دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک

تاثیر تولیدات پراکنده برروی پایداری ولتاژ در شبکه توزیع

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش قدرت

بوسیله:

اسماعیل محبوبی مقدم

استاد راهنما:

دکتر نیری‌پور

استاد مشاور:

دکتر آقایی

شهریور ماه ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک

تاثیر تولیدات پراکنده برروی پایداری ولتاژ در شبکه توزیع

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش قدرت

بوسیله:

اسماعیل محبوبی مقدم

استاد راهنما:

دکتر نیری‌پور

استاد مشاور:

دکتر آقایی

شهریور ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاثیر تولیدات پراکنده برروی پایداری ولتاژ در شبکه توزیع

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

توسط:

اسماعیل محبوبی مقدم

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه قدرت دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: عالی

دکتر مجید نیری‌پور ، دانشیار ، مهندسی برق-قدرت (استاد راهنما)

دکتر جمشید آقایی ، استادیار ، مهندسی برق-قدرت (استاد مشاور)

دکتر طاهر نیکنام ، دانشیار ، مهندسی برق-قدرت (داور)

دکتر محسن گیتی‌زاده حقیقی ، استادیار ، مهندسی برق-قدرت (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب اسماعیل محبوبی مقدم دانشجوی رشته مهندسی برق-قدرت مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۸۹۱۱۴۰۳۱

تأیید می نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف ، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان نامه و .... با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی و ... عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی دراین زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

اسماعیل محبوبی مقدم

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مرتبط بر نتایج پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

پدری مهربان و مادری دلسوز

بخاطر حمایت ها، تشویق ها و سخت گیری هایشان

آنان که سهمشان تنها خون دل بود، تا فرزندشان هرگز فراموش نکند که هرآنچه دارد و هرآنچه خواهد داشت پیش از خود از آن ایشان است.

تشکر و قدردانی:

اکنون که این رساله به پایان رسیده است برخود فرض می دانم که از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر نیری‌پور و جناب آقای دکتر آقایی، که در طول این دوسال همواره با پشتیبانی‌ها و راهنمایی‌هایشان حامی بنده بوده‌اند، سپاسگذاری و قدردانی نمایم.

چکیده

حضور واحدهای تولید پراکنده[1] در سراسر جهان در حال افزایش است. باتوجه به پایین بودن ثابت اینرسی این تولیدات، پایداری گذرای آن‌ها در شبکه یک از مسائل مهمی است که می‌بایست مورد ارزیابی قرار بگیرد. ازطرف دیگر بحث پایداری ولتاژ شبکه‌ی توزیع با حضور این تولیدات نیز همواره مورد توجه بوده است. در این پایان نامه، یک مسئله‌ی بهینه سازی چند هدفه برمنبای روش پرتو، برای مکان‌یابی و مقداردهی[2] چند میکروتوربین[3] در شبکه‌ی توزیع ارائه گردیده است. توابع هدف این مسئله بهبود شاخص‌های مربوط به پایداری گذرا ، تلفات توان و پروفیل ولتاژ در شبکه می‌باشند. برای محاسبه‌ی شاخص پایداری گذرا، نرخ احتمال وقوع خطا[4] در نقاط مختلف شبکه در نظر گرفته شده است. همچنین مدل‌سازی بار در هردوحالت توان ثابت و وابسته به ولتاژ انجام می‌شود. به منظور بدست آوردن راه حل‌های بهینه پرتو مسئله‌ی بهینه سازی، از یک الگوریتم تکاملی جدید با ترکیب الگوریتم‌های بهینه سازی توده ذرات (PSO)[5] و جهش قورباغه (SFL)[6] استفاده شده است. در ادامه ارزیابی و تحلیل پایداری ولتاژ با رسم منحنی‌های PV در سناریوهای گوناگون برای نتایج بدست آمده از مسئله‌ی بهینه سازی، انجام شده است. برای پیاده سازی مسئله، از شبکه‌ی توزیع شعاعی **۳۳**باسه استفاده گردیده و به منظور بدست آوردن پاسخ‌های دقیق تمای شبیه سازی ها در نرم افزار پیشرفته سیستم‌های قدرت DIgSILENT® PowerFactory انجام می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تولیدات پراکنده، بهینه سازی توده ذرات، الگوریتم جهش قورباغه، پایداری گذرا، پایداری ولتاژ.

[1] Distributed generation

[2] Placement and Sizing

[3] Micro-turbine

[4] The rates of fault occurrence

[5] Particle Swarm Optimization

[6] Shuffled Frog-Leaping

فهرست مطالب

۱.فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- ضرورت احتیاج به تحقیق ۲

۱-۲- هدف تحقیق و اهمیت آن ۳

۱-۳- بخش‌های پایان نامه ۴

۲.فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- مروری بر ادبیات موضوع ۶

۳.فصل سوم: مفاهیم پایداری‌های ولتاژ و گذرا ۱۰

۳-۱- مقدمه ۱۱

۳-۲- مفهوم پایداری ولتاژ [۲۶] ۱۱

۳-۳- مفهوم پایداری گذرا [۲۶] ۱۵

۳-۳-۱- ارزیابی به‌هنگام پایداری گذرا ۱۷

٤.فصل چهارم: تولیدات پراکنده ۱۹

۴-۱- مقدمه ۲۰

۴-۲- تعریف تولیدات پراکنده ۲۰

۴-۳- مزایا و معایب استفاده از تولیدات پراکنده ۲۱

۴-۴- فن‌آوری‌های تولیدات پراکنده ۲۲

۴-۵- تولیدات پراکنده مبتنی بر ادوات الکترونیک قدرت ۲۴

۴-۵-۱- میکروتوربین (MT) ۲۴

۴-۵-۲- سلول‌های سوختی (FC) ۲۷

۴-۵-۳- فتوولتائیک (PV) ۲۹

۴-۵-۴- نیروگاه‌های بادی ۳۰

۴-۶- احتیاجات اتصال تولیدات پراکنده به شبکه ۳۱

۴-۶-۱- احتیاجات، تحت شرایط بهره برداری ایستا ۳۲

۴-۶-۲- احتیاجات، تحت شرایط وقوع خطا ۳۳

۴-۷- مکان‌یابی تولیدات پراکنده ۳۶

۵.فصل پنجم: تشریح مساله‌ی مکان‌یابی تولیدات پراکنده ۳۸

۵-۱- مقدمه ۳۹
۵-۲- نحوه‌ی فرمول‌بندی مسئله ۳۹
۵-۲-۱- توابع هدف ۳۹
۵-۲-۲- محدودیت‌ها ۴۱
۵-۲-۳- مدل‌سازی بار ۴۲
۵-۳- روش حل مسئله چندهدفه ۴۲
۵-۳-۱- بیان ریاضی مسئله چند هدفه براساس منطق فازی ۴۲
۵-۳-۲- الگوریتم ترکیبی ارائه شده ۴۴
۵-۳-۳- کاربرد الگوریتم ارائه شده برروی مسئله‌ی مکان‌یابی تولیدات پراکنده ۴۵

٦.فصل ششم: نتایج شبیه سازی مسئله‌ی مکان‌یابی تولیدات پراکنده ٤٩

۶-۱- شبکه مورد آزمایش ۵۰
۶-۲- ارزیابی الگوریتم ارائه شده ۵۲
۶-۳- پیاده سازی مسئله‌ی چند هدفه‌ی ارائه شده ۵۳

۷.فصل هفتم: ارزیابی پایداری ولتاژ شبکه ٦٠

۷-۱- مقدمه ۶۱
۷-۲- تاثیر حضور تولیدات پراکنده بر پایداری ولتاژ ۶۲
۷-۳- تاثیر مدلسازی بار برروی پایداری ولتاژ ۶۷

۸.فصل هشتم: جمع‌بندی و پیشنهادها ۷۲

۸-۱- نتیجه‌گیری کلی ۷۳
۸-۲- راهکارهای پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده ۷۴

پیوست ۷۵

مراجع ۸۳

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱: سیستم دوباسه به منظور درک مسئله پایداری ولتاژ ۱۲

شکل ۳-۲: منحنی توان، ولتاژ و جریان دریافتی برحسب امپدانس خط به امپدانس بار ۱۲

شکل ۳-۳ : منحنی ولتاژ-توان برای سیستم نمونه به ازاء ضریب توان ۰/۹۵ پس‌فاز ۱۳

شکل ۳-۴ : منحنی‌های ولتاژ-توان به ازاء ضریب توان‌های مختلف ۱۴

شکل ۳-۵ : منحنی توان راکتیو برحسب ولتاژ به ازاء توان حقیقی مشخص ۱۵

شکل ۴-۱ : انواع فن‌آوری‌های تولیدات پراکنده..... ۲۳

شکل ۴-۲ : نمایی ساده از قسمت‌های مختلف میکروتوربین تک محوره..... ۲۶

شکل ۴-۳ : نمایی ساده از قسمت‌های مختلف سلول‌های سوختی..... ۲۸

شکل ۴-۴ : نمایی ساده از قسمت‌های مختلف یک فتوولتائیک..... ۳۰

شکل ۴-۵ : نمایی ساده از قسمت‌های مختلف یک توربین بادی با مولدالقایی دوسوتغذیه..... ۳۱

شکل ۴-۶ : مشخصه ی تنظیم توان اکتیو با تغییرات فرکانس..... ۳۳

شکل ۴-۷ : مشخصه‌ی عبور از خطا برای اتصال تولیدات پراکنده به شبکه‌ی فشار قوی..... ۳۵

شکل ۴-۸ : مشخصه‌ی عبور از خطا برای اتصال تولیدات پراکنده به شبکه‌ی فشار متوسط..... ۳۵

شکل ۴-۹ : شرایط تزریق توان راکتیو برای اتصال تولیدات پراکنده به شبکه..... ۳۶

شکل ۵-۱ : فلوچارت الگوریتم ارائه شده برای حل مسئله‌ی مکان‌یابی و مقداردهی تولیدات پراکنده..... ۴۸

شکل ۶-۱ : دیاگرام تک خطی شبکه‌ی توزیع ۳۳باسه..... ۵۰

شکل ۶-۲ : نقاط پرتو بدست آمده از بهینه‌سازی همزمان توابع OF_1 و OF_3 برای سناریو اول..... ۵۵

شکل ۶-۳ : نقاط پرتو بدست آمده از بهینه‌سازی همزمان توابع OF_1 و OF_3 برای سناریو دوم..... ۵۶

شکل ۶-۴ : نمایش سه بعدی مجموعه نقاط پرتو از بهینه سازی همزمان هر سه تابع هدف برای سناریو اول..... ۵۷

شکل ۶-۵ : نمایش سه بعدی مجموعه نقاط پرتو از بهینه سازی همزمان هر سه تابع هدف برای سناریو دوم..... ۵۷

شکل ۶-۶ : نماهای دو بعدی شکل‌های ۶-۴ و ۶-۵ (نماهای XY، XZ و YZ)..... ۵۸

شکل ۷-۱ : نواحی مربوط به هریک از باس‌های ۱۰، ۱۸، ۲۲، ۲۵، ۲۸ و ۳۳ برای افزودن بار..... ۶۳

شکل ۷-۲ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۱۰ در چهار حالت ذکر شده..... ۶۴

شکل ۷-۳ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۱۸ در چهار حالت ذکر شده..... ۶۴
شکل ۷-۴ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۲۲ در چهار حالت ذکر شده..... ۶۵
شکل ۷-۵ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۲۵ در چهار حالت ذکر شده..... ۶۵
شکل ۷-۶ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۲۸ در چهار حالت ذکر شده..... ۶۶
شکل ۷-۷ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۳۳ در چهار حالت ذکر شده..... ۶۶
شکل ۷-۸ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۱۰ برای بررسی تاثیر مدل‌سازی بار..... ۶۸
شکل ۷-۹ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۱۸ برای بررسی تاثیر مدل‌سازی بار..... ۶۹
شکل ۷-۱۰ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۲۲ برای بررسی تاثیر مدل‌سازی بار..... ۶۹
شکل ۷-۱۱ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۲۵ برای بررسی تاثیر مدل‌سازی بار..... ۷۰
شکل ۷-۱۲ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۲۸ برای بررسی تاثیر مدل‌سازی بار..... ۷۰
شکل ۷-۱۳ : منحنی PV رسم شده برای باس شماره ۳۳ برای بررسی تاثیر مدل‌سازی بار..... ۷۱
شکل الف-۱: دیاگرام شبکه ۳۳ باسه پیاده‌سازی شده در محیط نرم افزار DIgSILENT ۷۷
شکل الف-۲: دیاگرام ماتریسی برای اتصال تولیدات پراکنده به شبکه‌ی شعاعی ۷۸
شکل الف-۳: DPL Commandهای ساخته شده برای پیاده‌سازی مساله‌ی بهینه‌سازی ۷۹
شکل الف-۴: صفحه‌ی اسکریپت زیربرنامه Vreg ۸۰
شکل الف-۵: زاویه روتور پنج میکروتوربین در حالت عدم رخداد پدیده‌ی لغزش قطب (وضعیت پایدار)..... ۸۱
شکل الف-۶: زاویه روتور پنج میکروتوربین در حالت رخداد پدیده‌ی لغزش قطب (وضعیت ناپایدار)..... ۸۱
شکل الف-۷: صفحه‌ی اسکریپت زیربرنامه Fuzzy_loss..... ۸۲

فهرست جدول‌ها

جدول ۶-۱ : نرخ‌های احتمال وقوع خطا در باس‌های گوناگون شبکه..... ۵۱
جدول ۶-۲ : پارامترهای تنظیمی الگوریتم‌ها..... ۵۲
جدول ۶-۳ : مقایسه‌ی نتایج الگوریتم‌ها در ۱۰ تلاش (بهینه سازی تلفات توان)..... ۵۳
جدول ۶-۴ : نوع بار فیدرها به همراه ضرایب نمایی مربوطه..... ۵۴
جدول ۶-۵ : نتایج انتخاب راه حل ارجح‌تر برای هردو سناریو..... ۵۹
جدول ۷-۱ : نتایج بهینه‌سازی تک هدفه OF_1 و OF_2 (در حالت مدل‌سازی بار توان ثابت)..... ۶۲

فصل اول: مقدمه

۱-۱-ضرورت احتیاج به تحقیق

سیستم‌های توزیع برای اجرای ساده‌تر در شبکه معمولا بصورت شعاعی هستند. سیستم توزیع شعاعی از یک نقطه تغذیه شده (باس توزیع) و این باس توزیع، توان را از ژنراتورهای متمرکز از طریق سیستم انتقال دریافت می‌کند. مصرف‌کنندگان نیز این توان را از باس توزیع از طریق شبکه توزیع شعاعی که یک شبکه پسیو است دریافت می‌نمایند. بنابراین شارش توان در این شبکه یکطرفه است. نسبت بالای R به X در این خطوط منجر به افت ولتاژ[1] ، پایداری ولتاژ پایین و تلفات بالای توان می‌شود. تحت شرایط بارگذاری بحرانی در یک ناحیه بخصوص، این شبکه‌ی توزیع شعاعی به علت پایین بودن شاخص پایداری ولتاژ در بیشتر نقاط آن، دچار فروپاشی یا کاهش شدید ولتاژ می‌شود.

تاکنون، راه حل‌های متعددی برای بهبود این مسئله با افزودن واحدهای کوچک تولید توان الکتریکی به شبکه‌ی توزیع و تامین توان توسط آن‌ها پیشنهاد شده است. چنین واحدهایی را تولیدات پراکنده (DG) می‌نامند [۱].

تولیدات پراکنده نقش مهم و حیاتی در سیستم‌های قدرت درحال ظهور بازی می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد که تولیدات پراکنده درصد قابل توجهی از تولیدات نصب شده جدید را تشکیل می‌دهند [۲]. افزایش ضریب نفوذ این تولیدات در شبکه‌ی توزیع منجر به تاثیرات بسزایی برروی انتشار توان، پروفیل ولتاژ، تلفات، پایداری، سطح اتصال کوتاه و کیفیت توان تولیدی خواهد داشت. این اثرات بستگی به عوامل مختلفی از قبیل محل نصب، ظرفیت و فن‌آوری این تولیدات دارند. لذا، مکان‌یابی و مقداردهی این تولیدات در جهت کمینه و یا بیشینه کردن توابع هدفی خاص همواره مورد توجه بوده است. در برخی از موارد این توابع رفتار متناقضی با یکدیگر دارند که اپراتور شبکه را مجبور به سبک و سنگین کردن آن‌ها می‌کند. در این شرایط استفاده از راهکار بهینه سازی چند هدفه روشی مناسب برای تصمیم گیری می‌باشد.

در میان مسائل مختلف مربوط به بهره‌برداری شبکه، بحث پایداری گذرای این تولیدات در شبکه‌ی توزیع یکی از موارد مهمی است که باید مورد بررسی قرار گیرد. یکی از شاخص‌هایی که معمولا برای

[1] Voltage drop

ارزیابی پایداری گذرا مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص زمان بحرانی رفع خطا (CCT)[1] است. این شاخص به مفهوم حداکثر زمان بین اعمال خطا تا رفع آن بطوریکه سیستم قدرت همچنان پایدار بماند، می‌باشد [۳]. محل نصب تولیدات پراکنده و همچنین میزان توان تزریقی آنها به شبکه، به دلایل زیر می‌تواند برروی پایداری گذرا و همچنین شاخص CCT این تولیدات تاثیر داشته باشد.

- تغییر امپدانس اتصال کوتاه با قرار دادن تولیدات پراکنده در باس‌های مختلف شبکه
- تقابل میان تولیدات پراکنده با قرار گرفتن آنها در باس‌های مختلف شبکه
- نرخ متفاوت احتمال وقوع خطا در باس‌های مختلف شبکه
- تفاوت مدل‌سازی بارها در باس‌های شبکه
- تاثیر توان خروجی تولیدات پراکنده بر گشتاور شتاب دهنده در حین وقوع خطا

لذا در این پایان نامه، بحث بهبود پایداری گذرای تولیدات پراکنده نیز در غالب یک تابع هدف جدید، در کنار بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ، به مسئله‌ی بهینه سازی چند هدفه اضافه گردیده است.

۱-۲-هدف تحقیق و اهمیت آن

با توجه به مباحث یاد شده اهداف و نوع آوری‌های انجام گرفته در این پایان نامه را می‌توان به صورت زیر لیست نمود:

- یک مسئله‌ی بهینه سازی چند هدفه برای مکان‌یابی و مقداردهی چند میکروتوربین به عنوان تولیدات پراکنده در یک شبکه‌ی توزیع اجرا شده است. اهداف این مسئله عبارتند از کمینه کردن تلفات توان، بهبود پروفیل ولتاژ و بهبود شاخص CCT تولیدات در شبکه. برای محاسبه‌ی تابع هدف مربوط به CCT، نرخ احتمال وقوع خطا در باس‌های گوناگون شبکه در نظر گرفته شده است. همچنین تاثیر نحوه‌ی مدل‌سازی بار، در دو حالت توان ثابت و مدل‌های متفاوت وابسته به ولتاژ، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

[1] Critical clearing time

- به منظور حل مسئله‌ی بهینه سازی، یک الگوریتم ترکیبی که از مزایای دو الگوریتم بهینه سازی توده ذرات (PSO) و جهش قورباغه (SFL) استفاده می‌کند، ارائه گردیده است. برای رویکرد چند هدفه، از روش پرتو[1] استفاده شده است و در نهایت یک ابزار تصمیم‌گیر فازی[2]، ارجح‌ترین راه حل[3] را در میان راه حل‌های پرتو بدست آمده انتخاب خواهد نمود.

- به منظور مدل‌سازی دقیق دینامیکی شبکه و بدست آوردن مقادیر دقیق CCT، تمامی شبیه‌سازی‌ها در نرم‌افزار پیشرفته سیستم‌های قدرت DIgSILENT® Power Factory انجام شده و برای پیاده سازی الگوریتم ارائه شده از زبان برنامه نویسی DPL [4] استفاده شده است.

- در انتها ارزیابی و تحلیل پایداری ولتاژ شبکه برای نتایج بدست آمده، با رسم منحنی‌های PV در سناریوهای مختلف انجام پذیرفته است.

۱-۳-بخش‌های پایان نامه

بعد از این فصل که در آن مقدمه‌ای بر کلیات موضوع، دلایل تحقیق و نوآوری‌های صورت گرفته در این پایان نامه ارائه گردید، در فصل دوم مفاهیم پایداری ولتاژ و گذرا در یک سیستم قدرت بصورت کلی تشریح می‌گردد. سپس در فصل سوم مروری بر پیشینه موضوع و برخی از کارهایی که تاکنون در این زمینه انجام پذیرفته آورده می‌شود. در فصل چهارم نگاهی به مهم‌ترین ویژگی‌ها و مسائل مرتبط با تولیدات پراکنده خواهیم داشت. بیان ریاضی مسئله، شامل نحوه‌ی فرمول‌بندی و روش حل آن در فصل پنجم تشریح می‌گردد. در فصول ششم و هفتم، به‌ترتیب، نتایج بهینه سازی‌های انجام شده و ارزیابی پایداری ولتاژ آورده می‌شود. نتیجه گیری کلی تحقیق و پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده نیز در فصل هشتم بیان خواهد شد.

[1] The Pareto method
[2] Fuzzy decision making tool
[3] The most preferred Pareto optimal solution
[4] DIgSILENT Programming Language

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱-مقدمه

در این فصل برخی از مقالات و کارهایی که پیرامون موضوعات مطرح شده در این پایان نامه انجام شده معرفی می‌گردند. موضوعات اصلی که مقالات مرتبط با آن ارائه گردیده، شامل بحث مکان‌یابی و مقداردهی بهینه تولیدات پراکنده با روش‌ها و اهداف متنوع، ارزیابی پایداری ولتاژ و همچنین ارزیابی پایداری گذرای این تولیدات در شبکه‌ی توزیع می‌باشند.

۲-۲-مروری بر ادبیات موضوع

در مرجع [۴] ایده‌ی استفاده از تولیدات پراکنده در برنامه ریزی برای تجدید ساختار سیستم‌های توزیع سنتی مطرح و امکان سنجی گردیده است. همچنین نشان داده شده که چگونه می‌توان این مسئله را به‌صورت مناسب فرمول بندی نمود. در مرجع [۵] روشی برای برنامه‌ریزی تولید ترکیبی در سیستم توزیع ارائه گردیده است، اما استفاده از تولیدات پراکنده درنظر گرفته نشده است. در بسیاری از مقالات دیگر طرفداران و مخالفان نصب این تولیدات جنبه‌های فنی این مسئله را ارزیابی نموده و نظرات خود را ارائه کرده‌اند [۶, ۷].

مکان‌یابی تولیدات پراکنده در شبکه‌ی توزیع با اهداف و روش‌های متنوع به طور مستمر مورد مطالعه قرار گرفته است. در مراجع [۸, ۹] ، تنها مکان‌یابی بهینه تولیدات پراکنده در سیستم توزیع انجام پذیرفته است. فاکتورهای متعددی شامل راندمان کلی سیستم، قابلیت اطمینان سیستم، تغییرات بار، پروفیل ولتاژ و تلفات سیستم در این مطالعات مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مکان‌یابی و مقداردهی بهینه تولیدات پراکنده بطور همزمان در مقالات [۱, ۱۰-۱۶] انجام شده است. محل و اندازه‌ی بهینه‌ی یک واحد تولید پراکنده به منظور کمینه کردن تلفات شبکه، تحت یک مسئله‌ی تک هدفه، در مرجع [۱۰] تعیین گردیده است. نویسندگان مقاله‌ی [۱۱] به منظور برنامه‌ریزی بهینه توزیع، یک مدل بهینه‌سازی جامع و تجربیات بهره‌بردار را در سناریوهای گوناگون ادغام نموده‌اند. هدف از این مدل،