلف ۵۴
شکل۳-۹: تاثیر رزرو واحد بخاری۱ با وجود بخاری بودن واحد۵
بر پاسخ فرکانسی سیستم ۵۵
شکل۳-۱۰: تاثیر رزرو واحد بخاری۱ با وجود بخاری بودن واحد۵
بر معیارهای فرکانسی ۵۶
شکل۳-۱۱: تاثیر رزرو واحد بخاری۱ با وجود گازی بودن واحد۵
بر پاسخ فرکانسی سیستم ۵۷
شکل۳-۱۲: تاثیر رزرو واحد بخاری۱ با وجود گازی بودن واحد۵
بر معیارهای فرکانسی ۵۷
شکل۳-۱۳: تاثیر رزرو واحد گازی۵ با وجود بخاری بودن واحد۱
بر پاسخ فرکانسی سیستم ۵۸
شکل۳-۱۴: تاثیر رزرو واحد گازی۵ با وجود بخاری بودن واحد۱
بر معیارهای فرکانسی ۵۹
شکل۳-۱۵: تاثیر تغییر راکتانس خط اتصال به واحد۱ بر معیارهای فرکانسی ۶۰
شکل۳-۱۶: تاثیر تغییر راکتانس کل خطوط شبکهٔ آزمایش بر معیارهای فرکانسی ۶۱
شکل۳-۱۷: تاثیر تغییر سوسپتانس ارتباط واحد۱ با شبکه بر معیارهای فرکانسی ۶۲
شکل۳-۱۸: تاثیر تغییر سوسپتانس کل خطوط شبکهٔ آزمایش بر معیارهای فرکانسی ۶۳
شکل۳-۱۹: تاثیر تغییر مقاومت کل خطوط شبکه آزمایش بر معیارهای فرکانسی ۶۴
شکل۳-۲۰: تاثیر طول خط ارتباطی واحد۱ با شبکه بر پاسخ فرکانسی سیستم ۶۵
شکل۳-۲۱: تاثیر تغییر یکنواخت نقطهٔ کار واحدها بر معیارهای فرکانسی ۶۶
شکل۳-۲۲: تاثیر نقطه کار واحدها بر معیارهای فرکانسی ۶۷

شکل۳-۲۳: تاثیر اندازهٔ اختلال بار- تولید بر معیارهای فرکانسی ۶۸
شکل۳-۲۴: تاثیر محل اختلال بر مشارکت واحدها به منظور کنترل فرکانس ۶۹
شکل۳-۲۵: تاثیر ضریب افتی واحد بخاری۱ بر معیارهای فرکانسی ۷۰
شکل۳-۲۶: تاثیر ضریب افتی واحد بخاری۵ بر معیارهای فرکانسی ۷۱
شکل۴-۱: بلوک دیاگرام شبکه آزمایش اصلاح شده ۷۴
شکل۴-۲: پاسخ فرکانسی دو حالت تنظیم گاورنر ۷۵
شکل۴-۳: پیشامدهای یگانه شبکهٔ آزمایش اصلاح شده ۷۸
شکل۴-۴: تاثیر پارامترهای گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد اول ۷۹
شکل۴-۵: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد دوم ۷۹
شکل۴-۶: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد سوم ۷۹
شکل۴-۷: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد چهارم ۷۹
شکل۴-۸: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد پنجم ۷۹
شکل۴-۹: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد ششم ۷۹
شکل۴-۱۰: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد هفتم ۸۰
شکل۴-۱۱: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد هشتم ۸۰
شکل۴-۱۲: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد نهم ۸۰
شکل۴-۱۳: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد دهم ۸۰
شکل۴-۱۴: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد یازدهم ۸۰
شکل۴-۱۵: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد دوازدهم ۸۰
شکل۴-۱۶: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد سیزدهم ۸۰
شکل۴-۱۷: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد چهاردهم ۸۰
شکل۴-۱۸: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد پانزدهم ۸۱
شکل۴-۱۹: تاثیر پارامترهای گاورنر بر معیار ITAE با رخداد پیشامد شانزدهم ۸۱
شکل۴-۲۰: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد اول ۸۳
شکل۴-۲۱: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد دوم ۸۳
شکل۴-۲۲: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد سوم ۸۳

شکل۴-۲۳: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد چهارم ۸۳
شکل۴-۲۴: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد پنجم ۸۳
شکل۴-۲۵: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد ششم ۸۳
شکل۴-۲۶: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد هفتم ۸۳
شکل۴-۲۷: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد هشتم ۸۳
شکل۴-۲۸: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد نهم ۸۴
شکل۴-۲۹: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد دهم ۸۴
شکل۴-۳۰: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد یازدهم ۸۴
شکل۴-۳۱: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد دوازدهم ۸۴
شکل۴-۳۲: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد سیزدهم ۸۴
شکل۴-۳۳: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد چهاردهم ۸۴
شکل۴-۳۴: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد پانزدهم ۸۴
شکل۴-۳۵: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر معیار ITAE با رخداد پیشامد شانزدهم ۸۴
شکل ۴-۳۶: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر تعداد مراحل بارزدایی با وقوع پیشامد ششم ۸۶
شکل ۴-۳۷: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر تعداد مراحل بارزدایی با وقوع پیشامد هفتم ۸۶
شکل ۴-۳۸: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر تعداد مراحل بارزدایی با وقوع پیشامد هشتم ۸۶
شکل۴-۳۹: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر تعداد مراحل بارزدایی با وقوع پیشامد نهم ۸۶
شکل۴-۴۰: تاثیر تعداد و محل گاورنرها بر تعداد مراحل بارزدایی با وقوع پیشامد دهم ۸۶
شکل۵-۱: فلوچارت روش پیشنهادی تنظیم پارامترهای سیستم کنترل اولیهٔ فرکانس ۱۰۲
شکل۵-۲: مدل توربین- گاورنر آبی ۱۰۴
شکل۵-۳: مدل توربین- گاورنر بخاری ۱۰۴
شکل۵-۴: محل قرار گیری اجزای روش PSO در تکرار اول ۱۰۵
شکل۵-۵: محل قرار گیری اجزای روش PSO در تکرار دهم ۱۰۵
شکل۵-۶: محل قرار گیری اجزای روش PSO در تکرار بیستم ۱۰۶
شکل۵-۷: محل قرار گیری اجزای روش PSO در تکرار بیست و چهارم ۱۰۶
شکل۵-۸: محل قرار گیری اجزای روش PSO در تکرار بیست و هفتم ۱۰۷

شکل۵-۹: محل قرار گیری اجزای روش PSO در تکرار بیست و نهم ۱۰۷
شکل۵-۱۰: چگونگی میل تابع هدف در تکرارهای مختلف به سمت پاسخ بهینه ۱۰۸
شکل۵-۱۱: روند میل تابع هدف درتکرارهای مختلف به سمت پاسخ بهینه ۱۰۸
شکل الف-۱: مدل توربین- گاورنر بخاری شبکهٔ آزمایش ۱۱۸
شکل الف-۲: مدل توربین- گاورنر گازی شبکهٔ آزمایش ۱۱۸
شکل ج-۱: بلوک دیاگرام سیستم سوخت مدل توربین- گاورنر گازی ۱۲۱
شکل ج-۲: بلوک دیاگرام مبدل دمای مدل توربین- گاورنر گازی ۱۲۱
شکل ج-۳: بلوک دیاگرام کنترل شتاب مدل توربین- گاورنر گازی ۱۲۱
شکل ج-۴: بلوک دیاگرام گاورنر مدل توربین- گاورنر گازی ۱۲۲

فهرست جداول

عنوان جدول **شماره صفحه**

جدول۳-۱: تاثیر محل وقوع اختلال بار- تولید بر معیارهای فرکانسی ۶۸

جدول۴-۱: تنظیمات گاورنر ۷۵

جدول۴-۲: معیارهای فرکانسی برای دو حالت تنظیم گاورنر ۷۵

جدول۴-۳: ترکیبات مختلف پارامترهای گاورنر ۷۷

جدول۴-۴: لیست پیشامدهای یگانه شبکهٔ آزمایش اصلاح شده ۷۸

جدول۴-۵: معرفی حالات مورد استفاده به منظور بررسی تاثیر
تعداد و محل قرارگیری گاورنرها ۸۲

جدول۵-۱: مقادیر معیار ITAE به منظور تنظیم سیستم کنترل اولیهٔ فرکانس
در حالت پرباری ۹۷

جدول۵-۲: مقادیر معیار ITAE به منظور تنظیم سیستم کنترل اولیهٔ فرکانس
در حالت میان‌باری ۹۸

جدول۵-۳: مقادیر معیار ITAE به منظور تنظیم سیستم کنترل اولیهٔ فرکانس
در حالت کم‌باری ۹۹

جدول۵-۴: مقادیر تابع هدف حالت‌های مختلف تنظیم پارامترهای سیستم
کنترل فرکانس شبکه آزمایش اصلاح شده ۱۰۰

جدول الف-۱: اطلاعات بار و تولید شین‌های شبکهٔ آزمایش ۱۱۶

جدول الف-۲: پارامترهای خط و ترانسفورماتور شبکهٔ آزمایش ۱۱۷

جدول الف-۳: پارامترهای توربین- گاورنر شبکهٔ آزمایش ۱۱۸

جدول ب-۱: اطلاعات بار و تولید شین‌های شبکهٔ آزمایش اصلاح‌شده ۱۱۹

جدول ب-۲: پارامترهای خط و ترانسفورماتور شبکهٔ آزمایش اصلاح‌شده ۱۲۰

جدول ج-۱: اطلاعات تولید شین‌های شبکهٔ ۵۷ باس IEEE ۱۲۱

جدول ج-۲: پارامترهای توربین- گاورنر شبکهٔ ۵۷ باس IEEE ۱۲۲

فصل اول

مقدمه

۱- ۱- مقدمه

هدف اساسی سیستم‌های قدرت، تامین توان مورد نیاز مصرف‌کنندگان است که این توان در دوره‌های زمانی مختلف، تغییر می‌کند. فرکانس یک سیستم، به تعادل توان حقیقی بستگی دارد و برای عملکرد مناسب سیستم قدرت، بایستی فرکانس ثابت بماند.

کنترل دقیق فرکانس، ثبات سرعت موتورهای القایی و سنکرون را فراهم می‌کند. ثبات سرعت راه اندازهای موتوری، در عملکرد مناسب واحدهای تولیدی اهمیت دارد؛ زیرا این واحدها به شدت به عملکرد تمام محرکه‌های جنبی مربوط به سوخت، آب تغذیه و سیستم‌های تغذیه هوای سوخت وابسته هستند. در یک شبکه، افت زیاد فرکانس ممکن است منجر به جریان شدید مغناطیسی در موتورهای القایی و ترانسفورماتورها شود. استفاده از ساعت‌های الکتریکی و استفاده از فرکانس برای سایر مصارف زمان سنجی، نیازمند نگهداری و حفظ دقیق زمان سنکرون است که با انتگرال فرکانس متناسب می‌باشد.

همانطور که گفته شد، فرکانس یک سیستم به تعادل توان حقیقی بستگی دارد، در حقیقت تغییر در توان حقیقی، به طور عمده بر روی فرکانس سیستم اثر می‌گذارد. از آنجا که فرکانس، عامل مشترکی در سراسر سیستم است، تغییری در تقاضای توان یک نقطه، به صورت تغییری در فرکانس سراسر سیستم منعکس می‌شود. به دلیل آنکه تعداد زیادی ژنراتور، توان مورد نیاز سیستم را تامین می‌کنند، باید وسایلی فراهم شوند که تغییر توان مورد تقاضا را بین واحدها تقسیم کنند. گاورنر سرعت هر واحد تولیدی، تابع اولیه کنترل سرعت را فراهم نموده و کنترل تکمیلی موجود در یک مرکز کنترل اصلی، میزان تولید را تخصیص می‌دهد.