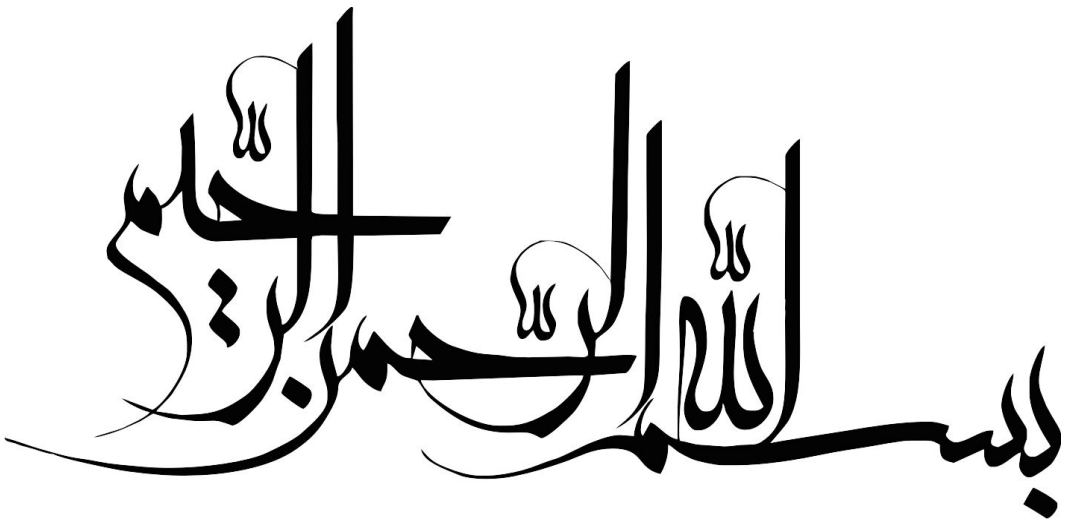

بسم الله الرحمن الرحيم

معاونت پژوهش و فناوری

به نام خدا

منشور اخلاق پژوهش

بایاری از خداوند سبحان و اعتقاد به این که عالم محضر خداست و همواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری، ما دانشجویان و اعضاء هیات علمی واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

۱- اصل برائت: التزام به برائت جویی از هر گونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شائبه های غیر علمی می آلایند.

۲- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هر گونه جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.

۳- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد.

۴- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب نقد و خودداری از هر گونه حرمت شکنی.

۵- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق.

۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهادهای مرتبط با تحقیق.

۷- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از هر گونه پنهان سازی حقیقت.

۸- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه همکاران پژوهش.

۹- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.

دانشگاه آزاد اسلامی

پردیس تحصیلات تکمیلی علوم و تحقیقات شاهرود

تعهد نامه اصالت رساله یا پایان نامه

اینجانب بابک رشیدی پور دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته در رشته برق قدرت که در تاریخ 93/05/18 از پایان نامه / رساله خود تحت عنوان بهره برداری بهینه ریز شبکه در حضور منابع پراکنده انرژی و برنامه های پاسخگویی بار با کسب نمره 16/5 و درجه خوب دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم :

1) این پایان نامه / رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و ....) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آنرا در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده-ام.

2) این پایان نامه/ رساله قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

3) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه یا رساله را داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد، مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

4) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می پذیرم و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

بابک رشیدی پور

تاریخ و امضاء

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم و تحقیقات شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی، گروه تحصیلات تکمیلی برق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق(*M.Sc*)

گرایش: قدرت

عنوان:

بهره برداری بهینه ریزشبکه در حضور منابع پراکنده انرژی و برنامه های پاسخگویی بار

استاد راهنما:

دکتر حسین هارون آبادی

استاد مشاور:

دکتر علی کرمی ملائی

نگارش:

بابک رشیدی پور

تابستان 93

سپاسگزاری

در مدتی که تحقیق و انجام این پایان نامه به طول انجامید، همواره در فراز و نشیب‌های راه از مساعدت اساتید گرامی و دوستان خوب خود بهره‌مند شدم و اینک که به فضل خداوند منان موفق به اتمام این پایان نامه شده‌ام، بر خود لازم می‌دانم تا از همه این عزیزان به خصوص

استاد راهنمای محترم **جناب آقای دکتر هارون آبادی** که با صبر و حوصله فراوان هدایت علمی و تربیتی اینجانب و راهنمایی این پایان‌نامه عهده‌دار بودند؛ با نهایت امتنان تقدیر و سپاسگزاری نمایم.

تقدیم به

به پاس تعبیر عظیم و انسانی از کلمه ایثار و از خود گذشتگی

و به پاس محبت‌های بی دریغشان که هر گز فروکش نمی‌کند

این مجموعه را به

همسر عزیزم

تقدیم می‌کنم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده 1

فصل اول: معرفی مساله

1-1 بهره برداری شبکه های توزیع با حضور منابع تولید پراکنده..... 3

2-1 مروری بر ریزشبکه‌ها 4

3-1 بهره‌برداری از ریزشبکه‌ها 6

1-3-1 ریزشبکه‌های متصل به شبکه 7

2-3-1 ریزشبکه‌های مستقل 7

4-1 کنترل ریزشبکه‌ها..... 8

1-4-1 کنترل غیر متمرکز ریزشبکه‌ها..... 9

2-4-1کنترل متمرکز یا سلسله مراتبی 9

5-1 منابع انرژی در ریزشبکه‌ها 11

6-1سیستم مدیریت توزیع (DMS)..... 13

7-1 پاسخگویی بار و مدیریت سمت مصرف در ریزشبکه 15

8-1 اهداف تحقیق 18

9-1 پیشینه تحقیق 19

10-1ساختار پایان نامه 21

فصل دوم: بهره‌برداری ریزشبکه در حضور منابع پراکنده انرژی جهت مشارکت در بازار انرژی و رزرو

1-2 مقدمه 24

2-2 مدیریت فعال ریزشبکه در حضور منابع پراکنده انرژی 24

3-2 مشارکت ریزشبکه در بازار انرژی و رزرو 25

1-3-2 استراتژی‌های پیشنهاددهی نیروگاه‌های سنتی 26

2-3-2مدل پیشنهادی برای مشارکت ریزشبکه فعال در بازار روزانه انرژی و رزرو 27

3-3-2- وظایف و اطلاعات مورد نیاز جهت برنامه‌ریزی روزانه ریزشبکه 28

1-3-3-2 فرضیات مربوط به اطلاعات و هزینه‌های بهره‌برداری..... 28

2-3-3-2 عدم قطعیت در پیش بینی تولید واحدهای پراکنده تصادفی و بار روزانه..... 29

4-3-2 مدل‌سازی تعامل ریزشبکه با بازارهای انرژی و رزرو 31

عنوان **صفحه**

2-3-5 روش حل: 35
2-3-6 شبکه مورد مطالعه و اطلاعات ورودی 36
2-3-7 مشارکت ریزشبکه در بازار انرژی 39
2-3-8 مشارکت ریزشبکه در بازار انرژی و رزرو 44
2-4 جمع بندی 47

فصل سوم: مدیریت پاسخگویی بار با استفاده از روش پیشنهادی قیمت‌گذاری برق مشترکین

3-1 مقدمه 49
3-2 مدیریت سمت تقاضا و برنامه‌های پاسخگویی بار 49
3-3 ریزشبکه هوشمند و تأثیر آن بر تسهیل پاسخگویی بار 55
3-4 مدل‌سازی سیستم 57
3-4-1 ریزشبکه 57
3-4-2 مدل‌سازی RTP 58
3-4-3 عدم قطعیت در پیش بینی بار روزانه و پاسخ مصرف کنندگان 60
3-4-4 محدودیت تقاضای انرژی 61
3-4-5 قیود ریزشبکه: 62
3-4-6 روش حل: 62
3-5 مطالعات عددی و تحلیل نتایج بدست آمده از مدل پیشنهادی 63
3-6 جمع بندی 70

فصل چهارم: بهره‌برداری ترکیبی از منابع پراکنده انرژی و بارهای پاسخگو در ریزشبکه

4-1 مقدمه 72
4-2 سیستم مدیریت انرژی (EMS) در ریزشبکه 72
4-3 مدل‌سازی برنامه‌ریزی روزانه ریزشبکه در حضور منابع پراکنده انرژی و برنامه‌های پاسخگویی بار ... 74
4-3-1 روش حل: 80
4-4 مطالعات عددی و تحلیل نتایج بدست آمده از مدل پیشنهادی 80
4-4-1 مشارکت ریزشبکه در بازار انرژی 81
4-4-2 مشارکت ریزشبکه در بازار انرژی و رزرو 85
4-5 جمع بندی 88

عنوان **صفحه**

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

5-1 نتیجه‌گیری 91
5-2 پیشنهادات 91

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول 2-1 قیمت‌های قراردادی خرید انرژی با ریزشبکه همسایه 38
جدول 2-2 پیش بینی میزان تولید بادی روزانه 38
جدول 2-3 مقایسه میان نتایج بدست آمده از حالت اول و حالت دوم 43
جدول 2-4 مقایسه بین نتایج بدست آمده در حالت اول و سوم 43
جدول 2-5 هزینه، درآمد و سود ریزشبکه 47
جدول 3-1مشخصات بار 64
جدول 3-2 مقادیر کشش خودی و متقابل 65
جدول 3-3 مقایسه بین نتایج بدست آمده در سناریوهای اول تا دوم بر اساس معیارهای فنی 69
جدول 3-4 مقایسه بین نتایج بدست آمده در سناریوهای اول تا دوم بر اساس معیارهای اقتصادی 69
جدول 4-1هزینه، درآمد و سود ریزشبکه 87
جدول پ-1: مشخصات فنی و اقتصادی DGهای قابل برنامه‌ریزی 100
جدول پ-2: مشخصات فنی و اقتصادی EESها 100
جدول پ-1: اطلاعات بار در هر باس 100
جدول پ-2: اطلاعات فیدرها 101

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل 1-1 نمایی از یک ریزشبکه نمونه[1] 3
شکل 1-2 جا نمایی ریزشبکه جزیره Kythnos 8
شکل 1-3 ساختار کنترل سلسله مراتبی و یا متمرکز ریزشبکه 10
شکل 1-4 ریزشبکه و منابع انرژی آن 12
شکل 1-5 ساختار سیستم مدیریت توزیع 14
شکل 2-1 نمایش قید احتمالاتی از طریق منحنی توزیع نرمال برای $\lambda=2$ 31
شکل 2-2 شبکه 32 باسه شعاعی توزیع نمونه 37
شکل 2-3 منحنی بار روزانه سیستم مورد مطالعه 38
شکل 2-4: قیمت‌های روزانه بازار انرژی و رزرو چرخان در تاریخ 24 جولای 2013 39
شکل 2-5 پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل 40
شکل 2-6 توان تولیدی DG های قابل برنامه‌ریزی 40
شکل 2-7 میزان انرژی ذخیره شده در EES ها 41
شکل 2-8 توان وارد شده از ریزشبکه مجاور از طریق intertie باس 30 41
شکل 2-9 میزان توان برنامه‌ریزی شده جهت کاهش بار IL ها 41
شکل 2-10نتایج بدست آمده از حالت سوم (در نظر نگرفتن پارامترها و قیود ریزشبکه) 44
شکل 2-11 پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل 45
شکل 2-12 توان تولیدی DG های قابل برنامه‌ریزی 46
شکل 2-13 میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط DG های قابل برنامه ریزی 46
شکل 2-14میزان توان برنامه‌ریزی شده جهت کاهش بار IL ها 46
شکل 2-15میزان رزرو تامین شده توسط IL ها 46
شکل 3-1 کلاسه بندی برنامه پاسخگویی بار 52
شکل 3-2 شمای کلی یک ریزشبکه هوشمند 58
شکل 3-3 ریزشبکه 32 باسه مورد مطالعه 64
شکل 3-4 تقسیم بندی ساعات روز [80] 64
شکل 3-5 منحنی بار روزانه: الف) 16 اوت 2013 ب) 16 فوریه 2013 66
شکل 3-6قیمت انرژی در بازار روز قبل: الف) 16 اوت 2013 ب) 16 فوریه 2013 67

عنوان **صفحه**

شکل 3-7 منحنی بار روزانه برای سناریو دوم الف) 16 اوت 2013 ب) 16 فوریه 2013 68
شکل 4-1سیستم مدیریت انرژی برای ریزشبکه 74
شکل 4-2 منحنی تقاضای روزانه مصرف کنندگان 82
شکل 4-3 پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل 83
شکل 4-4 توان تولیدی DG های قابل برنامه‌ریزی 83
شکل 4-5 میزان انرژی ذخیره شده در EES ها 84
شکل 4-6 توان وارد شده از ریزشبکه مجاور از طریق intertie باس 30 84
شکل 4-7 میزان توان برنامه‌ریزی شده جهت کاهش بار IL ها 84
شکل 4-8 پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل 86
شکل 4-9 توان تولیدی DG های قابل برنامه‌ریزی 86
شکل 4-10میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط DG های قابل برنامه ریزی 86
شکل 4-11میزان توان برنامه‌ریزی شده جهت کاهش بار IL ها 87
شکل 4-12 میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط IL ها 87

فهرست علائم و اختصارات

اختصارات

زیر ساخت اندازه گیری پیشرفته	Advanced Metering Infrastructure (AMI)
ریزشبکه	Microgrid (MG)
منابع پراکنده انرژی	Distributed Energy Resources (DERs)
تولید پراکنده	Distributed Generation (DG)
پاسخگویی بار	Demand Response (DR)
ذخیره ساز انرژی الکتریکی	Electric Energy Storage (EES)
سیستم مدیریت انرژی	Energy Management System (EMS)
بار قابل قطع	Interruptible Load (IL)
قیمت گذاری لحظه‌ای	Real-Time Pricing (RTP)
قیمت گذاری لحظه‌ای روز قبل	Day-Ahead Real-Time Pricing (DA-RTP)
برنامه ریزی تولید مبتنی بر قیمت	Price-Based Unit Commitment (PBUC)
برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط	Mixed Integer Linear Programming (MILP)
برنامه‌ریزی غیر خطی عدد صحیح مختلط	Mixed Integer Non-Linear Programming(MINLP)
برنامه ریزی غیر خطی	Non-linear Programming (NLP)

مجموعه‌ها و اندیس‌ها

i, j اندیس باس‌ها

t, h اندیس ساعت.

S_b مجموعه خطوط ریزشبکه.

S_N مجموعه باس‌های ریزشبکه

S_{DG} مجموعه DGهای قابل برنامه ریزی

S_{IL} مجموعه بارهای قابل قطع

S_{EES} مجموعه واحدهای ذخیره ساز انرژی .

$S_{t,IL}$ مجموعه ساعاتی که در آن ریزشبکه می‌تواند بارهای قابل قطع را در صورت نیاز بکارگیرد

S_{int} مجموعه intertie ها با شرکت‌های توزیع مجاور

S_{sub} مجموعه پست‌های ریزشبکه

N_L تعداد باس‌های بار ریزشبکه

N_C تعداد مشترکین موجود در ریزشبکه

N_R تعداد خازن‌های جبرانساز موجود در هر باس

متغیرها

$P_{Sub,t,i}$	توان پیشنهادی ریزشبکه به بازار انرژی از طریق پست i در ساعت t
$P_{\text{int},t,i}$	تبادل توان با ریزشبکه همسایه از طریق intertie i ام و در ساعت t
$P_{IL,t,i}$	توان برنامه‌ریزی شده جهت کاهش بار IL ها در باس i و در ساعت t
$P_{DG,t,i}$	توان تولیدی توسط DGهای قابل برنامه‌ریزی در باس i و در ساعت t
R_t	میزان رزرو چرخان پیشنهادی توسط ریزشبکه به بازار رزرو در ساعت t
$R_{DG,t,i}, R_{IL,t,i}$	میزان رزرو چرخان فرآهم شده توسط DGهای قابل برنامه ریزی و ILها
$L_{t,i}, M_{t,i}, N_{t,i}$	متغیرهای باینری که به ترتیب نشان دهنده وضعیت روشن و خاموش بودن، هزینه راه اندازی و خاموش سازی DGهای قابل برنامه ریزی
$F_{t,i}$	متغیر باینری نشان دهنده تصمیم گیری در مورد IL
$P_{Ch,t,i}$	توان شارژ شده EES در باس i و در ساعت t
$P_{Dch,t,i}$	توان دشارژ شده EES در باس i و در ساعت t
$E_{t,i}$	سطح انرژی EES در باس i و در ساعت t
$\rho_c(t)$	قیمت لحظه‌ای پیشنهادی برای مشترک c در ساعات t
$d_c(t)$	تقاضای مشترک c در ساعت t در پاسخ به قیمت‌های لحظه‌ای پیشنهادی
$P_{g,t,i}$	مجموع توان اکتیو تزریقی در باس i و در ساعت t
$Q_{g,t,i}$	مجموع توان راکتیو تزریق شده در باس i و در ساعت t
$Q_{r,t,i}$	توان راکتیو تزریق شده توسط جبران سازها در باس i و در ساعت t
$S_{ij,t}$	توان ظاهری عبوری از خط i,j در ساعت t

$V_{t,i}$ اندازه ولتاژ در باس i و در ساعت t

$\delta_{t,i}$ زاویه ولتاژ در باس i و در ساعت t

پارامترها

$\rho_{l,t}$ بهای خرده فروشی انرژی توسط ریزشبکه

$\rho_{E,t}$ قیمت انرژی در بازار عمده فروشی در ساعت t

$\rho_{R,t}$ قیمت رزرو چرخان در بازار خدمات جانبی در ساعت t

$\rho_{\text{int},t}$ قیمت تبادل توان با ریزشبکه همسایه در ساعت t

$C_{IL,t,i}$ قیمت قراردادی برای کاهش بار IL در باس i و در ساعت t

$C_{EES,t,i}(P_{EES,t,i})$ هزینه بهره‌برداری از EES در باس i و در ساعت t

$C_{DG,t,i}(P_{DG,t,i})$ تابع هزینه تولید DG در باس i و در ساعت t

$STC_{DG,i}, SDC_{DG,i}$ هزینه راه اندازی و توقف DGهای قابل برنامه ریزی

r_t احتمال بکارگیری رزرو در ساعت t

$P_{d,t,i}$ توان اکتیو مورد نیاز در باس i و در ساعت t

PF ضریب توان

$Q_{d,t,i}$ توان راکتیو مورد نیاز در باس i و در ساعت t

$P_{NDG,t,i}$ توان تولیدی DG های با تولید تصادفی

$P_{sub,i}^{\max}$ حداکثر تبادل توان با بازار انرژی از طریق پست توزیع

$P_{\text{int},i}^{\max}$ حداکثر تبادل توان با ریزشبکه همسایه از طریق intertie

$P_{IL,t,i}^{\max}, P_{IL,t,i}^{\min}$ حداکثر و حداقل میزان کاهش بار ILها

$P_{DG,i}^{\max}, P_{DG,i}^{\min}$	حداکثر و حداقل توان تولیدی DGها
RR_i	شیب فرآهم سازی رزرو چرخان برای DG در باس i (MW/min)
MUT, MDT	حداقل زمان‌های فعالیت و توقف DGهای قابل برنامه‌ریزی
$P_{Ch,t,i}^{\max}, P_{Dch,t,i}^{\max}$	حداکثر توان شارژ و دشارژ شده EES در باس i و در ساعت t
$P_{Ch,t,i}^{\lim}, P_{Dch,t,i}^{\lim}$	نرخ شارژ و دشارژ EES در باس i و در ساعت t
$E_{t,i}^{\max}, E_{t,i}^{\min}$	حداقل و حداکثر سطح انرژی موجود در EES در باس i و در ساعت t
η_{Ch}, η_{Dch}	بازده شارژ و دشارژ شدن EES
$d_c^{\max}(t)$, $d_c^{\min}(t)$	حداکثر و حداقل تقاضای مشترک c در ساعت t در پاسخ به قیمت‌های لحظه‌ای پیشنهادی
E_c^{Day}	حداقل انرژی مورد نیاز روزانه برای مشترک c
$\rho_c^{\max}(t)$	حداکثر قیمت لحظه‌ای پیشنهادی برای مشترک c در ساعات t
$\rho_{0c}(t)$	قیمت اولیه انرژی برای مشترک c در ساعات t
$d_{0c}(t)$	تقاضای اولیه مشترک c در ساعات t
$E_c(t)$, $E_c(t,h)$	کشش خودی و متقابل قیمتی تقاضای مشترک c
$V_i^{\max}, V_i^{\min}$	حداکثر و حداقل اندازه ولتاژ در باس i
$S_{ij}^{\max}$	ظرفیت خط i,j
Y_{ij}	عنصر(i, j) در ماتریس ادمیتانس ریزشبکه
θ_{ij}	زاویه. Y_{ij}
$B_{r,i}^{sh}$	سوسپتانس جبرانساز r در باس i

چکیده

امروزه با رشد روز افزون مصرف انرژی، مسائل زیست محیطی و کمبود منابع متداول انرژی، استفاده از منابع پراکنده انرژی و روش‌های مدیریت تقاضا بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. نفوذ گسترده منابع پراکنده انرژی و بکارگیری برنامه‌های پاسخگویی بار بویژه در شبکه‌های توزیع سبب شده است تا بسیاری از مسائل سیستم قدرت نظیر کنترل و بهره‌برداری از این شبکه‌ها تحت تأثیر قرار گیرد. در شرایطی که استفاده از منابع انرژی پراکنده می‌تواند موجب کاهش هزینه های مورد نیاز برای توسعه ی شبکه شود، کنترل و بهره برداری تعداد زیادی از واحد تولید پراکنده ی کوچک با ویژگی های عملکردی متفاوت چالش دیگری را برای بهره برداری ایمن و کارآمد شبکه ی قدرت پدید می آورد. این چالش مفهوم جدیدی را به عنوان ریزشبکه معرفی می کند که عبارتست از کنترل مجموعه ای از واحدهای تولید پراکنده به صورت غیر متمرکز به شکلی که این مسئولیت از دوش شبکه برداشته شده و نیز موجب افزایش کارآیی مجموعه ی واحدها شود. بنابراین با توجه به نقش فعال و موثر ریزشبکه ها در محیط تجدید ساختار یافته، برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه انرژی در فضای جدید حاکم بر سیستم توزیع نیازمند تحقیق و تحلیل گسترده‌ای می‌باشد. در این راستا، این پایان‌نامه به ارائه‌ی یک چارچوب جامع جهت مدیریت بهینه انرژی و برنامه‌ریزی روزانه ریزشبکه در حضور نفوذ گسترده منابع پراکنده انرژی و برنامه‌های پاسخگویی بار می‌پردازد. در مدل پیشنهادی بهره بردار ریزشبکه سعی می‌کند با برنامه‌ریزی بهینه منابع پراکنده انرژی در یک افق زمانی 24 ساعته، سود خود را حاصل از مشارکت در بازارهای انرژی و رزرو و فروش انرژی به مشترکین توزیع بیشینه نماید. مدل ارائه شده علاوه بر در نظر گرفتن پارامترهای فنی و اقتصادی منابع پراکنده انرژی، قیود امنیتی ریزشبکه ، امکان تبادل انرژی با ریزشبکه مجاور و عدم قطعیت تولید منابع تجدیدپذیر و تقاضای مصرف‌کنندگان را نیز شامل می‌شود. سپس تاثیر قیمت‌گذاری لحظه ای انرژی برای مشترکین متصل به ریزشبکه ، با هدف افزایش سود ریزشبکه و با در نظر منافع مشترکین در محیط شبکه هوشمند مطالعه می‌شود. قیمت‌گذاری لحظه ای انرژی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب برای کنترل مصرف انرژی مشترکین و هزینه‌های بهره‌برداری از ریزشبکه استفاده شود. در انتها یک مدل جامع جهت مدیریت انرژی و برنامه‌ریزی روزانه یک ریزشبکه در حضور منابع پراکنده انرژی و طرح قیمت‌گذاری لحظه ای به منظور مشارکت ریزشبکه در بازار انرژی و رزرو ارائه می‌شود. مدل پیشنهادی بصورت یک مسئله بهینه سازی و در قالب برنامه ریزی غیرخطی آمیخته به عدد صحیح (MINLP) ارائه شده است که توسط حل کننده DICOPT در نرم افزار GAMS حل شده است.به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی یک سیستم 32 باسه شعاعی توزیع نمونه شامل منابع تولید پراکنده با قابلیت برنامه‌ریزی، ذخیره ساز انرژی، واحدهای تولید بادی، بارهای قابل قطع و متصل به ریزشبکه مجاور خود مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات عددی انجام شده بر روی یک شبکه نمونه 32 شینه توزیع، نشان می دهد که با بکارگیری طرح پیشنهادی، شرکت های توزیع می توانند با اصلاح الگوی مصرف مشترکین مشارکت کننده، سود خود را نسبت به حالتی که هزینه مصرف انرژی مشترکین با تعرفه ثابت محاسبه می شود، بیشتر افزایش دهند و بهره‌برداری بهینه‌تری از منابع پراکنده انرژی موجود در شبکه توزیع داشته باشند.

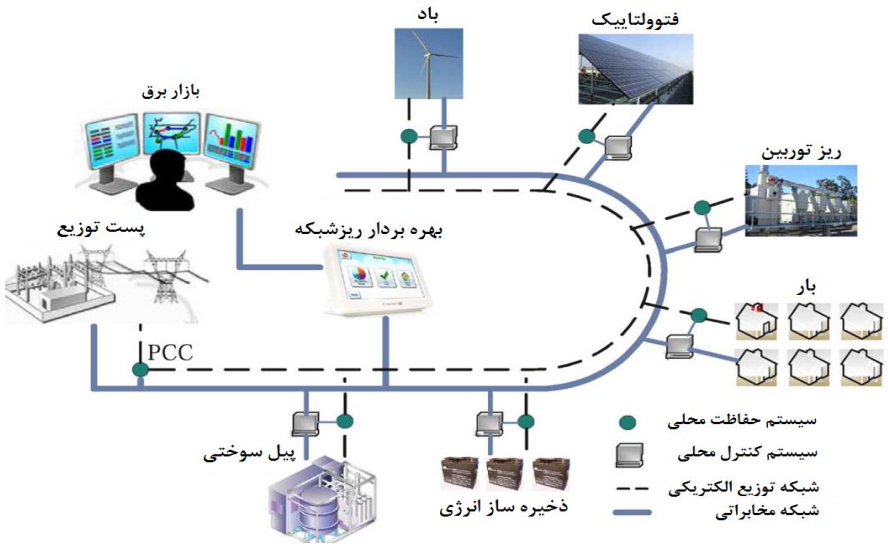
کلمات کلیدی: ریزشبکه، منابع پراکنده انرژی، بهره برداری بهینه، پاسخگویی بار، قیمت گذاری لحظه ای

فصل اول

معرفی مساله

1-1 بهره‌برداری شبکه‌های توزیع با حضور منابع تولید پراکنده

شبکه‌های توزیع ارتباط نهایی بین سیستم انتقال و مصرف‌کنندگان را فراهم می‌آورند. هزینه روبه رشد سرمایه اولیه، مواد خام و نیروی کار، زیرساخت فرسوده، توجه به مسائل زیست محیطی، هزینه افزایش یافته انرژی، فشار از طرف قانون‌گذاران، افزایش نیاز به انرژی و نوآوری‌های جدید در تکنولوژی‌های مربوطه، محرک‌ها و مشکلاتی هستند که شبکه‌های توزیع با آن‌ها رو به رو هستند. در سال های اخیر به علت افزایش نگرانی‌های زیست محیطی، پیشرفت‌های به وجود آمده در تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش هزینه‌ها، رشد قابل ملاحظه‌ای در نفوذ منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع بخصوص از نوع تجدیدپذیر به وقوع پیوسته است. از سویی اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه‌های توزیع کنونی، نیازهای فنی و اقتصادی سرمایه‌گذاران را برآورده نکرده است. در حالی که انتظار می‌رفت با افزایش ضریب نفوذ منابع تولید پراکنده کیفیت برق بهبود یابد، به دلیل نوسانات توان ناشی از تفاوت ولتاژ و فرکانس منابع انرژی تجدیدپذیر مختلف، نتایج عکس حاصل گردیده است. با وجود اینکه استفاده از منابع تولید پراکنده می‌تواند به صورت بالقوه‌ای نیاز برای گسترش شبکه‌های الکتریکی سنتی را کاهش دهد، اما کنترل تعداد زیادی از آن‌ها همراه بارهای کنترل‌پذیر باعث به وجود آمدن چالشی جدید در کنترل و عملکرد یک شبکه‌ی مطمئن و اقتصادی شده است. این چالش تا به یک اندازه به وسیله ریزشبکه‌ها با کاهش در مسئولیت کنترلی شبکه کاهش پیدا می‌کند و باعث می‌شود تا حداکثر بازده اقتصادی به دست آید. از این رو راه حل مناسب، ساخت شبکه‌های کوچک و مستقل از شبکه اصلی یا ریزشبکه‌ها می‌باشد[1]. نمایی از یک ریزشبکه‌ی نمونه به همراه قسمت‌های مختلف آن در شکل 1-1 نشان داده شده است.



شکل 1-1 نمایی از یک ریزشبکه نمونه[1]