بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

۹۰٤۰۲۰۱۷۳

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش قدرت

عنوان :

بهره برداری بهینه ریزشبکه با حضور منابع انرژی تجدید پذیر

استاد راهنما:

پروفسور محمود جورابیان

استاد مشاور:

دکترسعیداله مرتضوی

نگارنده :

علی سفیدگر دزفولی

شهریور ۹۲

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه ارشد)

پایان نامه آقای علی سفیدگر دزفولی **دانشجوی رشته:** برق **گرایش:** قدرت

دانشکده مهندسی **به شماره دانشجویی** ۹۰۴۰۲۲۲

با عنوان :

بهره برداری بهینه ریزشبکه با حضور منابع انرژی تجدیدپذیر

جهت اخذ مدرک :کارشناسی ارشد در تاریخ : ۱۳۹۲/۰۶/۳۱ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

		رتبه علمی	امضاء
۱.	**اعضا ی هیأت داوران :**		
	استاد راهنما: دکتر محمود جورابیان	استاد	.....
	استاد مشاور : دکتر سعیداله مرتضوی	دانشیار	.....
	استاد داور : دکتر محسن صنیعی	استادیار	.....
	استاد داور : دکتر مرتضی رزاز	دانشیار	.....
	نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر شاپور مرادی	دانشیار	.....
۲.	**مدیرگروه :** دکتر سروش	استادیار	.....
۳.	**معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده :** دکتر علی حقیقی	استادیار	.....
۴.	**مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه :** دکتر مسعود قربانپور نجف‌آبادی	استاد	.....

تقدیم به پدرم که از او آموختم سخاوت و بخشندگی را، عزت نفس را،

ایمان به کوتاه بودن زندگی را

و

تقدیم به مادرم که مفهوم ایثار را به تعداد روزهای عمرم برایم به تصویر

کشیده و می‌کشد.

شکرت میکنم که همیشه بیاد منی و لحظه لحظه حضورت برایم ملموس است

گرچه تو را نیازی به شکر این حقیر نیست

****

در حد توانم نیست، تشکر شایسته از استاد راهنمای ارجمند

جناب آقای پروفسور محمود جورابیان

و استاد مشاور گرامی

جناب آقای دکتر سید سعیداله مرتضوی

****

همچنین تشکر ویژه میکنم از اساتیدی که از آنان در حد توانم آموختم،

هم برق را و هم چیزهای مهم‌تر را

بویژه

دکتر صنیعی، دکتر رزاز، دکتر سیف‌السادات، دکتر کیانی‌نژاد

و همچنین اساتید گرامی مهندس نمازی و مهندس کمری

فهرست مطالب

فهرست مطالب .....ث
فهرست شکل ها و نمودارها .....د
فهرست جدول ها .....ر
فهرست علامت ها و اختصارها .....ز
چکیده .....س
مقدمه ۱
فصل اول ۲
مقدمه ۲
۱-۱)موضوع پژوهش..... ..... ۲
۱-۱-۱)مشکلات و معایب سیستم های قدرت فعلی ۲
۱)روند نامناسب تحویل انرژی الکتریکی ۲
۲)غیرفعال بودن مشتریان..... ..... ۳
۳)نیاز به بهبود امنیت و قابلیت اطمینان شبکه..... ..... ۴
۴)چالش های اقتصادی و زیست محیطی..... ..... ۴
۱-۱-۲)راه حلی به نام ریزشبکه ۶
۱-۱-۳)مزایای فنی و اقتصادی ریزشبکه ۱۱
۱-۱-۴)اجزای ریزشبکه ۱۲
۱-۱-۵)چالش های بهره برداری ریزشبکه ۱۴
۱-۲)ساختار پایاننامه. ۱۵
فصل دوم ۱۷
مرور پژوهش های پیشین ۱۷
۲-۱)بیان مسئله و اهداف پایاننامه ۱۷
۲-۲)بررسی پیشینه موضوعی. ۲۰
۲-۳)ضرورت اجرای پژوهش در این پایاننامه..... .....۲۳
فصل سوم ۲۵
مدیریت و بهره برداری ریزشبکه ۲۵
۳-۱)ساختار مدیریت ریزشبکه ۲۵
۳-۲)ضرورت یکپارچه سازی ریزشبکه ها..... .....۲۷

۳-۳)اطلاعات ضروری در بهره برداری از ریزشبکه.....۲۸
۳-۳-۱)اطلاعات تعرفه انرژی و قوانین ۲۸
۳-۳-۲)عملکرد و پایش تجهیزات ۲۹
۳-۳-۳)پیش بینی شرایط جوی ۳۰
۳-۳-۴)پیش بینی بار و مدل های سیستم ۳۰
۳-۴)تاثیرات منابع انرژی تجدیدپذیر.....۳۱
۳-۵)نقش ریزشبکه ها در تامین خدمات جانبی ۳۲
۳-۵-۱)توان راکتیو و کنترل ولتاژ.....۳۴
۳-۵-۲)تأمین ذخیره ۳۵
۳-۶)برنامه ریزی کوتاه مدت تولید ریزشبکه..... .....۳۶
۳-۶-۱)روشهای حل مسئله برنامه ریزی مشارکت واحدهای ریزشبکه.....۳۷
۳-۶-۲)تابع هدف مسئله برنامه ریزی تولید ریزشبکه ۴۰
۳-۶-۳)قیود مسئله برنامهریزی مشارکت واحدهای ریزشبکه.....۴۴
۱-قید تعادل توان الکتریکی..... .....۴۴
۲-محدودیت تولید مولدهای مقیاس کوچک..... .....۴۴
۳-قید ذخیره سیستم ۴۵
۴-محدودیت تبادل با شبکه بالادستی. ۴۶
۳-۶-۴)مسائل و قیود مختص پخش بار اقتصادی ریزشبکه ۴۶
الف) کنترل فرکانس و توان اکتیو در ریزشبکه ۴۶
ب) قیود مختص به عملکرد ریزشبکه ۴۷
۳-۶-۵)در نظر گرفتن ذخیره برای جبران عدم قطعیت در تولید منابع انرژی تجدیدپذیر و عدم قطعیت در بار ۴۸
۳-۶-۶)در نظر گرفتن قیود محدودیت انتقال توان در بین دو ناحیه مجاور ۴۹
(7-6-3درنظر گرفتن عملکرد جزیرهای شدن پایدار ۵۰
فصل چهارم ۵۳
پاسخگویی بار.....۵۳
۴-۱)مقدمه ای بر پاسخگویی بار ۵۳
۴-۲)مدیریت مصرف بار (یا مدیریت سمت مصرف)..... .....۵۴
۴-۳)اهمیت پاسخگویی بار ۵۶
۴-۴)انواع پاسخگویی بار. ۵۸

۴-۴-۱)برنامه های پاسخگویی بار مبتنی بر قیمت ۵۹
۴-۴-۱-۱)انواع پاسخگویی بارقیمت های زمان حقیقی (RTP) ۶۰
۴-۴-۱-۲)برنامه های پاسخگویی زمان استفاده (TOU) ۶۲
۴-۵)مزایا و معایب برنامه های پاسخگویی بار..... ۶۶
۴-۶)حساسیت بار به قیمت و ماتریس کشش ۶۷
۴-۷)فرمول بندی برنامه پاسخگویی بار مورد مطالعه. ۶۹
۴-۷-۱) شرح استراتژی بازار ریزشبکه ۶۹
۴-۷-۲) فرمولبندی مسئله برنامهریزی در حضور TOU ۷۰
فصل پنجم ۷۳
شبیه سازی و ارائه نتایج ۷۳
۵-۱)معرفی ریزشبکه مورد مطالعه و اطلاعات شبیه سازی..... ..... ۷۵
۵-۲)بهره برداری بهینه ریزشبکه در حالت پایه..... ..... ۷۸
۵-۲-۱) بدون امکان تبادل با شبکه بالادستی..... ۷۸
۵-۲-۲) با امکان تبادل با شبکه بالادستی ۸۱
بررسی تاثیر قیمت شبکه بالادستی بر هزینه ساعتی ریزشبکه : ۸۸
بررسی تاثیر قیمت شبکه بالادستی بر هزینه کل ریزشبکه در دوره برنامهریزی: ۸۹
بررسی چند نکته قابل توجه ۹۰
۵-۳)بهره برداری بهینه ریزشبکه با در نظر گرفتن قیود محدودیت انتقال توان در بین دو ناحیه مجاور..... ..... ۹۰
۵-۴)بهره برداری بهینه ریزشبکه با در نظر گرفتن قیود عدم قطعیت در تولید منابع انرژی تجدیدپذیر و عدم قطعیت در میزان مصرف بار ۹۲
۵-۵) بهره برداری بهینه و پایدار ریزشبکه با در نظر گرفتن همزمان قیود محدودیت انتقال و قیود عدم قطعیت و قیود عملکرد جزیرهای شدن پایدار..... ۹۶
۵-۶)بررسی تاثیرات منابع انرژی تجدیدپذیر..... ۱۰۲
۱-تاثیر حضور منابع انرژی تجدیدپذیر بر محدودیت انتقال..... ۱۰۲
۲-تاثیر حضور منابع انرژی تجدیدپذیر بر کاهش هزینه بهرهبرداری..... ..... ۱۰۳
3-تاثیر حضور منابع انرژی تجدیدپذیر بر کاهش آلودگی..... ۱۰۴
۴-دیگر مزایا..... ..... ۱۰۵
۵-۷)بهره برداری بهینه ریزشبکه با در نظر گرفتن برنامه پاسخگویی بار(Demand Response) همزمان با قیود پایداری و عدم قطعیت و محدودیت انتقال ۱۰۵
۵-۸)صحت سنجی نتایج ۱۱۲
فصل ششم ۱۱۴

جمع بندی، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ۱۱۴
۶-۱) بیان مختصر موضوع، مساله پژوهش و روش کار انجام شده ۱۱۴
۶-۲) بیان نتایج اصلی حاصل شده و اهمیت آنها ۱۱۵
۶-۳) ارائه پیشنهادها برای ادامه کار ۱۱۷
مراجع ۱۱۸
Abstract ۱۲۰

فهرست شکل‌ها و نمودارها

فصل ۱

شکل ۱- ۱:نمایی از یک ریزشبکه نمونه ۷
شکل ۱- ۲ : مزایای حاصل از پیاده سازی ریزشبکه در سال ۲۰۲۰ ..... ۹

فصل ۳

شکل ۳- ۱: سطوح کنترلی ریزشبکه ۲۶
شکل ۳- ۲ : ساختار ریزشبکه ۴۹

فصل ۴

شکل ۴- ۱: اهداف برنامه های مدیریت مصرف ۵۵
شکل ۴- ۲: تأثیر اجرای برنامه بهره وری انرژی برمنحنی بار ۵۶
شکل ۴- ۳: نمودار برنامه های مدیریت مصرف و پاسخگویی بار ۵۹
شکل ۴- ۴ : نمونه ای از قیمت های زمان حقیقی ۶۱
شکل ۴- ۵ : قیمت های زمان استفاده (TOC) مربوط به ساعات اوج و غیراوج ۶۳
شکل ۴- ۶: نمونه ای از تعرفه TOU در کانادا ۶۴
شکل ۴- ۷ : مقایسه برنامه های TOU و RTP در بازار RJM ۶۶
شکل ۴- ۸ : ماتریس انواع مختلف مشترکین ۶۹

فصل ۵

شکل ۵- 1: نمای نمادین ریزشبکه مورد مطالعه ۷۵
شکل ۵- ۲: الگوی بار روزانه برای شبکه مورد مطالعه ۷۶
شکل ۵- ۳ : هزینه ساعتی ریزشبکه در حالت پایه، بدون تبادل باشبکه ۸۱
شکل ۵- ۴ : هزینه ساعتی ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف MCP ۸۸
شکل ۵- ۵: هزینه ریزشبکه به ازای MCPهای متفاوت ۸۹
شکل ۵- ۶ : هزینه ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف محدودیت انتقال توان در بین نواحی ۹۲
شکل ۵- ۷ : هزینه ساعتی ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف m، بدون تبادل با شبکه بالادستی . ۹۳
شکل ۵- ۸ : هزینه ساعتی ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف m، تبادل با شبکه بالادستی با MCP=0.20$ ۹۳
شکل ۵- ۹ : هزینه ساعتی ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف r، بدون تبادل با شبکه بالادستی .. ۹۴

شکل ۵- ۱۰ : هزینه ساعتی ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف r، تبادل با شبکه بالادستی با MCP=0.20$ ۹۴
شکل ۵- ۱۱ : هزینه ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف FLmax و r، بدون تبادل با شبکه بالادستی ۹۵
شکل ۵- ۱۲ : هزینه ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف MCP و r=0,m=10% و با قیود پایداری ۱۰۰
شکل ۵- ۱۳ : هزینه ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف MCP و r=0,m=10% و بدون قیود پایداری..... ۱۰۰
شکل ۵- ۱۴ : قرینه توان مبادله شده با شبکه (خروجی است) به ازای MCP=0.20$ و با قیود پایداری..... ۱۰۱
شکل ۵- ۱۵ : هزینه ساعتی ریزشبکه به ازای MCP=0.20$ و با قیود پایداری..... ۱۰۱
شکل ۵- ۱۶ : هزینه ریزشبکه به ازای مقادیر مختلف FLmax با حضور منابع انرژی تجدیدپذیر ۱۰۳
شکل ۵- ۱۷ : مقدار CO2 آزاد نشده در حضور منابع انرژی تجدیدپذیر ۱۰۴
شکل ۵- ۱۸ : الگوی بار ریزشبکه به ازای تعرفه های مختلف ۱۰۹
شکل ۵- ۱۹ : هزینه تامین بار ریزشبکه به ازای V های مختلف..... ۱۱۱
شکل ۵- ۲۰: سود حاصل برای مصرف کنندگان ریزشبکه شبکه در حضور پاسخگویی بار ۱۱۱

فهرست جدول‌ها

فصل ۱

جدول ۱- ۱ : مزایای منابع تولید پراکنده ۱۰

فصل ۳

جدول ۳- ۱: مشخصات انواع منابع تولید پراکنده ۴۷

فصل ۵

جدول ۵- ۱: ظرفیت نامی منابع انرژی تجدیدپذیر مورد مطالعه ۷۵
جدول ۵- ۲ : اطلاعات منابع تولید پراکنده ۷۷
جدول ۵- ۳ : توان تولیدی DGها و توان مبادله شده با شبکه بالادستی و هزینه تامین بار ریزشبکه در حالت پایه ۷۸
جدول ۵- ۴ : توان جاری در بین ناحیه های ریزشبکه در حالت پایه ۸۰
جدول ۵- ۵ : توان تولیدی DGها و توان مبادله شده با شبکه بالادستی و هزینه تامین بار ریزشبکه در حالت MCP=0.15$ ۸۲
جدول ۵- ۶ : توان جاری در بین ناحیه های ریزشبکه MCP=0.15$ ۸۴
جدول ۵- ۷ : توان تولیدی DGها و توان مبادله شده با شبکه بالادستی و هزینه تامین بار ریزشبکه در حالت MCP=0.20$ ۸۵
جدول ۵- ۸ : توان جاری در بین ناحیه های ریزشبکه MCP=0.20$ ۸۷
جدول ۵- ۹ : توان تولیدی DGها و توان مبادله شده با شبکه بالادستی و هزینه تامین بار ریزشبکه در حالت Stable Islanded Operation به ازای MCP=0.20$ ۹۷
جدول ۵- ۱۰ : توان جاری در بین نواحی ریزشبکه در حالت Stable Islanded Operation به ازای MCP=0.20$ ۹۹
جدول ۵- ۱۱ : میزان آزاد سازی CO_2 در وضعیت های مختلف بار ۱۰۴
جدول ۵- ۱۲ : بار پیش بینی شده برای روز مورد مطالعه ۱۰۶
جدول ۵- ۱۳ : ماتریس کشش برای مصرف کنندگان ریزشبکه مورد مطالعه ۱۰۶
جدول ۵- ۱۴ : قیمت های قبل از اجرای برنامه پاسخگویی بار ۱۰۶
جدول ۵- ۱۵ : توان تولیدی DGها و توان مبادله شده با شبکه بالادستی و هزینه تامین بار ریزشبکه بدون در نظر گرفتن برنامه پاسخگویی بار ۱۰۷
جدول ۵- ۱۶ : توان تولیدی DGها و توان مبادله شده با شبکه بالادستی و هزینه تامین بار ریزشبکه با در نظر گرفتن برنامه پاسخگویی بار به ازای V=0.12 $ ۱۰۸

فهرست علامت‌ها و اختصارها

علامت اختصاری	مفهوم
P_m	توان مبادله شده با شبکه سراسری که می‌تواند مثبت یا منفی باشد
N_g	تعداد واحدهای قابل برنامه‌ریزی در هر ناحیه
P_g	توان خروجی واحد قابل برنامه‌ریزی g ام
N_{load}	*تعداد مصرف‌کنندگان (تعداد بارها*
$MCost$	بیانگر هزینه تبادل با شبکه بالادستی است و می‌تواند مثبت یا منفی باشد
$P_{ren_{Ak}}$	توان تولیدی ناحیه k ام توسط منابع انرژی تجدیدپذیر
Scost	هزینه راه اندازی
MC	هزینه تعمیرات و نگهداری
PLR	نسبت توان تولیدی به ماکزیمم ظرفیت توان واحد تولیدی
Cg	هزینه سوخت
%r	درصد تغییرات بار نسبت مقدار پیش‌بینی شده
%m	درصد تغییرات در تولید منابع انرژی تجدیدپذیر نسبت مقدار پیش‌بینی شده

چکیده

نام خانوادگی : سفیدگر دزفولی	نام: علی	شماره دانشجویی :۹۰۴۰۲۲۲

عنوان پایان نامه : بهره‌برداری بهینه ریزشبکه با حضور منابع انرژی تجدیدپذیر

استاد راهنما: پروفسور محمود جورابیان

استاد مشاور: دکتر سعیداله مرتضوی

درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: برق	گرایش: قدرت
دانشگاه : شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی	گروه : برق

تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۹۲/۰۶/۳۱	تعداد صفحه : ۱۲۰

کلید واژه ها : ریزشبکه، مدیریت انرژی، منابع انرژی تجدیدپذیر، بهره‌برداری بهینه، بهره‌برداری پایدار، عدم قطعیت، پاسخگویی بار، شبکه هوشمند

ریزشبکه (MicroGrid) به مجموعه ای از بارها، منابع تولید و ذخیره انرژی گفته می شود که به صورت یک بار قابل کنترل عمل کرده و می توانند توان و حرارت را برای یک ناحیه محلی فراهم نمایند. بهره‌برداری از ریزشبکه‌ها بدلیل حضور انواع مختلف بارها، منابع ذخیره‌ساز و وفور منابع انرژی تجدیدپذیر پیچیدگی‌های خاصی را به همراه دارد. در این پایان نامه ابتدا یک ریزشبکه نمونه با تعداد نسبتا زیاد DG و منابع انرژی تجدیدپذیر و با در نظر گرفتن انواع قیود متداول بهره‌برداری مدل‌سازی شده و مسئله برنامه‌ریزی کوتاه مدت با هدف کمینه کردن هزینه تامین بار و میزان انتشار آلاینده‌ها، حل شده است. مسائل مهم دیگری مانند محدودیت انتقال توان در بین نواحی مجاور، عدم قطعیت بار و عدم قطعیت منابع انرژی تجدیدپذیر، توانایی ریزشبکه در حفظ پایداری خود در صورت جزیره‌ای شدن ناخواسته، در نظر گرفته شده‌اند و همچنین جهت استفاده از برنامه‌های "پاسخگویی بار" در ریزشبکه، فرمول‌بندی وشبیه‌سازی مناسب آورده شده است. وجه تمایز این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های پیشین این است که از جامعیت و دقت بیشتری برخوردار میباشد.

فصل اول

مقدمه

فصل اول

مقدمه

در این مقدمه به منظور ایجاد یک نگرش کلان به پایان‌نامه، موضوعات مورد بحث پایان‌نامه به‌صورت کلی بیان شده‌اند، مشکلات سیستم قدرت فعلی بیان شده و سپس ریزشبکه، به عنوان یک راه حل معرفی شده و مزایا، معایب، فرصت‌ها و تهدیدات ناشی از حضور ریزشبکه‌ها بررسی شده و همچنین چالش‌های آن به خصوص در بحث بهره‌برداری ومدیریت انرژی، مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۱) موضوع پژوهش

۱-۱-۱) مشکلات و معایب سیستم‌های قدرت فعلی

شبکه های الکتریکی از بدو شکل گیری تا به امروز دچار تغییرات زیادی در ساختار و نحوه بهره برداری شده اند. در هر دوره سیستم قدرت از انواع فن‌آوری‌ها و تجهیزات به‌روز استفاده نموده و ساختار خود را کامل‌تر و امن‌تر نموده است. در حقیقت هر سیستم قدرتی تنها یک هدف نهایی را دنبال می کند و آن تأمین و تحویل انرژی به مشتریان با کیفیت و قابلیت اطمینان مطلوب می باشد. در این میان عوامل اقتصادی و زیست محیطی نیز در دوره‌های مختلف وارد روند برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم قدرت شده‌اند. اگرچه شبکه قدرت کنونی بسیار مجهز و پیشرفته می باشد اما کامل نبوده و نیازمند تغییرات اساسی در برخی رویکردهای خود می باشد. در ادامه به چند نمونه از مشکلات سیستم قدرت فعلی اشاره شده است[۲].

۱) روند نامناسب تحویل انرژی الکتریکی

شبکه قدرت فعلی شامل منابع تولید انرژی متمرکزی می باشد که عموماً دور از مصرف‌کنندگان واقع شده‌اند. اولین مسئله مهم در این راستا بحث تلفات انرژی الکتریکی در سیستم‌های انتقال و توزیع می‌باشد. در صورتی که بتوان سهمی از انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف‌کنندگان را به صورت محلی تولید نمود، از هزینه‌های تلفات انتقال انرژی در خطوط طویل سیستم‌های انتقال و توزیع جلوگیری خواهد شد. بنابراین به نسبت میزان کاهش در

تلفات الکتریکی شاهد کاهش تولید نیروگاه‌های فسیلی و به تبع آن کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار آلاینده‌ها خواهیم بود[۲].

۲) غیرفعال بودن مشتریان

مشتریان در سیستم قدرت فعلی تنها به صورت یک مصرف کننده غیرفعال هستند و تنها به مصرف خود فکر کرده و متناسب با نیاز خود از انرژی الکتریکی استفاده می نمایند. برخی شباهت‌ها در الگوی مصرف عموم مشتریان، منجر به بوجود آمدن ساعاتی میشود که انرژی الکتریکی زیادی در آن تقاضا می شود (اوج بار) و ساعاتی که تقاضای مصرف انرژی الکتریکی به کمترین میزان خود می رسد (کم باری). اگرچه ساعات اوج بار تنها بازه زمانی کوچکی از یک سال را شامل می شود، اما شرکت برق موظف است تا ظرفیت تولید خود را برای تأمین اوج بار بالا ببرد. از سویی دیگر بهره‌بردار به ناچار باید در ساعات اوج بار، واحدهای با هزینه‌ی تولید بالای خود را نیز به مدار بیاورد که این امر باعث افزایش قیمت انرژی برای مشتریان خواهد شد. همچنین در ساعات اوج بار تمامی قیود شبکه در نزدیکی محدوده های مجاز خود می باشند، لذا در صورت بروز عیبی در اجزای شبکه و اضافه بار یک جزء دیگر ممکن است بهره بردار مجبور به حذف برخی از بارهای شبکه شود. در چنین وضعیت هایی احتمال بروز خاموشی سراسری که خسارات هنگفتی را به اقتصاد یک کشور وارد می‌کند خواهد بود. راه غلبه بر چنین مشکلاتی تنها و تنها با مشارکت مشتریان امکان پذیر خواهد شد. تنها مشتریان هستند که می توانند با اصلاح الگوی مصرف خود بار شبکه را یکنواخت کرده و از فاصله میزان مصرف انرژی در ساعات اوج و کم باری بکاهند. اما چرا تا به حال بهره‌برداران از تمام پتانسیل‌های سمت تقاضا در مدیریت انرژی و افزایش بازدهی شبکه استفاده ننموده اند؟ علت این امر را می توان در نبود قابلیت های کافی در سیستم توزیع دانست. به عبارت دیگر غیرفعال بودن مصرف کنندگان در شبکه فعلی به علت نبود زیرساخت های اندازه گیری و ارتباطی مناسب بین مشتریان و شرکت های برق می باشد. اگر بتوان بستر شبکه توزیع را چنان مهیا نمود که مشتریان توانایی مشارکت در بازار برق و فروش انرژی را دارا باشند، آنگاه مشکلات بهره برداری از سیستم کاهش خواهد یافت. همچنین سیاست های تشویقی برای مشتریان باعث ایجاد انگیزه بیشتر آنها جهت شرکت در برنامه های پاسخگویی بار می شود. انجام مدیریت مصرف توسط خود مشتریان از آرزوهای

بهره برداران سیستم می باشد. فعال شدن مشتریان علاوه بر تنظیم میزان مصرف انرژی خود، شامل نصب منابع انرژی تجدیدپذیر پراکنده و ذخیره سازها در محل مصرف نیز می باشد.

لذا شرط فعال نمودن مشتریان به عنوان یکی از مشارکت کنندگان در بهره برداری شبکه، ایجاد زیرساخت اندازه گیری هوشمند و ارتباط مخابراتی دو طرفه می باشد[۲].

۳) نیاز به بهبود امنیت و قابلیت اطمینان شبکه

شبکه تحویل انرژی الکتریکی فعلی با شبکه مطلوب و دلخواه مشتریان فاصله زیادی دارد. اگرچه سیستم قدرت از گذشته تا کنون پیشرفت‌های زیادی نموده و با کمک فن‌آوری نوین، بسیاری از مشکلات پیش روی خود را برداشته است، اما هنوز نیاز به بازبینی و بهبود در برخی امور دارد. یکی از این موارد به حداقل رساندن دوره و تعداد دفعات خاموشی برای مشتریان می باشد. اگر شبکه فعلی بتواند توانایی خود ترمیمی[1] داشته باشد، آنگاه در صورت بروز عیب در یکی از عناصر سیستم به سرعت آن را شناسایی نموده و بطور خودکار تصمیمات اصلاحی جهت برطرف کردن آن را خواهد گرفت.

در سیستم توزیع فعلی امکان عیب یابی خودکار در سطح شبکه وجود ندارد و تنها راه آگاهی بهره بردار از بروز عیب در شبکه توزیع، اطلاع رسانی از طرف مشتریان می باشد. این روند بسیار وقت گیر بوده و باعث ایجاد تاخیر زیادی در برق‌دار شدن مجدد مشتریان خواهد شد. جهت رفع این مشکل باید بهره بردار شبکه توزیع بتواند در هر لحظه شبکه را پایش نموده و از وضعیت سلامت تجهیزات خود آگاه باشد. نبود سیستم کنترل خودکار و از راه دور کلیدها در شبکه توزیع از دیگر معایب این سیستم می باشد. در حال حاضر در صورت بروز یک حادثه در سیستم توزیع، نیاز به حضور مامورین شرکت برق در محل حادثه بوده و همچنین باز یا بسته نمودن اکثر کلیدها به صورت دستی انجام می گیرد. در صورت وجود اتوماسیون توزیع می توان تجدید آرایش شبکه را از راه دور و با یک برنامه درست انجام داد[۲].

۴) چالش های اقتصادی و زیست محیطی

همان طور که می دانیم، منابع فسیلی جهان محدود بوده و در آینده ای نه‌چندان دور به اتمام خواهند رسید. این امر منجر به ایجاد نگرانی‌هایی در جوامع جهانی و مطرح شدن

[1] - Self-Healing

مبحث بحران انرژی در بسیاری از کشورها شده است. محدود بودن ذخایر فسیلی از دو دیدگاه حائز اهمیت می‌باشد. از یک دیدگاه منابع سوخت فسیلی به عنوان یک ابزار در دست کشورهای قدرتمند جهان بوده تا با ذخیره سازی و تعیین قیمت آن، سایر کالاها و تبادلات جهانی را در کنترل خود در آورند. در حقیقت با کنترل این منابع انرژی می توان صنعت و رشد اقتصادی کشورهایی را که از این منابع محروم و یا سهم کمی دارند، کنترل نمود. دیدگاه دیگر مربوط به کشورهایی می باشد که به اندازه کافی از منابع و ذخایر سوخت های فسیلی برخوردار بوده و صنعت و اقتصاد آنها برپایه این منابع می باشد. این کشورها عموماً به کشورهای تک قطبی معروف بوده و چرخ های اقتصاد آنها برپایه استفاده از منابع سوخت فسیلی در صنعت داخلی و یا فروش این ذخایر به کشورهای دیگر می چرخد. این کشورها تا زمانی که به ذخایر سوخت کافی دسترسی داشته باشند مشکلی در اقتصاد آنها به چشم نمی خورد، اما با تحلیل رفتن این ذخایر و عدم دسترسی به آنها در آینده ای نچندان دور اقتصاد آنها فلج خواهد شد. لذا تمامی دولت ها به فکر استقلال اقتصاد خود از فروش ذخایر فسیلی و استفاده از منابع دیگر انرژی که رایگان و زوال‌ناپذیر باشند، افتاده اند.

صنعت برق به عنوان یکی از بزرگترین صنایع مصرف کننده سوخت فسیلی هر کشور بوده که نیازمند بازنگری در میزان و نحوه مصرف سوخت می باشد. سیاست های اتخاذ شده در این زمینه دو رویکرد کلی را شامل می شود. رویکرد اول بکارگیری منابع انرژی تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی می‌باشد. برای مثال تشویق سیستم های قدرت به ایجاد نیروگاه های بادی و خورشیدی در مقیاس بزرگ بهمراه بکارگیری منابع انرژی پراکنده[1] (DER) در سطح سیستم توزیع نمونه‌ای از این رویکرد می‌باشد. رویکرد دوم شامل مباحث مدیریت انرژی الکتریکی و مصرف بهینه آن در بین مشتریان شبکه قدرت می‌باشد. مدیریت انرژی و مشارکت مشتریان در بحث خرید و فروش انرژی باعث کاهش اتلاف مصرف انرژی الکتریکی خواهد شد. بنابراین باید زیرساخت‌های اندازه‌گیری و ارتباطی ضروری برای اجرای این رویکردها در شبکه قدرت ایجاد شود. همچنین باید سیاست‌های تشویقی و الزامات قانونی لازم برای برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی این اهداف در سیستم قدرت اتخاذ گردد.

مسئله دیگری که در سال‌های اخیر توجه اکثر جوامع را به خود جلب کرده، مشکل آلودگی هوا و روند گرم‌تر شدن غیرطبیعی کره زمین می‌باشد. سیستم قدرت به عنوان یکی از بزرگترین صنایع منتشر کننده گازهای گلخانه‌ای می باشد. لذا باید برای کنترل و کاهش بحران آلودگی و رهایی از مشکلات زیست محیطی مرتبط با این موضوع تصمیماتی اساسی

[1] -Distributed Energy Resources

اتخاذ شود. بنابراین سیستم‌های قدرت باید تجدیدنظر کلی در نحوه تولید انرژی الکتریکی به اشکال متداول امروزی خود نمایند. مسئله کاهش مصرف سوخت های فسیلی در تولید انرژی الکتریکی از یک سو باعث بهبود اقتصاد کشورها شده و از سوی دیگر موجب کاهش انتشار گازهای آلاینده خواهد شد[۲].

۱-۱-۲) راه‌حلی به نام ریزشبکه

ریزشبکه یک شبکه توزیع فشار ضعیف یا متوسط است که محل تجمع انواع تولیدات پراکنده تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، تجهیزات ذخیره‌ساز و بارهای قابل کنترل می‌باشد که قابلیت عملکرد به صورت متصل به شبکه و یا خودگردان را دارد [۳, ۴].

به طور کلی، امروزه بهره‌برداران سیستم قدرت با مسائلی از قبیل تغییرات قابل توجه بار، رشد سریع تقاضا و گسترش جغرافیایی مشتریان روبرو می‌باشند. از سویی به علت سیاست‌های زیست‌محیطی، سرمایه‌گذاران تمایل چندانی به احداث نیروگاه‌های سوخت فسیلی نداشته و چالش جدیدی در به‌کارگیری منابع تولید توان برای بهره‌بردار سیستم قدرت بوجود آمده است. در حال حاضر با توسعه تکنولوژی‌های تولید انرژی، افزایش توجه به مسائل محیطی و علاقه برای بهبود قابلیت اطمینان شبکه الکتریکی، امکان و انگیزه لازم برای تغییر شبکه‌های توزیع از حالت غیرفعال به فعال و رغبت در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح سیستم توزیع فراهم شده است. از سویی دیگر اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه‌های توزیع کنونی، نیازهای فنی و اقتصادی سرمایه‌گذاران را برآورده نکرده و در حالی که انتظار می‌رفت با افزایش ضریب نفوذ منابع انرژی تجدیدپذیر مختلف، کیفیت برق بهبود یابد، به خاطر نوسانات توان ناشی از تفاوت ولتاژ و فرکانس منابع انرژی تجدیدپذیر مختلف و همچنین به‌دلیل عملکرد پراکنده کنترل نشده آنها، نتایج عکس حاصل گردیده است. از این رو راه حل مناسب، ساخت شبکه های کوچک مستقل از شبکه اصلی یا ریزشبکه می باشد. مفهوم ریزشبکه[1] (MG) به مجموعه ای از بارها، منابع تولید و ذخیره انرژی گفته می شود که به صورت یک بار قابل کنترل یا ژنراتور عمل کرده و می توانند توان و حرارت را برای یک ناحیه محلی فراهم نمایند. این مفهوم الگوی جدیدی را برای بهره برداری تولیدات پراکنده در سطح شبکه توزیع ارائه نموده و امکان کنترل محلی و سازمان دهی خودکار بهره برداری تولید پراکنده را فراهم می‌نماید. در مقایسه با یک سیستم تولید

[1] - MicroGrid