بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه برق و الکترونیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق گرایش قدرت

برنامه ریزی توسعه شبکه توزیع در حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظر گرفتن نامعینی بار و هزینه خرید انرژی

استاد راهنما:
دکتر رحمت الله هوشمند

پژوهشگر:
نبی طاهری

اردیبهشت ۱۳۹۲

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق و الکترونیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق گرایش سیستمهای قدرت

آقای نبی طاهری

تحت عنوان

برنامه‌ریزی توسعه شبکه توزیع در حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظر گرفتن نامعینی بار و هزینه خرید انرژی

در تاریخ ۱۳۹۲/۲/۲۸ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر رحمت اله هوشمند	با مرتبه علمی استاد	امضا
۲- استاد داور داخل گروه	دکتر اسکندر قلی‌پور	با مرتبه علمی استادیار	امضا
۳- استاد داور خارج از گروه	دکتر غلامرضا یوسفی	با مرتبه علمی استادیار	امضا

امضای مدیر گروه

چکیده

برنامه‌ریزی برای گسترش سیستم توزیع، یکی از مهمترین ابزار لازم در پاسخ به رشد تقاضا در سیستم قدرت است. طراحی گسترش سیستم توزیع در واقع برنامه‌ریزی برای نصب یا تقویت تجهیزات، به منظور تغذیه‌ی بار پیش‌بینی شده، با رعایت تمامی قیود و کمترین هزینه ممکن است. امروزه که سازمانها و بنگاههای اقتصادی با انگیزه بقا و پایداری در دنیای حرفه‌ای خویش سعی در کمینه کردن هزینه‌ها و بیشینه کردن کیفیت و سودآوری دارند، تکنیکها و روشهای جدیدی پیشنهاد می‌شوند که اهداف مطرح شده را پوشش دهند. نصب واحدهای تولید پراکنده[1] (DG) یکی از این پیشنهادات بوده، که جایگاه ویژه‌ای در طراحی سیستمهای توزیع پیدا کرده است. افزودن این واحدها باعث تغییر در روشهای طراحی سیستم توزیع می‌شود و لازم است مدلهای جدید در طراحی گسترش سیستم توزیع اعمال شود.

در این پژوهش روش برنامه‌ریزی توسعه شبکه توزیع در حضور واحدهای تولید پراکنده و در نظرگیری بارهای پیش بینی شده سیستم و هزینه خرید انرژی به صورت نامعین و در محیط بازار برق ارائه شده است. روش برنامه‌ریزی پیشنهادی با هدف مینیمم نمودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری سیستم صورت می‌پذیرد. از آنجاییکه برنامه ریزی هماهنگ توسعه خطوط و برنامه‌ریزی واحدهای تولید پراکنده منجر به کاهش هزینه‌های طراحی می‌گردد؛ در این پژوهش برنامه‌ریزی توسعه خطوط توزیع و واحدهای تولید پراکنده به صورت هماهنگ انجام می‌شود. بدین منظور ابتدا برنامه‌ای ارائه می‌شود که توانایی گسترش سیستم توزیع را دارا باشد. جهت حصول اطمینان از صحت این برنامه، یک سیستم 5 باسه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل با نتایج مقاله مرجع می‌شود. سپس برنامه موجود ارتقا یافته و حضور واحدهای تولید پراکنده در آن لحاظ می‌شود. در این طراحی تأثیر حضور واحدهای تولید پراکنده در هزینه‌های اجرایی و بهره‌برداری سیستم و نیز مسایل فنی بررسی می‌گردد. در الگوریتم پیشنهادی جهت وارد نمودن اثر نامعینی بار و هزینه خرید انرژی از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شده است که طی آن از توابع احتمالاتی[2](pdf) ارائه شده برای بار پیش‌بینی شده نقاط و هزینه خرید انرژی تا همگرایی آن نمونه برداری می‌شود. در این پژوهش برای حل مسئله بهینه سازی از الگوریتم ژنتیک (GA) استفاده شده است. شبکه نمونه 9 باسه و شبکه 72 باسه منطقه کیانپارس اهواز به عنوان شبکه های تست برای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج شبیه‌سازی بر روی این دو شبکه نشان دهنده توانایی روش پیشنهادی در برنامه‌ریزی برای توسعه شبکه توزیع می‌باشند.

کلمات کلیدی: تولید پراکنده، نامعینی بار، شبکه توزیع، توسعه شبکه توزیع

[1]-Distributed generation
[2]-Probability density functions

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- اهداف پایان نامه ۳

۱-۳- ساختار پایان نامه ۳

فصل دوم : معرفی سیستم‌های تولید پراکنده (DG)

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- تعریف تولید پراکنده ۶

۲-۳- اهداف استفاده از تولیدات پراکنده ۷

۲-۴- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده ۷

۲-۵- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده در ایران ۸

۲-۶- مزایای استفاده از تولید پراکنده ۹

۲-۶-۱- مزایای اقتصادی DG از دید مشترکین ۹

۲-۶-۲- مزایای اقتصادی DG از دید شرکت توزیع الکتریکی ۱۰

۲-۷- معایب استفاده از تولیدات پراکنده ۱۱

۲-۸- موانع و مشکلات توسعه منابع تولید پراکنده در دنیا ۱۱

۲-۸-۱- راهکارایی جهت کاهش موانع ۱۱

۲-۹- اثرات زیست محیطی استفاده از منابع تولید پراکنده ۱۲

۲-۱۰- نحوه مدل کردن واحدهای تولید پراکنده در سیستم توزیع ۱۳

فصل سوم: مروری بر اصول طراحی سیستمهای توزیع

۳-۱- مقدمه ۱۴

۳-۲- اصول طراحی سیستمهای توزیع ۱۵

۳-۲-۱- ساختار شبکه توزیع ۱۵

۳-۲-۲- مفاهیم طراحی ۱۵

۳-۲-۳- مبانی طراحی شبکه توزیع ۱۷

۳-۲-۴- میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری ۱۷

۳-۲-۵-روشهای محاسبه افت ولتاژ در شبکه توزیع ۱۸

۳-۲-۶- مدلسازی مساله پخش بار ۲۱

عنوان **صفحه**

۳-۲-۷- طراحی و برنامه ریزی گسترش سیستم توزیع ۲۳
۳-۲-۷-۱- رویکرد مانا ۲۳
۳-۲-۷-۲- رویکرد چند مرحله‌ای ۲۴
۳-۳- طراحی و برنامه‌ریزی سیستم توزیع معمولی با حضور واحدهای تولید پراکنده در بازار رقابتی ۲۵
۳-۳-۱- توصیف ریاضی مساله گسترش سیستم توزیع ۲۷
۳-۳-۲- انواع توابع هدف ۲۷
۳-۳-۲-۱- حداقل کردن هزینه ۲۷
۳-۳-۲-۲- تغذیه بار پیک ۲۸
۳-۳-۲-۳- امنیت تغذیه. ۳۰
۳-۳-۳- قیود ۳۴
۳-۳-۳-۱- قیود سخت ۳۴
۳-۳-۳-۲- قیود نرم ۳۵
۳-۴- مقایسه و تحلیل عملکرد الگوریتمهای نوین بهینه‌سازی در طراحی شبکه‌های توزیع الکتریکی.. .... ۳۸
۳-۴-۱- الگوریتمهای نوین بهینه‌سازی برای طراحی شبکه‌های توزیع ۳۹
۳-۴-۱-۱- روشهای کشف کننده ۳۹
۳-۴-۱-۱-۱- تبادل شاخه‌ای ۳۹
۳-۴-۱-۱-۲- (SA) Simulated Annealing ۴۰
۳-۴-۱-۱-۳- جستجوی ممنوع ۴۱
۳-۴-۱-۲- الگوریتم (ACS) Ant Colony System ۴۲
۳-۴-۱-۳- الگوریتم‌های تکاملی ۴۳
۳-۵- جمع‌بندی ۴۴

فصل چهارم : ارائه الگوریتم پیشنهادی

۴-۱- مقدمه ۴۶
۴-۲- پخش بار پیشنهادی سیستم توزیع ۴۷
۴-۲-۱- مدلسازی مساله پخش بار بدون حضور واحدهای DG ۴۷
۴-۲-۲- وارد کردن واحدهای DG در محاسبات پخش بار سیستم توزیع ۵۰
۴-۳- فرمولبندی مساله بهینه سازی ۵۱
۴-۴- برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع با درنظرگیری بار و هزینه خرید انرژی به صورت معین ۵۳

عنوان **صفحه**

۵-۴- برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع با درنظرگیری بار و هزینه خرید انرژی به صورت نامعین ۵۴

فصل پنجم : شبیه‌سازی

۵-۱- مقدمه ۵۷

۵-۲- سیستم تست ۳۰ باسه ۵۸

۵-۳- سیستم تست ۵ باسه ۶۰

۵-۴- سیستم تست ۹ باسه ۶۱

۵-۴-۱- حالت اول (توسعه همزمان شبکه توزیع و DG با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت معین) ۶۳

۵-۴-۲- حالت دوم (توسعه همزمان شبکه توزیع و DG با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت نامعین) ۶۶

۵-۴-۳- بررسی طرحهای ارائه شده در الگوریتم پیشنهادی و مقاله مرجع ۷۰

۵-۵- سیستم توزیع منطقه کیانپارس اهواز ۷۳

۵-۵-۱- حالت اول (توسعه همزمان شبکه توزیع و DG با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت معین) ۷۴

۵-۵-۲- حالت دوم (توسعه همزمان شبکه توزیع و DG با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت نامعین) ۷۹

۵-۵-۳- مقایسه نتایج بین دو حالت در نظرگیری بار پیش‌بینی شده و هزینه خرید انرژی به صورت معین و نامعین ۸۵

فصل ششم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات ادامه کار

۶-۱- مقدمه.. ..... ۸۶

۶-۲- جمع‌بندی ۸۷

۶-۳- پیشنهادات ادامه کار ۸۸

مراجع ۸۹

ضمیمه ۹۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (3-1) : شمای کلی یک سیستم قدرت 14

شکل (3-2) : دیاگرام برداری ولتاژها و جریانها 18

شکل (3-3) : شبکه شعاعی توزیع 19

شکل (3-4) : منحنی بار شبکه 29

شکل (3-5) : یک سیستم با حضور DG 31

شکل (3-6) : تابع عضویت قید رضایتبخشی ولتاژ 35

شکل (3-7) : طبقه‌بندی الگوریتم‌های نوین بهینه‌سازی برای طراحی شبکه‌های توزیع 39

شکل (3-8) : مقایسه سرعت روشهای جستجوی ممنوع، Simulated Annealing و الگوریتم ژنتیک 44

شکل (4-1) : فلوچارت برنامه پخش بار پیشنهادی سیستم توزیع بدون حضور واحدهای تولید پراکنده ...49

شکل (4-2) : فلوچارت الگوریتم بهینه‌سازی جهت برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع با در نظر گیری بار و هزینه خرید انرژی به صورت معین 54

شکل (4-3) : یک نمونه احتمالاتی pdf، با میانگین 0 و انحراف معیار 10 درصد 55

شکل (4-4) : فلوچارت الگوریتم بهینه‌سازی جهت برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع با در نظر گیری بار و هزینه خرید انرژی به صورت نامعین 56

شکل (5-1) : دیاگرام تک خطی سیستم 30 باسه تحت مطالعه 58

شکل (5-2) : طرح اولیه سیستم 5 باسه مورد مطالعه 60

شکل (5-3) : طرح بهینه گسترش سیستم 5 باسه مورد مطالعه 60

شکل (5-4) : روند بهینه سازی الگوریتم ژنتیک 61

شکل (5-5) : طرح اولیه سیستم 9 باسه مورد مطالعه به همراه خطوط و نقاط کاندید 62

شکل (5-6) : طرح اولیه سیستم 9 باسه مورد مطالعه 63

شکل (5-7): طرح پیشنهادی برای پله اول طراحی سیستم 9 باسه مورد مطالعه بدون حضور واحدهای پراکنده 63

شکل (5-8) : ولتاژ باسهای سیستم در دوحالت حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله اول .. 64

شکل (5-9) : طرح پیشنهادی برای پله دوم طراحی سیستم 9 باسه مورد مطالعه بدون حضور واحدهای تولید پراکنده 64

شکل (5-10) : ولتاژ باسهای سیستم در دوحالت حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله دوم65

شکل (5-11) : هزینه سالانه بهره‌برداری از سیستم و تلفات سیستم 66

عنوان **صفحه**

شکل (5-12) : هزینه خرید انرژی در بار میانگین 67
شکل (5-13) : طرح پیشنهادی برای پله اول طراحی سیستم 9 باسه مورد مطالعه با در نظر گرفتن هزینه خرید انرژی و بار بصورت نامعین 67
شکل (5-14) : میانگن ولتاژ باسها در پله اول، در دو حالت حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظرگیری هزینه خرید انرژی و بار پیش‌بینی شده به صورت نامعین 68
شکل (5-15) : ولتاژ باس (4) در پله اول طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 68
شکل (5-16) : طرح پیشنهادی برای پله دوم طراحی سیستم 9باسه مورد مطالعه با در نظر گرفتن هزینه خرید انرژی و بار بصورت نامعین 69
شکل (5-17) : میانگن ولتاژ باسها در پله دوم، در دو حالت حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظرگیری هزینه خرید انرژی و بار پیش‌بینی شده به صورت نامعین 69
شکل (5-18) : میانگین هزینه سالانه بهره‌برداری از سیستم و تلفات سیستم 70
شکل (5-19) : طرح نهایی ارائه شده را در گام اول طراحی و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده به وسیله الگوریتم پیشنهادی (a) و مقاله مرجع (b) 74 71
شکل (5-20) : طرح نهایی ارائه شده را در گام اول طراحی و حضور واحدهای تولید پراکنده به وسیله الگوریتم پیشنهادی (a) و مقاله مرجع (b) 71
شکل (5-21) : طرح نهایی ارائه شده را در گام دوم طراحی و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده به وسیله الگوریتم پیشنهادی (a) و مقاله مرجع (b) 72
شکل (5-22) : طرح نهایی ارائه شده را در گام دوم طراحی و حضور واحدهای تولید پراکنده به وسیله الگوریتم پیشنهادی (a) و مقاله مرجع (b) 72
شکل (5-23) : شمای تک خطی شبکه توزیع 11 کیلوولت منطقه کیانپارس اهواز 73
شکل (5-24) : شمای تک خطی شبکه توزیع 11 کیلوولت منطقه کیانپارس اهواز به همراه نقاط بار و خطوط کاندید 74
شکل (5-25) : سیستم گسترش یافته در پله اول طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 75
شکل (5-26) : سیستم گسترش یافته در پله اول طراحی در حضور واحدهای تولید پراکنده 75
شکل (5-27) : سیستم گسترش یافته در پله دوم طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 76
شکل (5-28) : سیستم گسترش یافته در پله دوم طراحی در حضور واحدهای تولید پراکنده 77
شکل (5-29) : سیستم گسترش یافته در پله سوم طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 78
شکل (5-30) : سیستم گسترش یافته در پله سوم طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 78

عنوان **صفحه**

شکل (5-31) : میانگین هزینه سالانه بهره‌برداری از سیستم و تلفات سیستم 79
شکل (5-32) : سیستم گسترش یافته در پله اول طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 80
شکل (5-33) : سیستم گسترش یافته در پله اول طراحی در حضور واحدهای تولید پراکنده 80
شکل (5-34) : سیستم گسترش یافته در پله دوم طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 81
شکل (5-35) : سیستم گسترش یافته در پله دوم طراحی در حضور واحدهای تولید پراکنده 82
شکل (5-36) : سیستم گسترش یافته در پله سوم طراحی در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده 83
شکل (5-37) : سیستم گسترش یافته در پله سوم طراحی در حضور واحدهای تولید پراکنده 83
شکل (5-38) : میانگین هزینه سالانه بهره‌برداری از سیستم و تلفات سیستم 84

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول (3-1) : میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری 17
جدول (3-2) : ضرایب F-factors بر حسب درصد برای DG های غیر متناوب 31
جدول (3-3) : ضرایب F-factors بر حسب درصد برای DG های متناوب 31
جدول (3-4) : مقایسه سرعت GA مرسوم با GA اصلاح شده 44
جدول (3-5) : مقایسه ویژگی‌های الگوریتم‌های نوین بهینه‌سازی 45
جدول (5-1) : مقایسه نتایج پخش بار بوسیله روش پیشنهادی و مقالات مراجع 59
جدول (5-2) : مقایسه نتایج هزینه طرح پیشنهادی و نتایج مقاله مرجع، جهت گسترش سیستم 5 باسه مورد مطالعه 61
جدول (5-3) : ولتاژ باسها پس از طراحی گسترش سیستم 5 باسه مورد مطالعه 61
جدول (5-4) : بارگذاری و هزینه خرید انرژی استفاده شده در این مقاله 62
جدول (5-5) : ولتاژ باسها پس از برنامه گسترش سیستم در پله اول 64
جدول (5-6) : ولتاژ باسها پس از برنامه گسترش سیستم در پله دوم 65
جدول (5-7) : اطلاعات هزینه‌های برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع مورد مطالعه با در نظر گرفتن هزینه خرید انرژی و بار پیش‌بینی شده به صورت معین 66
جدول (5-8) : اطلاعات هزینه‌های برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع مورد مطالعه با در نظر گرفتن هزینه خرید انرژی و بار پیش‌بینی شده به صورت نامعین 70
جدول (5-9) : هزینه‌های سالانه طرح‌های ارائه شده توسط الگوریتم پیشنهادی و مقاله مرجع 72
جدول (5-10) : کمترین ولتاژ شبکه در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله اول 76
جدول (5-11) : کمترین ولتاژ شبکه در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله دوم 77
جدول (5-12) : کمترین ولتاژ شبکه در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله سوم 79
جدول (5-13) : مقایسه هزینه‌های برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع در دو حالت حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت معین 79
جدول (5-14) : کمترین ولتاژ شبکه در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله اول 81
جدول (5-15) : کمترین ولتاژ شبکه در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله دوم 82
جدول (5-16) : کمترین ولتاژ شبکه در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده در پله سوم 83
جدول (5-17) : مقایسه هزینه‌های برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع در دو حالت حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت نامعین 84

عنوان **صفحه**

جدول (5-18) : مقایسه هزینه‌های برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع در حالت عدم حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت معین و نامعین 85
جدول (5-19) : مقایسه هزینه‌های برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع در حالت حضور واحدهای تولید پراکنده با در نظرگیری بار و قیمت انرژی به صورت معین و نامعین 85
جدول (الف-1) : اطلاعات فنی سیستم 30 باسه مورد مطالعه 96
جدول (الف-2) : اطلاعات فنی سیستم 5 باسه مورد مطالعه 97
جدول (الف-3) : اطلاعات بار سیستم 5 باسه مورد مطالعه 97
جدول (الف-4) : اطلاعات بار در دو افق طراحی سیستم 9 باسه مورد مطالعه 97
جدول (الف-5) : هزینه و میزان توان مورد نیاز سیستم 9 باسه مورد مطالعه 98
جدول (الف-6) : اطلاعات فنی و اقتصادی هادی‌های استفاده شده در گسترش سیستم 9 باسه مورد مطالعه 98
جدول (الف-7) : لیست هزینه‌های اجرای طرح گسترش سیستم 9 باسه مورد مطالعه 98
جدول (ب-1) : اطلاعات فنی شبکه توزیع 11 کیلو ولت منطقه کیانپارس اهواز 99
جدول (ب-2) : اطلاعات نقاط بار جدید اضافه شده به شبکه توزیع 11 کیلو ولت منطقه کیانپارس اهواز 101
جدول (ب-3) : اطلاعات خطوط کاندید جهت اتصال نقاط بار جدید اضافه شده به شبکه توزیع 11 کیلو ولت منطقه کیانپارس اهواز 101

فصل اول

مقدمه

1-1- مقدمه

شبکه‌های توزیع آخرین حلقه از سیستم برق‌رسانی هستند که توان تولیدی توسط نیروگاه‌ها و منتقل شده توسط سیستم انتقال را تحویل مشتری می‌دهند و معمولاً به صورت شعاعی طراحی می‌شوند. در دهه‌های اخیر به خاطر بالا بردن بازده بهره‌برداری و تشویق سرمایه‌گذاران، صنعت برق دستخوش تغییرات اساسی از لحاظ مدیریت و مالکیت گردیده است، به طوریکه برای ایجاد فضای رقابتی مناسب، بخش‌های مختلف آن از جمله تولید، انتقال و توزیع از هم مستقل گردیده‌اند. این تحولات از یک طرف و عواملی همچون آلودگی محیط‌زیست و مشکلات احداث خطوط انتقال جدید از طرف دیگر، باعث افزایش استفاده از واحدهای تولیدی کوچک تحت عنوان تولیدات پراکنده (DG) گردیده است. اکثر تکنولوژی‌های تولید پراکنده در جنبه های متعدد مانند عملکرد، اندازه و قابلیت توسعه ، انعطاف پذیر هستند. ضمن اینکه استفاده از تولید پراکنده باعث یک عکس‌العمل قابل انعطاف به مقداردهی قیمت برق می‌گردد.

در [1] روش انجام پخش بار در شبکه توزیع و وارد کردن واحدهای تولید پراکنده به محاسبات پخش بار آورده شده است. [2] روشهای مختلف بهینه‌سازی را مرور کرده است و مزایا و معایب این روشها را جمعبندی و ارائه نموده است. برنامه‌ریزی برای توسعه شبکه توزیع در حالت ساده و اولیه به صورت تعیین مسیر فیدرهای

جدید و نوع هادی استفاده شده در این مسیرها و نیز سایز و مکان ترانسفورمرهای توزیع صورت می‌پذیرد [3و4]. در [5و6] مروری بر روشها و ابزار توسعه شبکه توزیع انجام شده است و روشهای مختلف با یکدیگر مقایسه شده اند.[7] با یک ابزار محاسباتی پیشرفته و با بررسی مشخصه های فرکانسی شبکه در ولتاژهای مختلف در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده و نیز آنالیز این موارد در حضور این واحدها در نقاط مختلف شبکه اثر حضور آنها را ارزیابی نموده است. در [8] و [9] یک مدل مانا برای طراحی توسعه شبکه توزیع با حضور DG ارائه شده و در آن مسیر خطوط و ظرفیت آنها و نیز نصب تجهیزات حفاظتی تعیین شده است. مراجع [10و11و12] طراحی توسعه شبکه توزیع را در حضور واحدهای DG با رویکرد چند مرحله‌ای بررسی کرده است. در برخی مقالات دیگر، اهمیت حضور واحدهای DG در سیستم قدرت مورد بحث قرار گرفته است[13و14]. در [15] طراحی جهت توسعه شبکه توزیع با در نظر گرفتن واحدهای DG به منظور پیک‌زدایی استفاده شده است که در آن مجموع هزینه احداث خطوط، نصب DG و تلفات را حداقل می‌کند. همچنین در برخی مقالات اثر حضور واحدهای DG بر روی قابلیت اعتماد سیستم بررسی شده است [16،17و18]. در [19] برنامه‌ریزی توسعه شبکه توزیع در حضور انواع واحدهای تولید پراکنده صورت پذیرفته و تاثیر در نظر گرفتن نامعینی برای تولید این واحدها بررسی شده است.

در این پژوهش برنامه‌ریزی گسترش شبکه توزیع با در نظرگیری بار پیش‌بینی شده و هزینه خرید انرژی به صورت نامعین صورت می‌پذیرد. پروفیل بار سالیانه به صورت گسسته و در سه سطح کم‌باری، متوسط و پرباری در نظر گرفته می‌شود و برای هر سطح هزینه خرید انرژی متناسب با آن سطح بار در نظر گرفته می‌شود. طراحی با هدف حداقل نمودن هزینه خرید انرژی و تلفات انجام می‌شود. ابتدا طراحی به صورت سنتی و در عدم حضور واحدهای تولید پراکنده انجام می‌شود. سپس به منظور نشان دادن تأثیر حضور واحدهای تولید پراکنده طراحی در حضور این واحدها انجام می‌شود. در ادامه، به منظور ارائه طرحی که به طور مطمئن‌تر پاسخگوی نیاز شبکه در آینده باشد و برآورد واقعی‌تری از هزینه‌ها به دست بدهد، بار پیش‌بینی شده و هزینه خرید انرژی به صورت نامعین و به صورت توابع pdf در نظر گرفته می‌شود. در این مرحله با استفاده از فرآیند مونت کارلو، نمونه برداری های متعدد از توابع pdf صورت می‌پذیرد و در هر مورد تابع هدف محاسبه می‌شود. این روند تا همگرا شدن فرآیند مونت کارلو ادامه می‌یابد. در این حالت نیز طراحی در حضور و عدم حضور واحدهای تولید پراکنده انجام می‌شود. یک شبکه نمونه 9 باسه و شبکه توزیع 72 باسه منطقه کیانپارس اهواز به عنوان شبکه‌های نمونه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج به دست آمده بر روی دو شبکه تست مقایسه می‌شوند.

1-2- اهداف پایان نامه

همانطور که اشاره شد با افزایش تقاضای بار و اضافه شدن نقاط بار جدید به سیستم لازم است برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع جهت تغذیه این بارها صورت پذیرد. با توجه به بازار رقابتی انرژی لازم است در این بخش برنامه ریزی انجام شده تا حد ممکن اقتصادی بوده و در عین حال انرژی مورد نیاز شبکه را با کیفیت استاندارد و مطلوب، تأمین کند. در این راستا حضور واحدهای تولید پراکنده می‌تواند علاوه بر تأمین ارزانتر انرژی مورد نیاز شبکه تا حد مطلوبی کیفیت توان را بهبود بخشد. از این رو در این کار برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع در حضور و عدم حضور این واحدها، در محیط رقابتی صورت پذیرفته است و تاثیر حضور این واحدها در هزینه و کیفیت توان نشان داده شده است. از سوی دیگر پیش‌بینی‌های صورت گرفته در خصوص میزان بار مورد نیاز شبکه در آینده و نیز هزینه خرید انرژی با عدم قطعیت و نامعینی همراه است که این مورد، یعنی نامعینی بار و هزینه خرید انرژی، در برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع در این کار در نظر گرفته شده است.

برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع می‌تواند به صورت یکجا یا طی چند مرحله صورت بپذیرد. از آنجا که ممکن است نقاط بار طی چند دوره زمانی به سیستم اضافه شوند اقتصادی‌تر آنست که تجهیزات مورد نیاز برای تأمین بار این نقاط تا حد ممکن همگام با اضافه شدن این نقاط به سیستم نصب گردند تا از سرمایه‌گذاری پیش از موعد جلوگیری شود. برای این منظور می‌توان با توجه به فواصل زمانی اضافه شدن بارها به سیستم، برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع را انجام داد و تجهیزات مورد نیاز را با توجه به نیاز شبکه نصب نمود. در این کار برنامه ریزی گسترش به صورت پویا و چند مرحله‌ای، با توجه به رشد بار و اضافه شدن نقاط بار صورت می‌پذیرد.

۱-3- ساختار پایان نامه

مطالب ارائه شده در این پژوهش به شرح زیر است:

ابتدا در فصل دوم، مولدهای تولید پراکنده و کاربرد این واحدها در سیستم توزیع بیان می‌شود. در این فصل مقالات ارائه شده در این زمینه مرور شده و مزایا و معایب حضور این واحدها در شبکه بیان می‌گردد. همچنین نحوه مدل کردن این واحدها و چگونگی پخش بار سیستم در حضور این واحدها در سیستم توزیع ارائه می‌شود و تاثیر آنها بر کیفیت توان و هزینه‌های بهره برداری از سیستم بیان می‌شود.

در فصل سوم، اصول طراحی سیستم توزیع ارائه می‌گردد و قیود حاکم برشبکه بیان می‌شود. در این فصل همچنین مقالات ارائه شده در خصوص گسترش سیستم توزیع با انواع توابع هدف و قیود متنوع مرور می‌شود و

انواع روشهای برنامه‌ریزی گسترش مطرح می‌گردد. در این فصل ابتدا روشهای گسترش سیستم توزیع بدون حضور واحدهای تولید پراکنده مطرح و در ادامه این روشها در حضور واحدهای تولید پراکنده بیان شده و در نهایت روشهای برنامه‌ریزی در حضور این واحدها و در محیط رقابتی بیان می‌شود.

در ادامه و در فصل چهارم، الگوریتم پیشنهادی برنامه‌ریزی گسترش سیستمهای توزیع در حضور واحدهای تولید پراکنده و با در نظرگیری نامعینی بار و هزینه خرید انرژی ارائه می‌شود. در این فصل کلیه‌ی فرمولها و تابع هدف و نیز قیود مورد استفاده به همراه الگوریتم بهینه سازی و نیز روش پخش بار مورد استفاده معرفی می‌شود.

پس از آن، در فصل پنجم به منظور اعتبار سنجی الگوریتم پیشنهادی، سه سیستم تست مورد مطالعه قرار می گیرد که در سیستم اول برنامه پخش بار مورد استفاده با حضور واحدهای تولید پراکنده اعتبارسنجی می‌شود. در سیستم دوم درستی برنامه‌ریزی گسترش سیستم توزیع بدون حضور واحدهای تولید پراکنده بررسی می‌شود و در سیستم سوم این برنامه‌ریزی در حضور واحدهای تولید پراکنده و نامعینی بار و هزینه خرید انرژی، صورت می پذیرد. در ادامه به منظور نشان دادن کارایی الگوریتم پیشنهادی در سیستمهای توزیع بزرگتر، شبکه 11 کیلوولت منطقه‌ی کیانپارس اهواز بعنوان یک سیستم واقعی مورد مطالعه قرار می‌گیرد و با ارائه‌ی چند نقطه بار جدید طی چند بازه‌ی زمانی متفاوت، برنامه‌ریزی گسترش جهت تغذیه این بارها و سایر نقاط بار آن صورت می‌پذیرد.

در انتها و در فصل ششم، کارهای انجام شده در پایان‌نامه مرور می‌شود و یک نتیجه‌گیری کلی ارائه می‌گردد. همچنین جهت ادامه کار پیشنهاداتی ارائه می‌شود.

-

فصل دوم

معرفی سیستم‌های تولید پراکنده (DG)

۲-1- مقدمه

تولیدات پراکنده واحدهای تولیدی کوچکی هستند که به صورت محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به این‌که این تولیدات نزدیک به مراکز مصرف می‌باشند، نیازی به انتقال انرژی الکتریکی خروجی آن‌ها در مسافت‌های طولانی وجود ندارد. بعلاوه هزینه تولید انرژی الکتریکی توسط این واحدها در برخی ساعات روز از انرژی الکتریکی تحویلی توسط شبکه بالادست کمتر می‌باشد. این مسائل باعث شده است که تولید پراکنده به عنوان یک انتخاب مناسب جهت تولید و پاسخگویی به افزایش تقاضای مصرف مطرح گردد.

در آمریکا و اروپا تولید پراکنده به یک راه‌حل ممکن فنی و مالی، برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان تبدیل شده و اعتبار و اطمینان تهیه برق را بسیار بهبود بخشیده است. در اکثر کشورها، DG حدود 10 درصد ظرفیت نصب شده تولید را تشکیل می‌دهد، اما در کشورهایی نظیر هلند و دانمارک این روش بیش از 30 تا 40 درصد ظرفیت نصب شده را شامل می‌شود. مزایای حضور واحدهای تولید پراکنده در سیستم توزیع، باعث تشویق طراحان به برنامه‌ریزی گسترش سیستمهای مورد مطالعه در حضور این واحدها گردیده است.

2-2- تعریف تولید پراکنده

منابع تولید پراکنده منابع طرف بار می باشند که می توانند در سراسر یک شبکه توزیع گسترش یافته و توان الکتریکی با قابلیت اطمینان مورد نیاز مصرف کننده ها را تامین نمایند. این منابع تولید پراکنده که منابع ذخیره ساز انرژی الکتریکی و منابع تولیدی از طریق انرژیهای تجدیدپذیر نیز می‌توانند جزو آن قرار گیرند علاوه بر اینکه می‌توانند به صورت ماندگار و مداوم انرژی الکتریکی را به شبکه تزریق نمایند، می توانند برای کاربردهای جانبی مثلا پیک سایی یا حالت ذخیره پشتیبان نیز استفاده شوند.

DG ها بر اساس دو ویژگی اندازه و تکنولوژی قابل دسته‌بندی می‌باشند. دسته‌بندی بر اساس ظرفیت واحد که می‌توان در چهار دسته خیلی کوچک (1W الی 5kW)، کوچک (5kW الی 5MW)، متوسط (5MW الی 50MW) و بزرگ 50MW الی 300MW دسته بندی نمود[20].

دسته‌بندی دوم بر اساس تکنولوژیهای مختلف تولید انرژی الکتریکی می‌باشد. تکنولوژیهای مختلفی می‌توانند به عنوان DG مورداستفاده قرار گیرند که در زیر چند مورد مهم آز آنها به صورت اجمالی معرفی می‌شوند.

بیوگاز: نیروگاههای بیوگاز با استفاده از باکتریهای بی‌هوازی، از زباله‌های زیستی تولید شده از فرایندهای کشاورزی، گاز تولید کرده و از آن انرژی الکتریکی و حرارت ایجاد می‌کنند.

سلول سوختی: تکنولوژیهای مختلفی از سلولهای سوختی وجود دارد که تمام آنها از واکنش بین هیدروژن و اکسیژن برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کنند. این نوع DG در مقایسه با سایر انواع DG پرهزینه و گران بوده ولی بدون نویز صدا و نیز بدون آلایندگی محیط زیست نیز می‌باشد.

توربینها و میکروتوربینهای گازی کوچک: اصول کار این توربینها اساسا مشابه کار موتورهای جت می‌باشند. این سیستمها دارای راندمان نسبتا پایینی بوده و نیز تولید کننده آلودگی صوتی و زیست محیطی نیز می‌باشند اما دارای قیمت نسبتا کمتری در بین سایر تکنولوژیهای DG می‌باشند.

سلولهای خورشیدی-فوتوولتاییک: این تکنولوژی از اشعه‌های خورشید برای تولید انرژی الکترکی استفاده می‌کند. در عین حال که هزینه نصب و راه اندازی بالایی دارد ولی هزینه بهره‌برداری بسیار پایینی دارد. همچنین این انرژی جزو انرژیهای پاک بوده و هیچگونه آلودگی زیست محیطی و یا آلودگی صوتی به همراه ندارد. یکی از معایب این تکنولوژی داشتن توان خروجی متغیر می‌باشد که به همین دلیل از منابع ذخیره ساز انرژی در خروجی آن استفاده می‌شود.

توربینهای بادی: توربینهای بادی نیز مشابه سلولهای خورشیدی بدون آلودگی می‌باشند. این توربینها معمولا در مزارع بادی با کنار هم قرار دادن تعداد زیادی توربین بادی به عنوان DG شناخته می‌شوند. این تکنولوژی نیز مشابه سلولهای خورشیدی دارای هزینه بالا و توان خروجی متغیر می‌باشد[20].

2-3- اهداف استفاده از تولید پراکنده

اهداف استفاده از تولید پراکنده از دید شرکت توزیع و از دید مشترک متفاوت است. در واقع اگر مالک DG شرکت توزیع باشد، اهداف مورد نظر می‌تواند آزادسازی ظرفیت شبکه توزیع، بهبود قابلیت اطمینان سیستم، تولید همزمان برق و حرارت، بهبود کیفیت توان و پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات باشد. اگر مالکیت DG در اختیار مشترک باشد، این اهداف می‌تواند فروش برق و شرکت در بازار انرژی، فروش برق به عنوان سرویس جانبی، بهبود قابلیت اطمینان خود و یا تشویق‌های دریافتی از شرکت توزیع باشد. بطور کلی هدف از استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع، تأمین تمام یا قسمتی از توان مصرفی شبکه بصورت تمام وقت یا پاره وقت می‌باشد که در این میان هدف اصلی تولید توان اکتیو است[21].

2-4- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده

در ساختار قدیم صنعت برق در کشورهای پیشرفته و وضعیت موجود بسیاری از کشورها، وظایف تولید، انتقال و توزیع توان بر عهده شرکت‌های برق مجتمع بود. افزایش میزان تقاضای توان در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها موجب شد که این شرکت‌ها نتوانند به صورت مؤثر، جوابگوی این میزان تقاضای زیاد باشند. در نتیجه خاموشی، قطع برق و معیوب شدن تجهیزات در بسیاری از کشورها، به‌ویژه ایالات متحده صورت گرفت و به تبع آن قیمت‌ها در دوره‌های پیک به شدت بالا رفت. این در حالی بود که همراه با رشد اقتصادی کشورها که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آن‌ها بود، مسأله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز اهمیت پیدا نمود.

علاوه بر این، بحران نفت در سال 1973 موجب شد که بسیاری از کشورهایی که در صنعت خود به سوخت‌های فسیلی وابسته بودند، در پی یافتن جایگزینی مناسب برای این سوخت‌ها باشند. همچنین با افزایش آگاهی عمومی در مورد مسائل زیست محیطی، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی اهمیت بیشتری پیدا کرد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشید، باد، آب، بیوماس، زمین‌گرمایی و غیره که از نظر زیست محیطی تمیز بوده، می‌توانند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی