بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای محمد جواد فتحی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان برنامه ریزی بهینه توان راکتیو در شبکه توزیع در حضور نیروگاه بادی با توجه به شرایط بازار انرژی در تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۹ ارائه کردند.

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

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدکاظم شیخ الاسلامی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محسن پارسامقدم	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمودرضا حقی فام	استاد	
استاد ناظر	دکتر علی اکبر گلکار	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمودرضا حقی فام	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تائید است
اعضای استاد راهنما:
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تربیت مدرس

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 محمد جواد فتحی در رشته مهندسی برق - قدرت است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمدکاظم شیخ‌الاسلامی 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 را به 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 محمد جواد فتحی دانشجوی رشته مهندسی برق قدرت مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

محمد جواد فتحی

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.

محمد جواد فتحی

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد

مهندسی برق– قدرت

برنامه‌ریزی بهینه توان راکتیو در شبکه توزیع در حضور نیروگاه بادی با ملاحظات بازار انرژی

محمد جواد فتحی

استاد راهنما:

دکتر محمدکاظم شیخ‌الاسلامی

پاییز ۱۳۹۱

این ناچیز را تقدیم می‌کنم، به ساحت مقدس حضرت

فاطمه زهرا(س)

اگر در خور تقدیم باشد.....

تشکر و قدردانی

خداوند بزرگ را شاکرم که به من توفیق آموختن علم را عطا فرمود.
از حضور پدر و مادرم عزیزم کمال تشکر و قدردانی را دارم و امیدوارم توانسته باشم ذره‌ای از زحماتشان را جبران نموده باشم.
از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر محمدکاظم شیخ‌الاسلامی، به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده ایشان و به‌خاطر انتقال تجارب گرانقدرشان به اینجانب در طول دوران تحصیل، کمال تشکر و قدردانی را دارم که افزون بر مسیر علم، مسیراخلاق، ادب و پشتکار را نیز بر اینجانب روشن نمودند.
همچنین از کلیه دانشجویان آزمایشگاه برنامه‌ریزی در بازار برق و دوستانی که با نقد و بررسی موضوعات این تحقیق الهام بخش من بوده اند تشکر می نمایم.
از خداوند بزرگ توفیقات بیشتر، هدایت و دانایی برای خود و دیگر عزیزان درخواست می نمایم.

محمد جواد فتحی

پاییز ۱۳۹۱

چکیده

در چند سال اخیر، توجه به استفاده از تولیدات پراکنده به دلیل مسائل زیست محیطی و کاهش تولید انرژی از روش‌های سنتی به سرعت در حال افزایش است. مزارع بادی یکی از مهمترین و پرکاربردترین منابع تولید پراکنده هستند که تولید آنها بدلیل عدم قطعیت منبع اولیه انرژی غیرقابل برنامه‌ریزی است. همین عدم قطعیت در تولید نیروگاه بادی در ارتباط با نحوه شرکت آن در بازارهای برق و اثرات حضور آنها در شبکه قدرت سوالات متعددی را مطرح کرده است.

این پایان‌نامه، در تلاش برای پاسخ به پرسش اثر حضور این منابع تولید بر توان راکتیو و برنامه‌ریزی آن در شبکه، مسئله را در دوگام میان‌مدت و کوتاه‌مدت مورد بررسی قرار داده است. در گام نخست، موضوع خازن‌گذاری در شبکه توزیع با حضور نیروگاه‌های بادی مورد توجه قرار گرفته است. ابتدا، با بهره‌گیری از زنجیره مارکف توربین بادی و تولید آن مدل‌سازی شده است. سپس با توجه به پیش‌بینی بار و تولید توربین بادی در سال افق، بهینه‌سازی توان راکتیو با استفاده از الگوریتم انبوه ذرات به صورت میان‌مدت انجام شده است و ظرفیت بهینه خازن‌ها با هدف کمینه‌سازی هزینه‌ها و بهبود پروفیل ولتاژ، برای نصب در شبکه تعیین گردیده است. در گام دوم با هدف بیشینه‌سازی رفاه اجتماعی در بازار برق، میزان بهینه خازن‌ها در شبکه با توجه به نحوه شرکت بازیگران در بازار برق، تعیین گردیده است. به عبارت دیگر در این گام، بهینه‌سازی توان راکتیو به صورت کوتاه‌مدت انجام می‌پذیرد و برنامه کلیدزنی خازن‌های شبکه و تپ ترانسفورماتورها به صورت روزانه ارائه می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که این بهینه‌سازی تنها برای ارزیابی اثر اقتصادی تغییر خازن‌های در مدار انجام پذیرفته است و بنابراین اثرات فنی کلیدزنی خازن‌ها مورد توجه قرار نگرفته است. نتایج به دست آمده در یک شبکه توزیع ۳۲ شینه نشان می‌دهد که کلیدزنی روزانه خازن‌ها دست‌کم در شبکه مورد مطالعه از اثر اقتصادی کوچکی برخوردار است و با توجه به اثرات فنی آن و به‌ویژه با درنظر گرفتن حضور نیروگاه‌های بادی و عدم قطعیت در تولید آنها، استفاده از این روش در شبکه‌های واقعی نیازمند مطالعات بیشتری خواهد بود.

کلید واژه: برنامه‌ریزی توان راکتیو، زنجیره مارکف، بازار انرژی و شبکه توزیع.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ه

فهرست شکل‌ها ..... و

فصل ۱- مقدمه ۷

۱-۱- طرح موضوع تحقیق ۹

۱-۲- هدف از تحقیق ۱۰

۱-۳- ساختار پایان‌نامه ۱۰

فصل ۲- مرور ادبیات ۱۲

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲- نیروگاه بادی و مدلسازی آن در مطالعات ۱۲

۲-۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲-۲- تاریخچه ۱۳

۲-۳- سیستم تبدیل انرژی باد ۱۶

۲-۴- مدل‌سازی توربین بادی ۱۸

۲-۴-۱- مدل‌سازی توربین بادی با استفاده از زنجیره مارکوف ۱۸

۲-۴-۲- نرخ خرابی و نرخ تعمیر ۲۰

۲-۵- مروری بر بازار انرژی ۲۱

۲-۵-۱- انواع تبادلات در بازارهای برق ۲۲

۲-۵-۱-۱- مدل تبادلات متمرکز ۲۲

۲-۵-۱-۲- مدل قراردادهای دوجانبه ۲۳
۲-۵-۱-۳- مدل ترکیبی ۲۳
۲-۵-۲- شرکت منابع تجدیدپذیر دارای عدم‌قطعیت در بازار برق ۲۳
۲-۵-۲-۱- شرکت نیروگاه بادی در بازار به شیوه حمایتی ۲۵
۲-۵-۲-۲- شرکت نیروگاه بادی در بازار بدون حمایت ۲۶
۲-۵-۲-۳- شرکت نیروگاه بادی در بازار به صورت ترکیبی با منابع انرژی محدود ۲۶
۲-۵-۳- رفاه اجتماعی در بازار انرژی ۲۷
۲-۵-۴- نحوهی کشف قیمت در بازار ۲۷
۲-۵-۵- تأثیر برنامه‌ریزی توان راکتیو بر بازار انرژی ۳۰
۲-۶- خازن‌گذاری ۳۱
۲-۶-۱- مقدمه ۳۱
۲-۶-۲- تابع هدف در برنامه‌ریزی توان راکتیو ۳۳
۲-۶-۲-۱- هزینه منبع توان راکتیو ۳۳
۲-۶-۲-۲- کمینه‌سازی همزمان هزینه منابع توان راکتیو و تلفات اکتیو شبکه ۳۴
۲-۶-۲-۳- کمینه‌سازی همزمان هزینه منابع توان راکتیو و هزینه سوخت تولید توان اکتیو ۳۵
۲-۶-۲-۴- حداقل انحراف ولتاژ از مقدار تعیین شده ۳۶
۲-۶-۲-۵- اهداف مرتبط با پایداری ولتاژ ۳۶
۲-۶-۲-۶- توابع هدف چندگانه ۳۷
۲-۶-۳- قیود برنامه‌ریزی توان راکتیو ۳۸
۲-۶-۳-۱- برنامه‌ریزی توان راکتیو در قالب مساله پخش توان بهینه (OPF) ۳۹
۲-۶-۳-۲- برنامه‌ریزی توان راکتیو در قالب مساله پخش توان بهینه با محدودیت امنیتی (SCOPF) ۴۱
۲-۶-۳-۳- برنامه‌ریزی توان راکتیو در قالب مساله پخش توان بهینه با محدودیت امنیتی و ملاحظات پایداری ولتاژ (SCOPF-VS) ۴۲
۲-۶-۴- برنامه‌ریزی توان راکتیو در حضور نیروگاه بادی ۴۲

فصل ۳- روش پیشنهادی در برنامه‌ریزی توان راکتیو ۴۹

۳-۱- تعریف مسئله ۴۹

۳-۲- فرضیات مسئله ۴۹

۳-۳- برنامه‌ریزی میان‌مدت توان راکتیو ۵۰

۳-۳-۱- تعریف مسئله ۵۰

۳-۳-۲- مدل‌سازی نیروگاه بادی ۵۰

۳-۳-۳- شرایط شبکه در هر سناریو ۵۲

۳-۳-۴- تابع هدف ۵۳

۳-۳-۵- محدودیت‌ها ۵۳

۳-۳-۶- روش حل مسئله ۵۴

۳-۳-۶-۱- الگوریتم انبوه ذرات ۵۵

۳-۳-۶-۲- الگوریتم استفاده از روشPSO ۵۶

۳-۳-۶-۳- الگوریتم حل برنامه ۵۷

۳-۴- برنامه‌ریزی توان راکتیو به صورت کوتاه‌مدت ۶۰

۳-۴-۱- تعریف مسئله ۶۰

۳-۴-۲- فرضیات مسئله ۶۰

۳-۴-۳- تابع هدف ۶۱

۳-۴-۴- محدودیت‌ها ۶۱

۳-۴-۵- الگوریتم حل مسئله ۶۳

فصل ۴- شبیه سازی عددی ۶۷

۴-۱- مقدمه ۶۷

۴-۲- شبکه آزمون ۶۷

۴-۳- مدل‌سازی توربین بادی ۶۸

۴-۴- بار شبکه ۷۱
۴-۵- حالت‌های شبکه ۷۱
۴-۶- برنامه‌ریزی بهینه میان‌مدت ۷۳
۴-۷- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت ۷۵

فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۳

۵-۱- جمع بندی ۸۳
۵-۲- نتیجه‌گیری ۸۴
۵-۳- پیشنهادات ۸۴

ضمیمه أ –اطلاعات شبکه آزمون ۸۶

فهرست مراجع ۸۷

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۹۳
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۹۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: رتبه بندی کشورها با توجه به میزان توربین‌های بادی نصب شده ۱۵

جدول ۲-۲: خلاصه مقالات انجام شده در حوزه برنامه‌ریزی توان راکتیو ۴۴

جدول ۲-۳: راهنمای اعداد جدول۲-۲ ..... ۴۷

جدول ۴-۱: تعداد سرعت‌های اتفاق افتاده و تعداد انتقال آن‌ها به دیگر سرعت‌ها ۶۹

جدول ۴-۲: دسته بندی سرعت و احتمال هر دسته ۶۹

جدول ۴-۳: ماتریس انتقال حالت توربین بادی ۷۰

جدول ۴-۴:حالت های مختف توان خروجی و احتمال هر حالت ۷۱

جدول ۴-۵:سطوح بار در شبکه ۷۱

جدول ۴-۶:حالت‌های دارای مشکل پروفیل ولتاژ ۷۲

جدول ۴-۷:نتایج برنامه‌ریزی میان‌مدت متغیرهای کنترلی ۷۴

جدول ۴-۸:نتایج برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت ۷۷

جدول ۴-۹: درصد کاهش تابع هدف در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت ۷۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: پیش بینی WWEA از میزان توربینهای بادی نصب شده ۱۶

شکل ۲-۲: منحنی توان بر حسب سرعت در توربین بادی ۱۷

شکل ۲-۳: مدل مارکوف سه حالته ۱۹

شکل ۲-۴: نمودار فضای حالت برای سیستم تک عنصری تعمیرپذیر ۲۰

شکل ۲-۵: منحنی عرضه و تقاضا با بار حساس به قیمت ۲۷

شکل ۲-۶: نحوهی کشف قیمت بازار ۲۸

شکل ۲-۷: ارتباط بین روش‌های بهینه‌سازی بر اساس محدودیت ۳۲

شکل ۲-۸:منحنی پایداری ولتاژ ۳۶

شکل ۳-۱: روندنمای برنامه‌ریزی میان‌مدت ۵۹

شکل ۳-۲:ارتباط بین برنامه‌ریزی میان‌مدت و کوتاه‌مدت ۶۰

شکل ۳-۳:روندنمای الگوریتم برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت ۶۵

شکل ۴-۱:شبکه آزمون ۳۲ شینه ۶۷

شکل ۴-۲: نمودار تغییرات سرعت در یک ماه گذشته ۶۸

شکل ۴-۳: منحنی بار ۷۵

شکل ۴-۴: منحنی تولید پیش‌بینی شده توربین بادی ۷۶

شکل ۴-۵: موقعیت تپ ترانسفورماتور واقع در شین ۱۷ ۷۹

شکل ۴-۶: موقعیت تپ ترانسفورماتور واقع در شین ۲۴ ۷۹

شکل ۴-۷: موقعیت تپ ترانسفورماتور واقع در شین ۳۲ ۸۰

شکل ۴-۸: اندازه بهینه ظرفیت خازن نصب شده در شین ۹ ۸۰

شکل ۴-۹: اندازه بهینه ظرفیت خازن نصب شده در شین ۱۳ ۸۱

شکل ۴-۱۰: اندازه بهینه ظرفیت خازن نصب شده در شین ۳۰ ۸۱

فصل اول

مقدمه

فصل ۱– مقدمه

نگرانی‌های موجود در سال‌های اخیر در ارتباط با محدود بودن انرژی فسیلی و آلودگی محیط زیست، باعث ایجاد انگیزه در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. از جمله این انرژی‌ها می‌توان به انرژی باد، انرژی خورشیدی و ... اشاره کرد. از بین این انرژی‌ها، انرژی باد به دلیل صرفه اقتصادی و توانایی ایجاد توان‌های بالا در سیستم قدرت بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. امروزه توربین‌های بادی[۱] به سرعت در حال توسعه بوده و از هزینه آن‌ها کاسته می‌شود. اگر چه استفاده از منابع بادی مزایای بسیاری دارد، اما به علت طبیعت تغییرپذیر آن‌ها، بهره‌برداری از این انرژی با مشکلاتی همراه می‌باشد. هنگامی که توربین بادی به صورت ژنراتور دو تغذیه‌ای در نظر گرفته می‌شود، می‌تواند به سیستم توان راکتیو بدهد. کنترل توان راکتیو و ولتاژ از مسائل مهم و پیچیده در سیستم‌های قدرت می‌باشد. با کنترل توان راکتیو می‌توان پروفیل ولتاژ را بهبود بخشید و همچنین تلفات سیستم و در پی آن توان اکتیو تولیدی را کاهش داد. کنترل توان راکتیو می‌تواند به وسیله خازن‌های ثابت[۲] و قابل کلیدزنی[۳]، تپ ترانسفورماتورها[۴] و ولتاژ شین‌های کنترل ولتاژ انجام پذیرد[۱].

برنامه‌ریزی توان راکتیو می‌تواند به صورت برنامه پخش‌بار بهینه انجام شود که هدف آن یافتن بهترین ترکیب مقادیر از متغیرهای کنترلی با هدف کمینه‌سازی تلفات سیستم است. بدیهی است که این مسئله به دلیل طبیعت سیستم قدرت، یک مسأله بهینه‌سازی پیچیده و غیرخطی خواهد بود.

---

[1] Wind turbines

[2] Fixed capacitors

[3] Switchable capacitors

[4] Tap changer

۱-۱- طرح موضوع تحقیق

به دلیل عدم قطعیت[1] باد، توان خروجی توربین‌های بادی را دقیق نمی‌توان پیش‌بینی کرد. وجود توربین بادی در ساعتی که توان خروجی آن زیاد است، می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش تلفات سیستم داشته باشد، زیرا می‌تواند به عنوان یک منبع تولید پراکنده عمل نماید. به همین دلیل خازن‌گذاری در شبکه‌ای که دارای توربین‌های بادی است متفاوت با شبکه‌های دیگر است. در این شبکه‌ها باید عدم قطعیت باد را در نظر گرفت.

در یک شبکه الکتریکی خازن‌گذاری تأثیر زیادی بر روی تلفات شبکه و بهبود پروفیل ولتاژ دارد. همچنین در شبکه‌ای که در محیط رقابتی برنامه‌ریزی می‌شود حضور خازن می‌تواند تأثیر زیادی در شرایط اقتصادی بازار رقابتی داشته باشد. با توجه به مجموعه موارد فوق در این پژوهش، تلاش شده است مساله خازن‌گذاری در شبکه توزیعی که در محیط رقابتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، مورد بررسی قرار گیرد. در این شبکه فرض شده است مساله خازن‌گذاری در حضور نیروگاه‌های تولید پراکنده[2] و بادی به صورت میان‌مدت[3]، حل می‌شود و سپس در کوتاه‌مدت[4] با توجه به اینکه شبکه توزیع با شبکه بالادستی ارتباط دارد و همچنین مصرف‌کنندگان شبکه توزیع پذیرنده قیمت بازار در شبکه بالا دست هستند، میزان ظرفیت خازن موجود در شبکه به گونه‌ای اصلاح می‌شود که بیشترین سود اقتصادی(رفاه اجتماعی) فراهم آید.

---

[1] Uncertainty

[2] Distributed generation(DG)

[3] Medium-term

[4] Short-term

۱–۲– هدف از تحقیق

هدف از این پایان‌نامه بررسی تأثیر عدم قطعیت توربین‌های بادی در مسئله خازن‌گذاری در سیستم‌های قدرت و همچنین برنامه‌ریزی خازن‌های نصب شده در شبکه با هدف افزایش رفاه اجتماعی[1] در بازار انرژی است.

۱–۳– ساختار پایان‌نامه

در فصل دوم از این پایان‌نامه به بررسی مفاهیم کلی مرتبط با موضوع پرداخته می‌شود. مباحثی مانند باد و توربین‌های بادی، زنجیره مارکوف[2]، خازن‌گذاری در شبکه توزیع، رفاه اجتماعی در بازار انرژی و سپس مقالات ارائه شده در این حوزه‌ها به طور خلاصه معرفی می‌شود و سر انجام اهداف و نوآوری پایان‌نامه مطرح می‌گردد.

در فصل سوم مدل پیشنهاد شده مطرح می‌شود. ابتدا فرضیاتی که چهارچوب مدل را تعیین می‌کنند، مطرح می‌شود. سپس عوامل تعیین‌کننده‌ی تابع هدف مشخص و مدل می‌شوند. و سرانجام الگوریتم حل برنامه مطرح می‌گردد.

فصل چهارم به شبیه‌سازی عددی اختصاص یافته است. در این فصل ابتدا داده‌های ورودی به مسئله تعیین می‌شوند. پارامترهای مدل معین شده و برنامه اجرا می‌شود. نتایج اولیه مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با تغییر پارامترهای مختلف صحت مدل ارائه شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در فصل پنجم نیز نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

---

[1] Social Welfare

[2] Markov chain

فصل دوم

مرور ادبیات

فصل ۲– مرور ادبیات

۲–۱– مقدمه

هدف از نگارش این فصل مروری بر تعاریف و مفاهیم مربوط با موضوع پایان‌نامه و ارائه‌ی کلیاتی از تحقیقات انجام شده در این حوزه است.

با دقت در عنوان پایان‌نامه، سه مفهوم کلیدی در این فصل به طور مختصر مورد بحث قرار گرفته است.

نخست توربین بادی و نحوه مدل‌سازی آن به کمک زنجیره مارکوف، به طور خلاصه معرفی شده است. در بخش بعدی، مفاهیم مرتبط با بازار رقابتی انرژی به صورت مختصر مورد بحث قرار گرفته است. بخش سوم از این فصل نیز به مبحث برنامه‌ریزی توان راکتیو در شبکه توزیع اختصاص یافته است و ادبیات موضوع خازن‌گذاری به عنوان مبحث کلیدی این تحقیق، به صورت مفصل مورد بحث قرار گرفته است. سرانجام در بخش پایانی، با توجه به مرور ادبیات انجام شده، اهداف و نوآوری‌های این پایان‌نامه بیان گردیده است.

۲–۲– نیروگاه بادی و مدل‌سازی آن در مطالعات

۲–۲–۱– مقدمه

در سال‌های اخیر، محدود بودن منابع سوخت فسیلی، سیاست‌گذاری دولت‌ها در بخش انرژی، افزایش آگاهی جامعه نسبت به مضرات زیست محیطی سوخت‌های فسیلی و کاهش هزینه ساخت و بهره‌برداری از تجهیزات مربوط به منابع انرژی تجدیدپذیر[1] روند بهره‌برداری و توسعه منابع تجدیدپذیر را سرعت بخشیده است.

[1] Renewable Energy