دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره پایان‌نامه:

مهندسی برق – قدرت

عنوان :

بهره‌برداری بهینه از شرکت توزیع دارای واحد های تولید پراکنده با هدف دستیابی به

بیشترین سود با تعیین سهم توان اکتیو/راکتیو نیروگاه فتوولتائیک

استاد:

دکتر سید سعیداله مرتضوی

استاد مشاور:

دکتر محمود جورابیان

نگارنده :

امیر رستمی

۹۰۳۱۸۰۲

بهمن ۱۳۹۲

نام خانوادگي :رستمی	نام:امیر	شماره دانشجويي: ۹۰۳۱۸۰۲
عنوان پايان نامه : بهره‌برداری بهینه از شرکت توزیع دارای واحد های تولید پراکنده با هدف دستیابی به بیشترین سود با تعیین سهم توان اکتیو/راکتیو نیروگاه فتوولتائیک		
استاد/ اساتیدراهنما: دکتر سید سعیداله مرتضوی		
استاد/ اساتید مشاور: دکتر محمود جورابیان		
درجه تحصيلي:کارشناسی ارشد	**رشته:برق**	**گرايش:قدرت**
دانشگاه :شهید چمران اهواز	**دانشکده:مهندسی**	**گروه :برق**
تاريخ فارغ التحصيلي : ۹۲/۱۱/۲۹		**تعداد صفحه:۱۰۶**

کلید واژه ها : شرکت توزیع، کسب سود، تولیدات پراکنده، ژنراتور القایی دوسو تغذیه، توان راکتیو

چکیده:

از آنجایی‌که سیستم های تجدید ساختار یافته‌ی برق باعث بوجود آمدن یک بازار رقابتی شده است، احتیاج به بهره‌برداری بهینه از واحدهای تولیدی بیش از پیش احساس می‌شود. با نفوذ روز افزون نیروگاه‌های فتوولتائیک) در شبکه قدرت، استفاده‌ی بهینه از قابلیت‌های این نیروگاه‌ها با برنامه‌ریزی مناسب مشارکت واحدها می‌تواند باعث افزایش سود مالکان شود. ازین‌رو هدف این پایان‌نامه «بهره‌برداری بهینه از شرکت توزیع دارای واحدهای تولید پراکنده با هدف دست‌یابی به بیشترین سود با تعیین سهم بهینه‌ی توان اکتیو/راکتیو خروجی نیروگاه‌های فتوولتائیک» تعریف شده و در آن با توجه به قابلیت تولید توان راکتیو نیروگاه بادی دارای DFIG ، برنامه‌ریزی مشارکت واحدها در تولید توان اکتیو و راکتیو با هدف ماکزیمم شدن سود شرکت توزیع (PBUC) انجام می‌شود. یک مدل ریاضی برای حل این مسئله ارائه شده و با استفاده از نرم‌افزار GAMS فرآیند بهینه‌سازی انجام می‌شود.

Surname: Moosavi Dehsheikh	**Name :** Abbas
Title : Optimal Operation of DISCO including Distributed Generations considering Reactive Power generation capacity of PV Generators	
Supervisor/s: Dr. S. Mortazvi	
Advisor/s: Dr. M. Saniei	
Degree: M. Sc	
University: Shahid Chamran University of Ahwaz	
Faculty: Engineering	**Department :** Power Engineering
Keywords : DISCO, PBUC, DG, DFIG, Ractive Power	

Abstract :

In recent years, the number of wind turbine made up with DFIG located within distribution system is rapidly increasing. Capability of generating reactive power and ability of operating in wide range of speed, make PV most popular wind turbine. The aim of this work is determining reactive power output of wind turbine DFIG in profit based unit commitment for distribution company. With providing reactive power by PV as a continues reactive power source, we can control voltage and reactive power in distribution system without using other reactive compensator. For solving PBUC, we used MINLP and it's done in GAMS software.

فهرست مطالب

فصل اول ۱

مروری بر پژوهش های انجام شده ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ مروری بر پژوهش های گذشته ۳

۱-۲-۱ شرکت توزیع ۳

۱-۲-۲ نیروگاه های بادی ۱۰

۱-۲-۳ توان راکتیو تولیدی نیروگاه بادی و PBUC در DISCO ۱۱

۱-۲-٤ بارهای قابل قطع ۱۳

۱-۳ معرفی مسئله مورد بررسی ۱۴

۱-۴ ساختار کلی پایان نامه ۱۵

فصل دوم ۱۶

تجدید ساختار بازارهای برق ۱۶

۲-۱ مقدمه ۱۶

۲-۲ عملیات بازار در سیستم های الکتریکی قدرت ۱۷

۲-۳ اهداف تجدید ساختار و تشکیل بازار برق ۱۸

۲-۴ مدل های بازار برق ۲۰

۲-۵ ساختار بازار برق ۲۱

۲-۶ انواع بازار توان ۲۸

۲-٦-۱ بازارهای انرژی، خدمات جانبی و انتقال ۲۸

۲-٦-۲ بازارهای پیشرو و زمان – حقیقی ۳۲

۲-۷ قدرت بازار ۳۳

۲-۸ عناصر کلیدی در بهره برداری بازار ۳۴

فصل سوم ۳۸

مسئله PBUC برای شرکت توزیع ۳۸

۳-۱ مقدمه ۳۸

۳-۲ مسئله UC در سیستم های تجدید ساختار یافته ۴۱

۳-۳ مسئله به مدار آوردن نیروگاه ها در با هدف کسب بیشترین سود و در نظر گرفتن قیود شبکه ۴۲

۳-۳-۱ فرمول بندی مسئله پخش بار بهینه ۴۳

۳-۴ فرمول بندی مسئله PBUC ۴۶

۳-٤-۲ قیود ٤۸

۳-۵ پیاده سازی روش تخمین نقطه ۵۳

فصل چهارم ۵۶

نیروگاه بادی، بارهای قابل قطع و ذخیره چرخان ۵۶

۴-۱ مقدمه ۵۶

۴-۲ انرژی باد ۵۶

٤-٢-١ تعیین محل توربین بادی ٥٧

٤-٢-٢ توربین های بادی ٥٩

٤-٢-٢-١ توربین های بادی با محور چرخش عمودی ٦٠

٤-٢-٢-٢ توربین های بادی با محور چرخش افقی ٦١

٤-٢-٣ مدل سازی توربین بادی ٦١

٤-٢-٤ ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG) ٦٣

٤-٣ بارهای قابل قطع ٦٩

٤-٣-١ مدل سازی تابع هزینه مشترک ٧٠

٤-٤ ذخیره چرخان ٧٢

فصل پنجم ٧٥

بررسی نتایج شبیه سازی ٧٥

٥-١ مقدمه ٧٥

٥-٢ حل مسئله PBUC ٧٥

٥-٢-١ تعیین میزان ذخیره چرخان ٧٧

٥-٣ نتایج شبیه سازی سیستم های مورد بررسی ٧٧

٥-٣-١ سیستم ٤ شینه ٧٧

٥-٣-٢ سیستم ١٨ شینه ٨٨

٦-٥-١ بررسی نتایج بدون در نظر گرفتن توان راکتیو نیروگاه بادی و بار قابل قطع ... ٩٢

٦-٥-٢ بررسی نتایج با در نظر گرفتن بار قابل قطع ٩٨

٦-٥-٣ بررسی نتایج با در نظر گرفتن بار قابل قطع و توان راکتیو DFIG..... ١٠٤

۶-۶ مقایسه نتایج به دست آمده و نتیجه گیری..... ۱۱۰

فصل ششم ۱۱۴

نتیجه گیری..... ۱۱۴

۶-۱ مقدمه ۱۱۴

۶-۲ نتیجه گیری ۱۱۵

۶-۳ پیشنهادهایی برای پژوهش های آینده ۱۱۶

پیوست الف ۱۱۷

اطلاعات سیستم ۱۸ شینه ۱۱۷

پیوست ب ۱۲۴

نحوه استفاده از GAMS در سیستم های قدرت ۱۲۴

ب-۱ مقدمه ۱۲۴

ب-۲ یک مسئله نمونه در حمل و نقل..... ۱۲۷

ب-۳ ساختار الگوی GAMS..... ۱۳۰

ب-۳-۱ SETS..... ۱۳۱

ب-۳-۲ DATA..... ۱۳۳

ب-۳-۲-۱ داده ها به صورت لیست ۱۳۳

ب-۳-۲-۲ داده ها به صورت جدول ۱۳۵

ب-۳-۲-۳ داده ها به صورت تخصیص مستقیم ۱۳۵

ب-۳-۳ متغیرها ۱۳۶

ب-۴ معادله ها ۱۳۷

ب-٤-۱ نمادگذاری جمع و ضرب ۱۳۸

ب-٤-۲ تعریف معادلات (تساوی) ۱٤۰

ب-۵ تابع هدف ۱۴۲

ب-۶ ایجاد الگو و حل کردن مسئله ۱۴۲

ب-۷ نمایش دادن ۱۴۴

ب-۸ پایگاه داده ۱۴۴

ب-۸-۱ تعیین حدود متغیر و/یا مقادیر اولیه ۱٤۵

ب-۸-۲ انتقال ونمایش مقادیر بهینه ۱٤٦

ب-۹ خروجی GAMS ۱۴۶

ب-۹-۱ Echo Print ۱٤۷

ب-۹-۲ Error Massages ۱٤۹

ب-۹-۳ Reference Maps ۱٤۹

ب-۹-٤ Equation Listings ۱۵۲

مراجع ۱۵۳

فهرست شکل‌ها

فصل دوم

شکل ۲- ۱ نحوه تسویه حساب در بازار برق[۱]..... ۲۹

شکل ۲- ۲ بهره برداری بازار تجدید ساختار شده[۱] ۳۷

فصل چهارم

شکل ٤-۱ نمونه ای از یک توربین بادی با محور چرخش عمودی[٥٤] ٦٠

شکل ٤- ۲: نمونه ای از یک توربین بادی با محور چرخش افقی[٥٤] ٦١

شکل ٤- ۳: توان خروجی یک واحد بادی بر حسب سرعت باد[٥٥]..... ٦٢

شکل ٤- ٤: توربین بادی، DFIG، مبدل پشت به پشت و ترانسفورمر[٥٨] ٦٥

شکل ٤- ٥: مدار معادل DFIG [٤٦]..... ٦٦

شکل ٤- ٦: منحنی محدودیت قابلیت DFIG با ظرفیت ۱۵۰۰ کیلووات..... ٦٨

فصل پنجم

شکل ٥- ۱: سیستم نمونه ٤ شینه ۷۸

شکل ٥- ۲: ولتاژ شین ۳..... ۸٥

شکل ٥- ۳: ولتاژ شین ٤..... ۸٥

شکل ٥- ٤ : سیستم نمونه ۱۸ شینه ۸۹

شکل ٥- ٥ : پروفایل بار در ٢٤ ساعت ۹۱

شکل ٥- ٦ : پروفایل ولتاژ شین ها..... ۹۳

شکل ٥- ۷ : پروفایل ولتاژ شین ها..... ۹۸

شکل ٥- ۸: پروفایل ولتاژ شین ها..... ۱۰٤

شکل ۵- ۹: نمودار درآمد حاصل از تبادل توان با شبکه ۱۱۱
شکل ۵- ۱۰ : نمودار هزینه بهره برداری ۱۱۱
شکل ۵- ۱۱ : نمودار سود کل در سه حالت..... ۱۱۲

فهرست جدول‌ها

فصل چهارم

جدول ٤-١ طبقه بندی انواع باد طبق تعریف سازمان هواشناسی[٥٣]..... ٥٨

جدول ٤- ٢: پارامترهای الکتریکی DFIG ٦٨

فصل پنجم

جدول ٥-١: مشخصات DG..... ٧٨

جدول ٥-٢: مشخصات SG (توربین بادی مجهز به DFIG) ٧٨

جدول ٥- ٣: مشخصات بار اکتیو و راکتیو، و ماکزیمم توان قابل تولید توسط SG در ٢٤ ساعت ٧٨

جدول ٥- ٤: ولتاژ شین ها در حالت ١-١ ..... ٧٩

جدول ٥- ٥: درآمد، هزینه، خرید از شبکه و سود در حالت ١-١..... ٨٠

جدول ٥- ٦: توان های تولید شده توسط DG و SG و خریداری شده از شبکه در حالت ١-١..... ٨١

جدول ٥- ٧: مجموع توان های تولید شده و خریداری شده، هزینه ها، درآمد و سود در حالت ١-١..... ٨٢

جدول ٥- ٨ : خرید از شبکه و سود در حالت ١-٢ ..... ٨٣

جدول ٥- ٩: مجموع هزینه توان خریداری شده از شبکه و سود در حالت ١-٢..... ٨٣

جدول ٥- ١٠: ولتاژ شین ها در حالت ٢-١..... ٨٤

جدول ٥- ١١: درآمد، هزینه، خرید از شبکه و سود در حالت ٢-١ ..... ٨٥

جدول ۵- ۱۲ : توان های تولید شده توسط DG و SG و خریداری شده از شبکه در حالت ۲-۱ ..... ۸۶
جدول ۵- ۱۳ : مجموع توان ها، هزینه ها، درآمد و سود در حالت ۱-۱ ..... ۸۷
جدول ۵- ۱٤ : خرید از شبکه و سود در حالت ۲-۲ ..... ۸۸
جدول ۵- ۱۵ : مجموع هزینه توان خریداری شده از شبکه و سود در حالت ۲-۲ ..... ۸۸
جدول ۵- ۱٦ : وضعیت خاموش و روشنبودن DG ها ۹۲
جدول ۵- ۱۷ : میانگین توان DGها ۹۳
جدول ۵- ۱۸ : انحراف معیار توان DGها ۹٤
جدول ۵- ۱۹: میانگین توان اکتیو SGها ۹٤
جدول ۵- ۲۰ : انحراف معیار توان اکتیو SGها ۹٤
جدول ۵- ۲۱ : میانگین توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۹۵
جدول ۵- ۲۲: انحراف معیار توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۹۵
جدول ۵- ۲۳ : میانگین توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۹٦
جدول ۵- ۲٤: انحراف معیار توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۹٦
جدول ۵- ۲۵: هزینه،درآمد و سود در ۲٤ ساعت ۹۷
جدول ۵- ۲٦ : میانگین توان DGها ۹۸
جدول ۵- ۲۷: میانگین توان اکتیو SGها ۹۹
جدول ۵- ۲۸: انحراف معیار توان اکتیو SGها ۹۹
جدول ۵- ۲۹: میانگین توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۰
جدول ۵- ۳۰: انحراف معیار توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۰

جدول ۵- ۳۱: میانگین توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۱
جدول ۵- ۳۲: انحراف معیار توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۱
جدول ۵- ۳۳: هزینه،درآمد و سود در ۲٤ ساعت ۱۰۲
جدول ۵- ۳٤: بار قطع شده ۱۰۳
جدول ۵- ۳۵: میانگین توان DGها.....۱۰٤
جدول ۵- ۳٦: میانگین توان اکتیو SGها.....۱۰۵
جدول ۵- ۳۷: انحراف معیار توان اکتیو SGها.....۱۰۵
جدول ۵- ۳۸ : میانگین توان راکتیو SGها ۱۰۵
جدول ۵- ۳۹: انحراف معیار توان راکتیو SGها ۱۰٦
جدول ۵- ٤۰: میانگین توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰٦
جدول ۵- ٤۱ : انحراف معیار توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۷
جدول ۵- ٤۲: میانگین توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۷
جدول ۵- ٤۳ : انحراف معیار توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۸
جدول ۵- ٤٤ : هزینه،درآمد و سود در ۲٤ ساعت ۱۰۸
جدول ۵- ٤۵: بار قطع شده ۱۰۹
جدول ۵- ٤٦: مجموع درآمد، هزینه، سود و تلفات در سه حالت بررسی شده ۱۱۰

پیوست الف

جدول الف- ۱: اطلاعات بار اکتیو سیستم ۱۸ شینه در ۲٤ ساعت.....۱۱۹
جدول الف- ۲ : اطلاعات بار راکتیو سیستم ۱۸ شینه در ۲٤ ساعت ۱۱۹
جدول الف- ۳ : اطلاعات DG های سیستم ۱۸ شینه ۱۲۰
جدول الف- ٤: اطلاعات SG های سیستم ۱۸ شینه ۱۲۱

جدول الف- ۵: ظرفیت ترانسفورماتورهای سیستم ۱۸ شینه ۱۲۱

جدول الف- ٦ : مشخصات خطوط شبکه ۱۸ شینه ۱۲۱

جدول الف- ۷ : مشخصات توزیع احتمال توان تولیدی SG های سیستم ۱۸ شینه ۱۲۲

پیوست الف

جدول ب- ۱: اطلاعات مسئله نمونه ۱۲۸

جدول ب- ۲: اجزای اصلی برنامه GAMS ۱۳۰

جدول ب- ۳: مشخصات انواع متغیرها ۱۳٦

جدول ب- ٤ : لیست خروجی های GAMS ۱٤٦

فهرست علامت‌ها و اختصارها

F_r	هزینه کل تامین بار
P_i	توان تولیدی واحد i
P_L	توان تلفات انتقال
V_L	ولتاژ شین بار
x^T	بردار مقادیر وابسته
P_{G1}	توان شین مرجع
Q_G	توان راکتیو خروجی ژنراتور
S_k	وان ظاهری در خط kام
DG	تولیدات پراکنده قابل برنامه‌ریزی (توربین گازی)
SG	تولیدات پراکنده دارای ماهیت اتفاقی (توربین بادی)
N_L	تعداد شین‌های بار
N_{dg}	تعداد شین‌های دارای DG
N_{sg}	تعداد شین‌های دارای SG
N_E	تعداد خطوط شبکه
P_G	توان حقیقی ژنراتورها به جز ژنراتور شین مرجع
V_G	ولتاژ ژنراتورها
T	تپ ترانسفورماتورها
Q_c	توان راکتیو تولیدی توسط منابع راکتیو
N_C	تعداد جبران‌سازهای موازی
N_r	تعداد ترانسفورماتورها
$d(t)$	بردار اغتشاش
N_0	تعداد کل شین‌ها
$\mathrm{g(x, u, d(t))}$	معادلات غیر خطی پخش بار
P_{Gi}	توان حقیقی تزریق شده در شین iام
P_{Di}	میزان بار حقیقی در شین iام
V_i	اندازه ولتاژ در شین iام
G_{ij}	بخش حقیقی ادمیتانس خط
B_{ij}	بخش موهومی ادمیتانس خط
θ_{ij}	اختلاف زاویه ولتاژ بین شین i و j
Q_{G_i}	توان راکتیو تزریق شده به شین iام
Q_{D_i}	میزان بار راکتیو در شین iام

N_{PQ}	تعداد شین‌های PQ شبکه
$P_{D_i}^0$	مقدار بار حقیقی در شین iام بدون در نظر گرفتن اغتشاش
$C_{dg,i}(P(i,t))$	هزینه تولید dg شین i در زمان t
$C_{sg,i}(P(i,t))$	هزینه تولید sg شین i در زمان t
$SU(i,t)$	هزینه راه‌اندازی واحد تولیدی i در زمان t
$SD(i,t)$	هزینه خاموش کردن واحد تولیدی i در زمان t
$r_s(i,t)$	ذخیره چرخان واحد i در زمان t
VPP	نیروگاه مجازی
GSP	نقاط اتصال به شبکه
$P_{Demand,i}^t$	بار درخواست شده در شین i و ساعت t
$P_{DL,i}^t$	بار قطع شده در شین i و ساعت t
ρ_{DSO}^t	مبلغی که از مشتری به ازای هر مگاوات اخذ می‌شود در ساعت t
$P_{VPP,i}^t$	توانی که توسط VPP به شبکه‌ی بالا دست فروخته می‌شود در شین i و در ساعت t
$\lambda_{VPP,i}^t$	قیمت تبادل توان با شبکه‌ی بالادست در شین i و در ساعت t
${P_{Gi}}^{min}$	تولید حداقل واحد i
${P_{Gi}}^{max}$	تولید حداکثر واحد i
V_i^{min}	حداقل ولتاژ
V_i^{max}	حداکثر ولتاژ
$X^{on}(i,t-1)$	دوره زمانی که واحد i در زمان t آن مدت روش بوده است
$X^{off}(i,t-1)$	دوره زمانی که واحد i در زمان t آن مدت خاموش بوده است
$T^{on}(i)$	حداق زمانی است که واحد i بعد از روشن شدن، باید روشن بماند
$T^{off}(i)$	حداقل زمانی است که واحد i بعد از خاموش شدن، باید خاموش بماند
$I(i,t)$	وضعیت روشن یا خاموش بودن واحد i در زمان t
T	تپ ترانسفورماتور
f_l^{max}	حداکثر توان مجاز عبوری از خط
P^{wind}	توان خروجی واحد بادی
V_{ci}	سرعت باد راه‌اندازی
V_r	سرعت باد نامی
V_{co}	سرعت باد قطع
A_w	ضریب پیچ خوردگی
η	بازده واحد بادی
N_{WG}	تعداد توربین‌ها
r	تعداد واحدهای بادی
q	نرخ خروج اجباری
X_i	میزان توان خروجی مزرعه بادی
$C(V_i)$	توان خروجی واحد بادی

$P(X_i)$	احتمال توان خروجی مزرعه بادی
S	تعداد حالت‌ها
$u(x)$	تابع پله واحد
$C(\theta, x)$	تابع هزینه برق برای بار قابل قطع
k_1	ضریب عمودی معادله هزینه برای بار قابل قطع
N_h	تعداد واحدهای در مدار در ساعت hام
OC_{hj}	هزینه بهره‌برداری واحد jام در ساعت hام
EUE_{hk}	امید ریاضی انرژی تأمین نشده در ساعت hام در شین kام
$IEAR_k$	شیب تخمینی انرژی قطع شده در شین kام است
$IL(t)$	بار قابل قطع در دوره زمانی t
$IL^{max}(t)$	بیشینه بار قابل قطع در دوره زمانی t
$Reserve_k$	میزان رزرو در ساعت kام
$P_{G_i}^{MAX}$	میزان بیشینه توان تولیدی هر یک از نیروگاه‌ها در ساعت kام
$Reserve_k^{Max}$	مقدار بیشینه رزرو در ساعت kام
ORR_i^{τ}	نرخ جایگیزینی خروجی
$P(Failed)$	احتمال از دست رفتن واحد i
$P(Operating)$	احتمال در مدار بودن واحد i
$LOLP$	احتمال از دست رفتن بار
$LOLP_{max}$	حداکثر احتمال از دست رفتن بار
$LOLP_t$	میزان بار درخواستی در مدت زمان t
U_{i}	دسترس نبودن واحد i
$P[\varepsilon_j^1]$	احتمال اتفاقات یک واحد تولیدی
$\mathrm{P}[\varepsilon_{\mathrm{jk}}^2]$	احتمال اتفاقات دو واحد تولیدی
EENS	میانگین انرژی به مقصد نرسیده
VOLL	ضریب جریمه دینامیکی
RIV	جریمه مربوط به تجاوز از حد مجاز
$\mathrm{C_{Rj}}$	باقیمانده سرویس در حالت jام
$\mathrm{P_{Rj}}$	احتمال کل ظرفیت باقیمانده در حالت jام
$\sigma_{\mathrm{j,t}}$	متغیر دو دویی که عدم حضور یا حضور از دست دادن بار به خاطر رخدادهای تصادفی یک واحد تولیدی (در این جا واحد j) بیان می‌کند
θ	نشان دهنده نوع مشترک
$profit$	تابع سود شرکت توزیع
$revenue$	تابع درآمد شرکت توزیع
$\cos t$	تابع هزینه شرکت توزیع

فصل اول

مروری بر پژوهش های انجام شده

۱-۱ مقدمه

در سرتاسر جهان، صنعت برق که در دوره‌ای طولانی با شرکت‌های یکپارچه با ساختار عمودی اداره شده است، دست‌خوش تغییرات شگرفی شده است. صنعت برق به صنعت رقابتی و توزیع شده‌ای در حال تبدیل است که در آن، قدرت‌های بازار تعیین‌کننده‌ی قیمت برق بوده و هزینه‌ی خالص از طریق افزایش رقابت، کاهش می‌یابد.

تجدید ساختار، جداسازی سه عنصر صنعت برق یعنی تولید[۱]، انتقال[۲] و توزیع[۱] را ایجاب می‌کند. در سیستم‌های برق تجدید ساختار یافته، GENCO[۲]ها (شرکت‌های تولیدی)،

[1] Generation
[2] Transmission

TRANSCO[۳]ها (شرکت‌های انتقال) و DISCO[۴]ها (شرکت‌های توزیع) وقتی که در بازار برق شرکت می‌کنند، در حالت بهره‌برداری بهینه (بیشترین میزان سود و کمترین میزان خطر احتمالی) خودشان قرار دارند. اپراتور مستقل سیستم (ISO[۵])، شرکت‌کننده‌های بازار را هماهنگ می‌کند و به گونه‌ای عمل می‌کند که یک بازار رقابتی و کارآمد به وجود آید که تضمین‌کننده یک سیستم ایمن و اقتصادی باشد. تصمیمات ISO در مورد عملکرد سیستم قدرت، تعمیر و نگهداری و برنامه-ریزی آن، بر اساس روش‌ها و مدل‌های بهینه‌سازی کارآمد اتخاذ می‌شوند [۱].

افزایش مصرف انرژی، نگرانی‌های زیست‌محیطی و کمیابی سوخت‌های فسیلی استفاده از منابع تولید پراکنده[۶](DGs) و گرایش به فناوری انرژی‌های پاک را افزایش داده است. تعاریف متعددی برای تولیدات پراکنده وجود دارد. تولید پراکنده می‌تواند تولید در نزدیکی مصرف‌کننده تعریف شود. بر اساس استاندارد CIRED تولیدات پراکنده معمولاً به شبکه توزیع متصل بوده و دارای ظرفیت پایین‌تر از ۵۰ تا ۱۰۰ مگاوات می‌باشند[۲]. رشد تکنولوژیکی، امنیت و هزینه‌ی پایین (در رقابت با سایر منابع) انرژی بادی را تبدیل به یک راه حل قابل‌قبول برای مسئله انرژی کرده است [۳]. با توجه به رایگان بودن انرژی باد، وقتی که سرعت باد به میزان مناسبی برای تولید انرژی الکتریکی برسد، تمام توربین‌های در دسترس را وارد مدار می‌کنند تا به تولید انرژی الکتریکی بپردازند. مشکل اصلی استفاده از انرژی باد، عدم قطعیت[۷] و ماهیت تصادفی[۸] آن است. بدین گونه که ما نمی‌دانیم مطمئناً در یک ساعت مشخص سرعت باد چه مقدار خواهد بود. این مسئله بر قابلیت اطمینان سیستم قدرت اثر منفی می‌گذارد. لذا باید میزان ذخیره چرخان[۹] به گونه-

---

[1] Distribution
[2] Generation Company
[3] Transmition Company
[4] Distribution Company
[5] Independent System Operator
[6] Distributed Generators
[7] Uncertainty
[8] Stochastic
[9] Spinning Reserve

ای تعیین شود که قابلیت اطمینان سیستم را به میزان مطلوب برساند. به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت در پیش‌بینی باد، از روش‌های ریاضی متعددی استفاده‌شده که روش تخمین نقطه[1] به دلیل دقت مناسب و بار محاسباتی پایین، روش مناسبی است [٤،٥].

مسائل بهره‌برداری از سیستم قدرت دارای متغیرهای زیادی بوده و یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح – غیر صحیح (MINLP[2]) است. با توجه به پیچیدگی مسائل مربوط به بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت، استفاده از روش‌های معمول برای حل این مسئله معقول نمی-باشد. ازین رو، برای حل مسائل بهینه‌سازی سیستم قدرت از روش‌ها و تکنیک‌های ریاضی پیشرفته و یا نرم‌افزارهای بهینه‌سازی پیشرفته استفاده می‌شود. یکی از کارآمدترین نرم‌افزارها در حل مسائل بهینه‌سازی سیستم قدرت، نرم‌افزار GAMS[3] می‌باشد[٦].

۱-۲ مروری بر پژوهش های گذشته

در این بخش نگاهی خواهد شد به پژوهش‌های گذشته در زمینه بهره‌برداری از سیستم قدرت و به طور خاص شرکت توزیع و در انتها مسئله‌ی مطرح‌شده در این پروژه بررسی می‌شود.

۱-۲-۱ شرکت توزیع

در این بخش مروری خواهد شد بر پژوهش‌های انجام‌گرفته بر روی شرکت توزیع و بهره-برداری بهینه از آن.

[1] Point Estimate Method
[2] Mixed Integer NonLinear Programming
[3] General Algebraic Modeling System