دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

شماره پایان‌نامه: ۹۲٤۰۲۰۱۸۸

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

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 بادی

استاد راهنما:

دکتر سید سعید اله مرتضوی

استاد مشاور:

دکتر محسن صنیعی

نگارنده :

عباس موسوی ده‌شیخ

۹۰٤۰۲۲٦

شهریور ماه سال ۱۳۹۲

نام خانوادگی : موسوی ده شیخ	نام: عباس	شماره دانشجویی : ۹۰٤۰۲۲٦
عنوان پایان نامه : بهره‌برداری بهینه از شرکت توزیع دارای واحد های تولید پراکنده با هدف دست‌یابی به بیش‌ترین سود با تعیین سهم توان اکتیو/راکتیو نیروگاه بادی		
استاد/ اساتیدراهنما: دکتر سید سعید اله مرتضوی		
استاد/ اساتید مشاور: دکتر محسن صنیعی		
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	**رشته: برق**	**گرایش: قدرت**
دانشگاه : شهید چمران اهواز	**دانشکده: مهندسی**	**گروه : برق**
تاریخ فارغ التحصیلی : مهر ۹۲		**تعداد صفحه: ۱۲۱**
کلید واژه ها : شرکت توزیع، کسب سود، تولیدات پراکنده، ژنراتور القایی دوسو تغذیه، توان راکتیو		

چکیده:

از آن‌جایی که سیستم های تجدید ساختار یافته‌ی برق باعث به وجود آمدن یک بازار رقابتی شده است، احتیاج به بهره‌برداری بهینه از واحدهای تولیدی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. با نفوذ روزافزون نیروگاه‌های بادی (DFIG) در شبکه قدرت، استفاده‌ی بهینه از قابلیت‌های این نیروگاه‌ها با برنامه‌ریزی مناسب مشارکت واحدها می‌تواند باعث افزایش سود مالکان شود. از این‌رو 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 بادی» 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 بیشینه 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.

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 ۱٤

۱-۳ معرفی مسئله مورد بررسی ۱۵

۱-۴ ساختار کلی پایان نامه ۱۵

فصل دوم ۱۷

تجدید ساختار بازارهای برق ۱۷

۲-۱ مقدمه ۱۷

۲-۲ عملیات بازار در سیستم های الکتریکی قدرت ۱۸

۲-۳ اهداف تجدید ساختار و تشکیل بازار برق ۱۹

۲-۴ مدل های بازار برق ۲۰

۲-۵ ساختار بازار برق ۲۲

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 ۳۴

۲-۸ عناصر کلیدی در بهره برداری بازار ۳۵

فصل سوم ۳۸

مسئله PBUC برای شرکت توزیع ۳۸

۳-۱ مقدمه ۳۸

۳-۲ مسئله UC در سیستم های تجدید ساختار یافته ۴۰

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

۳-۳-۱ فرمول بندی مسئله پخش بار بهینه ٤۳

۳-۴ فرمول بندی مسئله PBUC ۴۶

۳-٤-۲ قیود ٤۸

۳-۵ پیاده سازی روش تخمین نقطه ای ۵۲

فصل چهارم ۵۵

نیروگاه بادی، بارهای قابل قطع ۵۵

۴-۱ مقدمه ۵۵

۴-۲ انرژی باد ۵۵

٤-٢-١ تعیین محل توربین بادی ٥٦
٤-٢-٢ توربین های بادی ٥٨
٤-٢-٢-١ توربین های بادی با محور چرخش عمودی ٥٨
٤-٢-٢-٢ توربین های بادی با محور چرخش افقی ٥٩
٤-٢-٣ مدل سازی توربین بادی ٦٠
٤-٢-٤ ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG) ٦٢
٤-٣ بارهای قابل قطع ٦٨
٤-٣-١ مدل سازی تابع هزینه مشترک ٦٨
فصل پنجم ٧١
بررسی نتایج شبیه سازی ٧١
٥-١ مقدمه ٧١
٥-٢ حل مسئله PBUC ٧١
٥-٢-١ تعیین میزان ذخیره چرخان ٧٢
٥-٣ نتایج شبیه سازی سیستم های مورد بررسی ٧٣
٥-٣-١ سیستم ٤ شینه ٧٣
٥-٣-٢ سیستم ١٨ شینه ٨٤
٦-٥-١ بررسی نتایج بدون در نظر گرفتن توان راکتیو نیروگاه بادی و بار قابل قطع ٨٨
٦-٥-٢ بررسی نتایج با در نظر گرفتن بار قابل قطع ٩٤

٦-٥-٣ بررسی نتایج با در نظر گرفتن بار قابل قطع و توان راکتیو DFIG ۹۹

۶-۶ مقایسه نتایج به دست آمده و نتیجه گیری ۱۰۵

فصل ششم ۱۰۸

نتیجه گیری ۱۰۸

۶-۱ مقدمه ۱۰۸

۶-۲ نتیجه گیری ۱۰۸

۶-۳ پیشنهادهایی برای پژوهش های آینده ۱۱۰

پیوست الف ۱۱۱

اطلاعات سیستم ۱۸ شینه ۱۱۱

چکیده مقاله استخراج شده از پایان نامه ۱۱۷

چکیده انگلیسی ..... Error! Bookmark not defined.

مراجع ۱۱۸

فهرست شکل‌ها

فصل دوم

شکل ۲- ۱ نحوه تسویه حساب در بازار برق ۲۹

شکل ۲- ۲ بهره برداری بازار تجدید ساختار شده ۳۷

فصل چهارم

شکل ٤-۱ نمونه ای از یک توربین بادی با محور چرخش عمودی ۵۹

شکل ٤- ۲ نمونه ای از یک توربین بادی با محور چرخش افقی ٦۰

شکل ٤- ۳ توان خروجی یک واحد بادی بر حسب سرعت باد ٦۱

شکل ٤- ٤ توربین بادی، DFIG، مبدل پشت‌به‌پشت و ترانسفورماتور ٦٤

شکل ٤- ۵ مدار معادل DFIG ٦٤

شکل ٤- ٦ منحنی محدودیت قابلیت DFIG با ظرفیت ۱۵۰۰ کیلووات ٦٦

فصل پنجم

شکل ۵- ۱ سیستم نمونه ٤ شینه ۷۳

شکل ۵- ۲ ولتاژ شین ۳ ..... ۸۰

شکل ۵- ۳ ولتاژ شین ٤ ..... ۸۱

شکل ۵- ٤ سیستم نمونه ۱۸ شینه ۸۵

شکل ۵- ۵ پروفایل بار در ۲٤ ساعت ۸۷

شکل ۵- ٦ ماکزیمم توان اکتیو قابل تولید توسط توربین های بادی ۸۷

شکل ۵- ۷ پروفایل ولتاژ شین ها ۸۹

شکل ۵- ۸ پروفایل ولتاژ شین ها ۹٤

شکل ۵- ۹ پروفایل ولتاژ شین ها ۹۹

شکل ۵- ۱۰ نمودار درآمد حاصل از تبادل توان با شبکه ۱۰۶

شکل ۵- ۱۱ نمودار هزینه بهره برداری ۱۰۶

شکل ۵- ۱۲ نمودار سود کل در سه حالت.....۱۰۷

فهرست جدول‌ها

فصل چهارم

جدول ٤-١ طبقه بندی انواع باد طبق تعریف سازمان هواشناسی ٥٧

جدول ٤- ٢ پارامترهای الکتریکی DFIG ٦٧

فصل پنجم

جدول ٥-١ مشخصات DG ٧٤

جدول ٥-٢ مشخصات SG (توربین بادی مجهز به DFIG) ٧٤

جدول ٥- ٣ مشخصات بار اکتیو و راکتیو، و بیشینه توان قابل تولید توسط SG در ٢٤ ساعت ٧٤

جدول ٥- ٤ ولتاژ شین ها در حالت ١-١ ..... ٧٥

جدول ٥- ٥ درآمد، هزینه، خرید از شبکه و سود در حالت ١-١ ..... ٧٦

جدول ٥- ٦ توان تولید شده توسط DG و SG و خریداری شده از شبکه در حالت ١-٧٧١

جدول ٥- ٧ مجموع توان تولید و خریداری شده، هزینه ها، درآمد و سود در حالت ١-١ ..... ٧٨

جدول ٥- ٨ خرید از شبکه و سود در حالت ١-٢ ..... ٧٩

جدول ٥- ٩ مجموع هزینه توان خریداری شده از شبکه و سود در حالت ١-٢ ..... ٧٩

جدول ٥- ١٠ ولتاژ شین ها در حالت ٢-١ ..... ٧٩

جدول ٥- ١١ درآمد، هزینه، خرید از شبکه و سود در حالت ٢-١ ..... ٨١

جدول ۵- ۱۲ توان تولید شده توسط DG و SG و خریداری شده از شبکه در حالت ۲-۱ ..... ۸۲
جدول ۵- ۱۳ مجموع توان ها، هزینه ها، درآمد و سود در حالت ۱-۱ ..... ۸۲
جدول ۵- ١٤ خرید از شبکه و سود در حالت ۲-۲..... ۸۳
جدول ۵- ۱۵ مجموع هزینه توان خریداری شده از شبکه و سود در حالت ۲-۲ ..... ۸٤
جدول ۵- ١٦ وضعیت خاموش و روشن بودن DG ها ۸۸
جدول ۵- ۱۷ میانگین توان DGها ۸۹
جدول ۵- ۱۸ انحراف معیار توان DGها..... ۸۹
جدول ۵- ۱۹ میانگین توان اکتیو SGها..... ۹۰
جدول ۵- ۲۰ انحراف معیار توان اکتیو SGها..... ۹۰
جدول ۵- ۲۱ میانگین توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۹۰
جدول ۵- ۲۲ انحراف معیار توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۹۱
جدول ۵- ۲۳ میانگین توان راکتیو مبادله شده با شبکه..... ۹۱
جدول ۵- ٢٤ انحراف معیار توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۹۲
جدول ۵- ۲۵ هزینه،درآمد و سود در ٢٤ ساعت ۹۲
جدول ۵- ٢٦ میانگین توان DGها ۹٤
جدول ۵- ۲۷ میانگین توان اکتیو SGها..... ۹۵
جدول ۵- ۲۸ انحراف معیار توان اکتیو SGها..... ۹۵
جدول ۵- ۲۹ میانگین توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۹۵
جدول ۵- ۳۰ انحراف معیار توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۹٦

جدول ۵- ۳۱ میانگین توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۹۶
جدول ۵- ۳۲ انحراف معیار توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۹۷
جدول ۵- ۳۳ هزینه،درآمد و سود در ۲٤ ساعت ۹۷
جدول ۵- ۳٤ بار قطع شده ۹۸
جدول ۵- ۳۵ میانگین توان DGها ۱۰۰
جدول ۵- ۳٦ میانگین توان اکتیو SGها ۱۰۰
جدول ۵- ۳۷ انحراف معیار توان اکتیو SGها ۱۰۰
جدول ۵- ۳۸ میانگین توان راکتیو SGها ۱۰۱
جدول ۵- ۳۹ انحراف معیار توان راکتیو SGها ۱۰۱
جدول ۵- ٤۰ میانگین توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۱
جدول ۵- ٤۱ انحراف معیار توان اکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۲
جدول ۵- ٤۲ میانگین توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۲
جدول ۵- ٤۳ انحراف معیار توان راکتیو مبادله شده با شبکه ۱۰۳
جدول ۵- ٤٤ هزینه،درآمد و سود در ۲٤ ساعت ۱۰۳
جدول ۵- ٤۵ بار قطع شده ۱۰٤
جدول ۵- ٤٦ مجموع درآمد، هزینه، سود و تلفات در سه حالت بررسی شده ۱۰۵

پیوست الف

جدول الف- ۱ : قیمت پیش بینی شده بازار و هزینه بار قابل قطع ۱۱۲
جدول الف- ۲ اطلاعات بار اکتیو سیستم ۱۸ شینه در ۲٤ ساعت ۱۱۲
جدول الف- ۳ اطلاعات بار راکتیو سیستم ۱۸ شینه در ۲٤ ساعت ۱۱۳
جدول الف- ٤ اطلاعات DG های سیستم ۱۸ شینه ۱۱٤

جدول الف- ۵ اطلاعات SG های سیستم ۱۸ شینه ۱۱۵

جدول الف- ٦ ظرفیت ترانسفورماتورهای سیستم ۱۸ شینه ۱۱۵

جدول الف- ۷ مشخصات خطوط شبکه ۱۸ شینه ۱۱۵

جدول الف- ۸ مشخصات توزیع احتمال توان تولیدی SG های سیستم ۱۸ شینه ۱۱٦

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 غیرخطی 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
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
$P_{GSP,i}^t$	توانی که در نقطه‌ی GSP به شبکه‌ی بالادست فروخته می‌شود در شین i و در ساعت t
$\lambda_{GSP,i}^t$	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
$P_{G_i}^{MAX}$	میزان بیشینه توان تولیدی هر یک از نیروگاه‌ها 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
θ	نشان دهنده نوع مشترک
$profit$	تابع سود شرکت توزیع
$revenue$	تابع درآمد شرکت توزیع
$\cos t$	تابع هزینه شرکت توزیع
DFIG	ژنراتور القایی دوسوتغذیه
DISCO	شرکت توزیع
GENCO	شرکت تولیدکننده
TRANSCO	شرکت انتقال
ISO	اپراتور مستقل سیستم
α_{DG}^k	متغیر باینری برای تعیین روشن خاموش بودن DG در ساعت K

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 توزیع‌شده‌ای 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[۳] را ایجاب می‌کند. در سیستم‌های برق تجدید ساختار یافته، GENCO[۴]ها (شرکت‌های تولیدی)، TRANSCO[۵]ها (شرکت‌های انتقال) و DISCO[۶]ها (شرکت‌های توزیع) وقتی که در بازار برق شرکت می‌کنند، در حالت بهره‌برداری بهینه (بیش‌ترین میزان سود و کم‌ترین میزان خطر احتمالی)

[1] Generation
[2] Transmission
[3] Distribution
[4] Generation Company
[5] Transmition Company
[6] Distribution Company

خودشان قرار دارند. اپراتور مستقل سیستم (ISO[1])، 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[2](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 باد 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[3] و ماهیت تصادفی[4] 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[5] به گونه-ای تعیین شود که قابلیت اطمینان سیستم را به میزان مطلوب برساند. به‌منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت در پیش‌بینی باد، از روش‌های ریاضی متعددی استفاده‌شده که روش تخمین نقطه‌ای[6] به دلیل دقت مناسب و بار محاسباتی پایین، روش مناسبی است [۴،۵].

[1] Independent System Operator
[2] Distributed Generators
[3] Uncertainty
[4] Stochastic
[5] Spinning Reserve
[6] Point Estimate Method

مسائل بهره‌برداری از سیستم قدرت دارای متغیرهای زیادی بوده و یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح – غیر صحیح (MINLP[1]) است. با توجه به پیچیدگی مسائل مربوط به بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت، استفاده از روش‌های معمول برای حل این مسئله معقول نیست. ازاین‌رو، 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[2] 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.

در سال ۱۹۸۹ آقای باران[3] یک روش تغییر پیکربندی فیدر توزیع را به‌منظور کاهش تلفات و تنظیم بار یکسان بین فازهای مختلف مطرح کرد و دو روش تقریبی پخش بار به‌منظور تعیین بهترین پیکربندی ارائه کرد [۷].

در سال ۱۹۹٤ آقای داس[1] و همکاران یک روش پخش بار برای شبکه‌های توزیع شعاعی با استفاده از روش شماره‌گذاری نقطه و شاخه[2] ارائه نمودند [۸]. این روش یک رابطه بازگشتی را برای محاسبه ولتاژ، بدون استفاده از روابط مثلثاتی و با ثابت فرض کردن مقادیر بار، بیان می‌کند.

[1] Mixed Integer NonLinear Programming
[2] General Algebraic Modeling System
[3] Baran

در سال ۱۹۹۹ راموس[۳] و اسپوزیتو[٤] به‌جای استفاده از متغیرهای متداول (ولتاژ مختلط شین‌ها) در معادلات پخش بار، از یک متغیر جدید استفاده کردند. این روش منجر به استفاده از 3N معادله می‌گردد که 2N معادله مربوط به توان تزریقی است که معادلات خطی هستند. N معادله باقی‌مانده مربوط به ولتاژ شین‌ها می‌باشند که این معادلات از مرتبه دو هستند. روش نیوتون رافسون روشی برای حل این مسئله است [۹].

در سال ۲۰۰۵ آقای پالما[٥] و همکارانش یک مدل روز-پیش جدید را برای مبادله انرژی برای یک شرکت توزیع بر اساس بازار Pool و قراردادهای دوجانبه ارائه می‌دهد [۱۰]. ساختار مدل مورد نظر شرکت‌های تولیدکننده (GENCOs)، تولیدات پراکنده مستقل و تحت مالکیت شرکت توزیع و بارهای قابل قطع را شامل می‌شود. پخش بار بهینه در این مسئله با الگوریتم شاخه و کران[٦] حل می‌شود.

در سال ۲۰۰٦ آقای جابر[۷] [۱۱]، یک روش برای محاسبه پخش بار برای سیستم‌های توزیع با استفاده از روش برنامه‌نویسی مخروطی[۸] ارائه کرد.

یک روش برای محاسبه درآمد شرکت‌های توزیع توسط آقای الیویرا[۹] و همکارانش در سال ۲۰۰۵ [۱۲] ارائه گردید. در این مقاله هزینه تمام‌شده[۱۰] که شامل تعرفه‌های شبکه و بهبود رفاه مشتری می‌باشد را در نظر گرفته است. این هزینه‌ها معیارهای مناسبی برای شرکت توزیع و مشتری می‌باشند که با توجه به آن‌ها بهره‌برداری بهینه از شبکه برای شرکت توزیع و مشتری می‌باشند که با توجه به آن‌ها بهره‌برداری بهینه از شبکه برای شرکت توزیع و همچنین میزان مصرف

[1] Das
[2] Node and Branch
[3] Ramos
[4] Esposito
[5] Palma
[6] Branch and Border
[7] Jabr
[8] Conic Programming
[9] Oliveira
[10] Marginal Cost

انرژی در ساعات کم مصرف و اوج مصرف برای مصرف‌کننده معین می‌گردد. از یک روش پخش بار بهینه خطی نیز در این مقاله استفاده گردیده است.

آقای ویگنولو[۱] و سوتکیویکز[۲] در سال ۲۰۰۶ [۱۳] از یک روش قیمت‌گذاری نقطه‌ای[۳] برای بهره‌برداری کوتاه‌مدت از شرکت توزیع استفاده کردند که در آن از ژنراتورهای تولید پراکنده برای کاهش تلفات فیدر استفاده گردیده است. روش قیمت‌گذاری نقطه‌ای به خاطر میزان محاسبه تلفات بسیار روش مناسبی ارزیابی می‌گردد.

آقای کارپانتو[۴] و همکارانش در سال ۲۰۰۶ [۱۴]، یک مدل برای اختصاص انرژی برای روز بعد[۵] که در آن قرارداد دوطرفه‌ای بین شرکت توزیع و مشتری بسته می‌شود، بیان کردند. شایان‌ذکر است که مقاله مذکور یکی از مقالات مهم در این زمینه تلقی می‌گردد که مرجع بسیاری از پروژه-های انجام‌شده در این زمینه است. برای مدل‌سازی بازار، سرمایه‌گذاران خارجی و صاحبان نیروگاه‌های تولید پراکنده شرکت کرده‌اند. همچنین از بارهای قابل قطع نیز برای تکمیل ساختار بازار استفاده گردیده است. از پخش بار بهینه نیز در این مقاله به‌منظور دستیابی به سطح بهینه انرژی استفاده گردیده است.

در برنامه‌ریزی شرکت‌های توزیع مواردی هستند که همگام با موارد مذکور می‌بایستی در نظر گرفته شوند. محدودیت تولید، مشکلات پروفیل ولتاژ در حالت‌های پایدار[۶] در نیروگاه‌های تولید پراکنده بادی[۷] از این دسته هستند که توسط آقای خطام[۸] و همکارانش در سال ۲۰۰۶ [۱۵] به آن‌ها پرداخته شده است. نحوه عملکرد نیروگاه‌های تولید پراکنده در حضور شرکت‌های توزیع

[1] Vignolo
[2] Sotkiewicz
[3] Nodal Pricing
[4] Carpaneto
[5] Day Ahead
[6] Steady State
[7] Wind Based DG
[8] El-Khattam