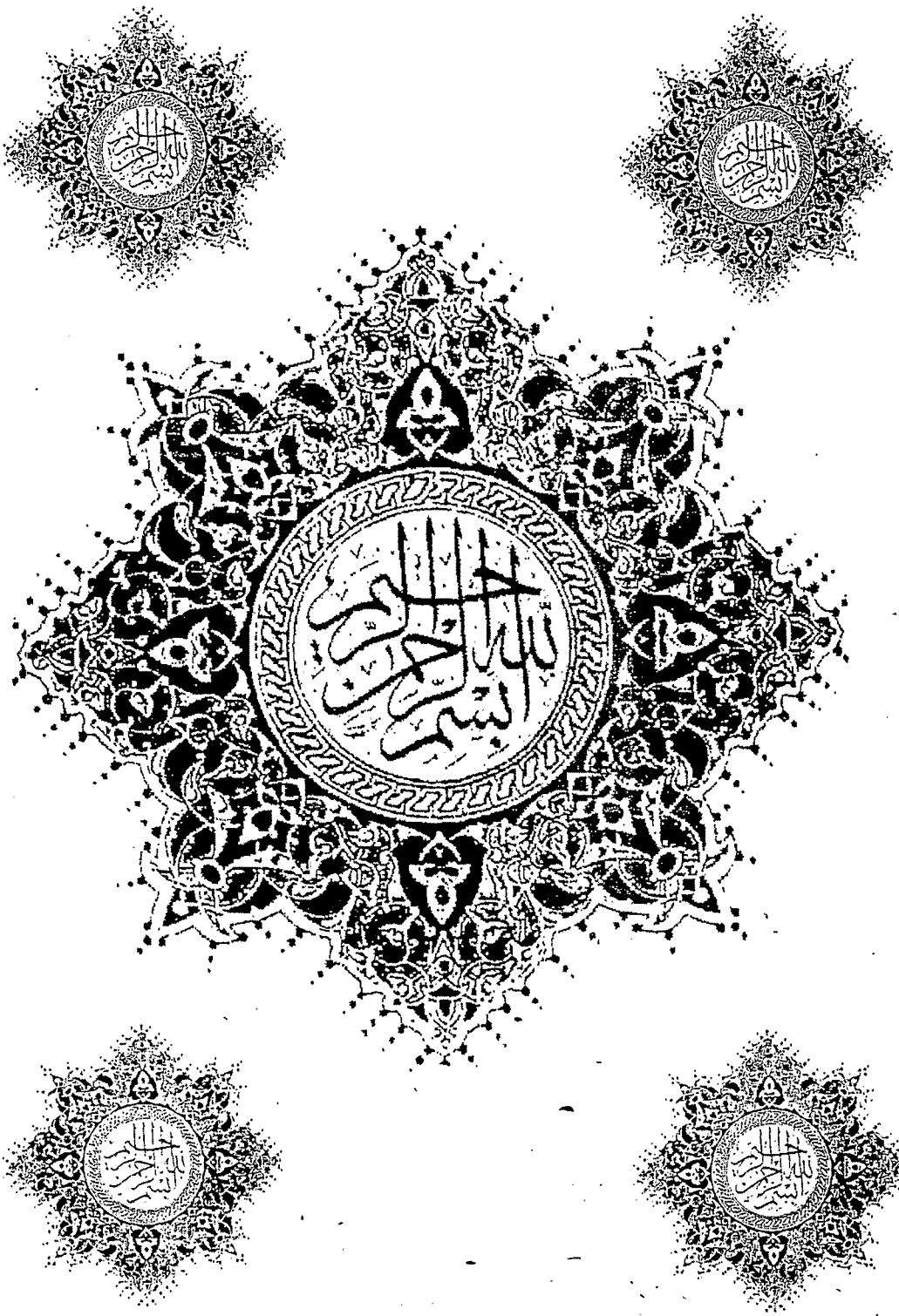


١٠٨٨٢٠

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی برق

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو : **مهدی اسدی بازارده**

استاد راهنما : **دکتر مسعود رشیدی نژاد**

داور ۱ : **دکتر احمد حکیمی**

۱۳۸۷/۱۲/۰۷

داور ۲ : **دکتر علی اکبر قره ویسی**

داور ۳ :

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده : **دکتر حسین نظام آبادی پور**

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

۱۰۸۸۲۰

۸۷/۱/۱۰۹۸۴۸
۸۸/۱/۱۶

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق-کنترل

برنامه ریزی بهینه تدارک همزمان انرژی و رزرو در سیستمهای قدرت

استاد راهنما:
دکتر مسعود رشیدی‌نژاد

مؤلف:
مهدی اسدی بازارده

شهریور ۱۳۸۷

تقدیم

به **پدر و مادر** مهربانم که همواره مشوق و پشتیبان من در تمام مراحل زندگی بوده‌اند.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای **دکتر مسعود رشیدی‌نژاد** که در تمامی مراحل انجام و پیشبرد پایان‌نامه، دلسوزانه و بی‌دریغ مرا هدایت و راهنمایی نموده‌اند.

چکیده:

رزرو چرخان یکی از مهمترین منابعی است که توسط اپراتور سیستم قدرت، برای مقابله با وقایع پیش‌بینی نشده ازجمله وقفه‌ی ژنراتورها و تغییرات ناگهانی بار، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ازجمله مسائل مهم موجود در ارتباط با تدارک رزرو، مسئله‌ی توزیع بهینه‌ی این محصول بین واحدهای تولیدی است بگونه‌ای که کمترین هزینه را بر سیستم تحمیل نماید. لذا محور اصلی این پایان‌نامه، توزیع بهینه‌ی انرژی و رزرو چرخان انتخاب گردیده است. در این راستا فعالیت‌های صورت گرفته در این پایان‌نامه به دو بخش تقسیم شده است. در بخش اول، مسئله‌ی در مدار قرار دادن بهینه‌ی واحدهای تولیدی مورد بررسی قرار گرفته است که جهت این امر روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده است. همچنین در این بخش، یکی از مشکلات توزیع ترتیبی انرژی و رزرو چرخان، بررسی گردیده و راهکاری تحت عنوان توزیع ترتیبی اصلاح‌شده برای حل آن پیشنهاد گردیده است. روش پیشنهادی بر روی یک شبکه با ۱۰ ژنراتور پیاده‌سازی شده است که نتایج حاصل از شبیه‌سازی کارایی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

روشهای توزیع ترتیبی با توجه به وابستگی ظرفیت انرژی و رزرو عموماً روشهای بهینه‌ای هم از نظر فیزیکی و هم از نظر اقتصادی نیستند. لذا در بخش دوم این پایان‌نامه، روش جدیدی برای توزیع همزمان انرژی و رزرو پیشنهاد گردیده است. در این بخش همچنین، مسئله‌ی حبس و بلوکه شدن رزرو مورد بررسی قرار گرفته است و راهکاری مبتنی بر پخش‌بار برای جلوگیری از بوجود آمدن این معضل پیشنهاد گردیده است. روش پیشنهادی بر روی یک شبکه‌ی ۳۰ باس IEEE پیاده‌سازی شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی توانمندی روش پیشنهادی در توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان و جلوگیری از بوجود آمدن مسئله‌ی بغرنج حبس ذخیره را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: در مدار قرار دادن بهینه‌ی واحدها، توزیع اقتصادی بار، توزیع همزمان انرژی و رزرو، حبس ذخیره، تجدید ساختار

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فهرست مطالب		د
فهرست اشکال		ح
فهرست جداول		ی
فرهنگ اختصارات		ک
فصل اول	**مقدمه**	**۱**
۱-۱	مقدمه	۲
۱-۲	ساختار پایان‌نامه	۶
فصل دوم	**تجدید ساختار در صنعت برق**	**۸**
۲-۱	مقدمه	۹
۲-۲	ساختار سنتی	۹
۲-۳	محرکهای جهانی تجدید ساختار	۱۱
۲-۳-۱	نیاز به تغییر قوانین نظارتی و تنظیمی	۱۱
۲-۳-۲	پیش‌بینی کاهش هزینه	۱۱
۲-۳-۳	بهبود توجه به مشتری با ترویج رقابت	۱۱
۲-۳-۴	عدم وجود انگیزه برای نوآوری و ابداع در محیط نظارتی و تنظیمی	۱۲
۲-۳-۵	خصوصی‌سازی	۱۲
۲-۴	ترکیب‌بندی صنعت تجدید ساختار شده	۱۲
۲-۵	جداسازی و دسترسی آزاد	۱۴
۲-۶	مدلهای تجدید ساختار	۱۵
۲-۶-۱	مدل بازار اشتراکی	۱۵
۲-۶-۲	مدل مبادلات دوطرفه	۱۶
۲-۶-۳	مدل ترکیبی	۱۶
۲-۷	شبکه‌ی انتقال در صنعت برق تجدید ساختار یافته	۱۷
۲-۸	اپراتور مستقل سیستم (ISO)	۱۸
۲-۹	برنامه‌ریزی سیستم قدرت	۲۰
۲-۱۰	سرویس‌های جانبی	۲۲
۲-۱۱	رزرو چرخان	۲۴
۲-۱۱-۱	تعیین بهینه‌ی رزرو مورد نیاز سیستم	۲۴
۲-۱۱-۲	قیمت گذاری رزرو چرخان	۲۵
۲-۱۱-۳	توزیع بهینه‌ی رزرو چرخان	۲۶

۲-۱۲	ملاحظات اقتصادی بازار رقابتی برق	۲۸
۲-۱۳	سیستم‌های پرداخت و قیمت‌گذاری	۳۰
۲-۱۳-۱	پرداخت مبتنی بر قیمت پیشنهادی	۳۰
۲-۱۳-۲	پرداخت مبتنی بر قیمت یکنواخت	۳۱
۲-۱۴	جمع‌بندی	۳۲
فصل سوم	**فرمولبندی مسئله‌ی تدارک انرژی و رزرو**	**۳۳**
۳-۱	مقدمه	۳۴
۳-۲	مسئله‌ی در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدها	۳۴
۳-۳	مسئله‌ی توزیع اقتصادی بار	۳۵
۳-۴	تعریف مسئله	۳۵
۳-۴-۱	در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدها با استفاده از روش توزیع ترتیبی اصلاح‌شده	۳۵
۳-۴-۱-۱	توزیع ترتیبی	۳۶
۳-۴-۱-۲	راهکار پیشنهادی	۳۸
۳-۴-۲	توزیع همزمان انرژی و رزرو با در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۳۹
۳-۴-۲-۱	راهکار پیشنهادی	۴۱
۳-۵	فرمولبندی مسئله‌ی در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدها	۴۲
۳-۵-۱	تابع هدف	۴۳
۳-۵-۲	مدل اقتصادی هزینه‌ها	۴۴
۳-۵-۳	محدودیت تعادل عرضه و تقاضا	۴۴
۳-۵-۴	محدودیت‌های فیزیکی	۴۵
۳-۵-۵	محدودیت رزرو چرخان	۴۵
۳-۵-۶	مدل یکپارچه	۴۶
۳-۶	فرمولبندی مسئله‌ی توزیع همزمان انرژی و رزرو با در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۴۶
۳-۶-۱	تابع هدف	۴۶
۳-۶-۲	مدل اقتصادی هزینه‌ها	۴۷
۳-۶-۳	محدودیت تعادل عرضه و تقاضا	۴۷
۳-۶-۴	محدودیت‌های فیزیکی	۴۸
۳-۶-۵	محدودیت رزرو چرخان	۴۸
۳-۶-۶	محدودیت توان انتقالی خطوط	۴۸
۳-۶-۶-۱	پخش‌بار DC	۴۹
۳-۶-۶-۲	اعمال قید محدودیت انتقال	۵۰
۳-۶-۷	مدل یکپارچه	۵۰
۳-۷	جمع بندی	۵۱

فصل چهارم	**الگوریتم حل مسئله**	**۵۲**
۴-۱	مقدمه	۵۳
۴-۲	الگوریتم‌های تکاملی	۵۴
۴-۳	فرایند الگوریتم‌های تکاملی	۵۴
۴-۴	الگوریتم‌های ژنتیکی	۵۸
۴-۵	پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک	۵۸
۴-۶	انتخاب	۵۸
۴-۶-۱	انتخاب بر اساس چرخ گردان	۵۹
۴-۷	عملگر ترکیب	۵۹
۴-۷-۱	ترکیب مقادیر باینری	۵۹
۴-۸	عملگر جهش	۶۱
۴-۸-۱	جهش مقادیر باینری	۶۱
۴-۹	گزینش نسل جدید	۶۱
۴-۱۰	همگرایی الگوریتم‌های تکاملی	۶۲
۴-۱۱	پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک در تخصیص بهینه‌ی انرژی و رزرو چرخان	۶۲
۴-۱۱-۱	در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدهای تولیدی با استفاده از روش توزیع ترتیبی اصلاح‌شده	۶۳
۴-۱۱-۲	توزیع همزمان انرژی و رزرو با در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۶۵
۴-۱۲	جمع‌بندی	۷۰
فصل پنجم	**در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدهای تولیدی**	**۷۱**
۵-۱	مقدمه	۷۲
۵-۲	زمانبندی واحدها با استفاده از روش توزیع ترتیبی اصلاح‌شده	۷۲
۵-۲-۱	بررسی عملکرد روش توزیع ترتیبی اصلاح‌شده	۷۶
۵-۲-۲	بکارگیری بارهای قابل قطع و IPP در تأمین رزرو مورد نیاز	۷۷
۵-۲-۳	بررسی اثرات بکارگیری بارهای قابل قطع و IPP بر قیمت تسویه‌ی نهایی رزرو	۷۹
۵-۲-۴	مقایسه‌ی توزیع ترتیبی سنتی و توزیع ترتیبی اصلاح‌شده	۷۹
۵-۳	نتیجه گیری	۸۰
فصل ششم	**توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان**	**۸۲**
۶-۱	مقدمه	۸۳
۶-۲	توزیع همزمان انرژی و رزرو با در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۸۳
۶-۲-۱	بررسی توانایی روش توزیع همزمان پیشنهادی در جلوگیری از وقوع حبس ذخیره	۸۸
۶-۲-۲	بررسی توانایی روش توزیع همزمان پیشنهادی در جلوگیری از وقوع اضافه‌بار	۸۸
۶-۲-۳	بررسی اثرات در نظر گرفتن محدودیت انتقال بر هزینه‌ی تولید انرژی و تدارک رزرو	۹۱
۶-۳	مقایسه‌ی روش توزیع همزمان و روشهای توزیع ترتیبی	۹۳

۶-۴	نتیجه‌گیری	۹۴
فصل هفتم	**نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهادات**	**۹۵**
۷-۱	نتیجه‌گیری	۹۶
۷-۲	راهکارها و پیشنهادات	۹۷
مراجع و منابع		**۹۹**

فهرست اشکال

عنوان		صفحه
فصل دوم		
شکل ۲-۱	صنعت برق با ساختار عمودی	۱۰
شکل ۲-۲	مجزا سازی در سیستم تجدید ساختار یافته	۱۴
شکل ۲-۳	شماتیک کلی ظرفیت تولید یک واحد	۲۸
شکل ۲-۴	مبادله بین قابلیت اطمینان و مسائل اقتصادی	۲۹
فصل سوم		
شکل ۳-۱	نمایش بوجود آمدن حبس ذخیره در شبکه	۴۰
فصل چهارم		
شکل ۴-۱	شمائی از روند کلی الگوریتم ژنتیک	۵۷
شکل ۴-۲	چرخ گردان	۵۹
شکل ۴-۳	عملگر ترکیب تک نقطه‌ای	۶۰
شکل ۴-۴	عملگر ترکیب چند نقطه‌ای	۶۱
شکل ۴-۵	فلوچارت زمانبندی بهینه‌ی واحدها با استفاده از الگوریتم ژنتیک	۶۴
شکل ۴-۶	فلوچارت پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان و با در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۶۶
شکل ۴-۷	نمونه ای از یک آرایه sequence	۶۷
فصل پنجم		
شکل ۵-۱	منحنی تقاضای انرژی طی ۲۴ ساعت شبانه روز	۷۳
شکل ۵-۲	برنامه‌ی تولید انرژی و تدارک رزرو چرخان واحدهای تولیدی، بارهای قابل قطع و IPP با استفاده از روش توزیع ترتیبی اصلاح شده	۷۶
شکل ۵-۳	قیمت تسویه نهایی انرژی	۷۹
شکل ۵-۴	قیمت تسویه نهایی رزرو چرخان	۷۹
فصل ششم		
شکل ۶-۱	دیاگرام تک خطی شبکه ۳۰ باس IEEE	۸۳
شکل ۶-۲	منحنی تقاضای انرژی در ۲۴ ساعت شبانه روز	۸۵
شکل ۶-۳	نتایج حاصل از بکارگیری روش پیشنهادی در توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان بدون در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۸۶
شکل ۶-۴	نتایج حاصل از بکارگیری روش پیشنهادی در توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان با در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۸۷
شکل ۶-۵	مقایسه‌ی تغییرات MCPE در دو حالت با/بدون در نظر گرفتن محدودیت انتقال	۹۲

شکل ۶-۶ مقایسه‌ی تغییرات MCPSR در دو حالت با/بدون در نظر گرفتن محدودیت انتقال ۹۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل دوم

جدول ۲-۱ طبقه بندی بازه‌های زمانی بهره‌برداری سیستم ۲۱

جدول ۲-۲ انواع سرویس های جانبی ۲۳

فصل سوم

جدول ۳-۱ مشخصات فنی تولیدکنندگان و قیمت پیشنهادی آنها برای انرژی و رزرو چرخان ۳۶

جدول ۳-۲ انرژی و رزرو تخصیص داده شده به واحدها با استفاده از روش توزیع ترتیبی ۳۷

جدول ۳-۳ توزیع بهینه‌ی انرژی و رزرو چرخان ۳۷

جدول ۳-۴ انرژی و رزرو تخصیص داده شده به واحدها با استفاده از روش توزیع ترتیبی ۳۸

فصل پنجم

جدول ۵-۱ داده‌های مربوط به قیمت‌دهی بارهای قابل قطع و IPP برای تأمین رزرو ۷۲

جدول ۵-۲ مشخصات فنی تولیدکننده‌ها و پیشنهاد قیمت انرژی و رزرو چرخان شبکه با ۱۰ ژنراتور ۷۳

جدول ۵-۳ در مدار قرارگرفتن بهینه‌ی واحدها طی ۲۴ ساعت شبانه روز ۷۴

جدول ۵-۴ توزیع انرژی و رزرو چرخان با استفاده از روش توزیع ترتیبی سنتی و روش پیشنهادی برای ساعت ۱۷ ۷۷

جدول ۵-۵ مقدار رزرو اختصاص داده شده به بارهای قابل قطع و IPP در ساعت ۱۹ ۷۸

جدول ۵-۶ مقدار انرژی و رزرو اختصاص داده شده به واحدها در ساعت ۱۹ ۷۸

جدول ۵-۷ هزینه‌ی تولید انرژی و تدارک رزرو با استفاده از روش توزیع ترتیبی سنتی و روش پیشنهادی ۸۰

فصل ششم

جدول ۶-۱ مشخصات فنی تولیدکنندگان و قیمت پیشنهادی آنها برای انرژی و رزرو چرخان برای شبکه‌ی ۳۰ باس IEEE ۸۴

جدول ۶-۲ داده های مربوط به خطوط انتقال شبکه ۳۰ باس IEEE ۸۴

جدول ۶-۳ درصد بار سیستم در هر باس ۸۵

جدول ۶-۴ توزیع انرژی و رزرو با/بدون در نظر گرفتن محدودیت انتقال در ساعت پیک بار ۸۹

جدول ۶-۵ نتایج حاصل از پخش بار برای تولید انرژی ۸۹

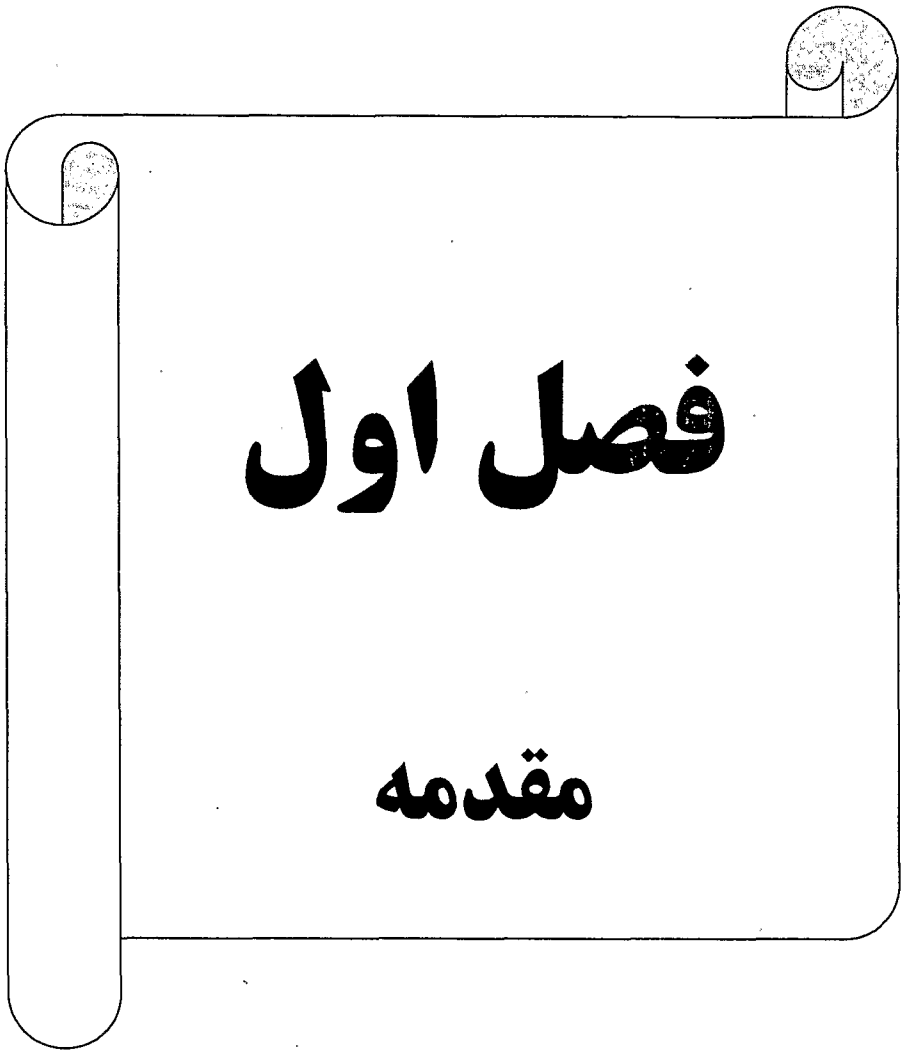
جدول ۶-۶ نتایج حاصل از پخش بار برای تولید انرژی و رزرو چرخان ۹۰

جدول ۶-۷ قیمت تسویه‌ی نهایی انرژی و رزرو چرخان با/بدون در نظر گرفتن محدودیت انتقال ۹۱

جدول ۶-۸ نتایج حاصل از مقایسه‌ی سه روش توزیع انرژی و رزرو چرخان ۹۳

فرهنگ اختصارات

Abbreviation	Phrase
UC	Unit Commitment
IPSO	Iteration Particle Swarm Optimization
PSO	Particle Swarm Optimization
GA	Genetic Algorithm
DP	Dynamic programming
IPP	Independent Power Producer
ISO	Independent System Operator
Discos	Distribution Companies
Rescos	Retailers Companies
PX	Power Exchange
SC	Scheduling Coordinator
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
NERC	North American Electric Reliablity council
AGC	Automatic Generation Control
ED	Economic Dispatch
MED	Minimum Emission Dispatch
SR	Spinning Reserve
NSR	Non Spinning Reserve
RR	Replacement Reserve
MOBD	Merit Order-Based Dispatch
SD	Sequential Dispatch
JD	Joint Dispatch
RC	Reserve Capacity
TMSR	Ten Minute Spinning Reserve
MSR	Maximum Spinning Reserve
ROEI	Risk of Electricity Interruption
PABP	Pay as Bid Price
TCE	Total Cost of Energy
TCSR	Total Cost of Spinning Reserve
TPE	Total Presented Energy
TPSR	Total Presented Spinning Reserve
AEP	Average Energy Price
ASRP	Average Spinning Reserve Price
UP	Uniform Price
SMC	Sum of Maximum Capacity
ERR	Extra Reserve Requirement
MCPE	Marginal Clearing Price of Energy
MCPSR	Marginal Clearing Price of Spinning Reserve



فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در صنعت برق تجدید ساختار یافته[1] فراهم کردن توان الکتریکی ایمن و سرویس‌های جانبی[2] مورد نیاز مصرف‌کنندگان یکی از مهمترین وظائف مدیریت شبکه است. در این میان رزرو چرخان[3] یکی از مهمترین سرویس‌های جانبی است که برای حفظ پایایی و پایداری سیستم در زمان رخداد وقفه‌ای ناگهانی در فعالیت واحدهای تولیدی یا افزایش پیش‌بینی نشده‌ی بار مورد نیاز است [۱].

با توجه به گستردگی حوزه‌ی مطالعات انجام شده بر روی مسئله‌ی تدارک رزرو چرخان در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار یافته، همچنین لزوم آشنایی با روشهای مختلف توزیع انرژی و رزرو که تاکنون پیشنهاد و پیاده‌سازی شده است و نیز بررسی روشهای مختلف حل مسئله‌ی زمانبندی واحدها[4] (UC)، برخی از جدیدترین انتشارات صورت گرفته در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است که بصورت اجمالی در زیر آورده شده است:

- در سال ۱۹۹۹ آقای Ma در مقاله‌ی خود روشهای مختلف توزیع انرژی و رزرو چرخان، از جمله توزیع مبتنی بر درجه‌ی مزیت[5]، توزیع ترتیبی[6] و توزیع همزمان[7] را مورد بررسی قرار داده است [۲].
- در سال ۲۰۰۰ آقای Zhu بازار رزرو چرخان و تأثیر آن بر روی قیمت انرژی را مورد بررسی قرار داده است [۳].
- در سال ۲۰۰۲ خانم Jie Chen در مقاله‌ی خود روشی بر مبنای پخش‌بار بهینه برای توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان با درنظر گرفتن قیود امنیتی شبکه پیشنهاد داده است، همچنین رزرو چرخان مورد نیاز سیستم با روشی جدید تعیین شده است [۴].

---

[1] Restructured Power Industry
[2] Ancillary Services
[3] Spinning Reserve
[4] Unit Commitment
[5] Merit Order-Based Dispatch
[6] Sequential Dispatch
[7] Joint Dispatch

- در سال ۲۰۰۲ آقای رشیدی نژاد تدارک رزرو بهره‌برداری را در سیستم‌های قدرت مورد بررسی قرار داده است [۵].
- در سال ۲۰۰۴ تأثیر ریسک بر روی تخصیص رزرو چرخان توسط آقای Song مطرح شده است [۶].
- در سال ۲۰۰۴ تخصیص رزرو چرخان بین تولیدکننده‌های متعدد به‌کمک روش احتمالی توسط آقای فتوحی فیروزآباد پیشنهاد شد [۷].
- در سال ۲۰۰۵ آقای Chen روش جدیدی را برای حل مسئله‌ی UC پیشنهاد کرد که در آن از یک روش ترکیبی استفاده شده است. در این روش، توزیع ترتیبی با روش جستجوی مستقیم، برای تسهیل در توزیع انرژی و رزرو چرخان بین نواحی چندگانه و مینیمم‌کردن هزینه‌ی کل بازار در یک بازار برق رقابتی چند منطقه‌ای ترکیب شده و اثرات تراکم خطوط و نیازهای رزرو ناحیه‌ای، در قیمت نهایی هر ناحیه منعکس شده است [۸].
- در سال ۲۰۰۷ آقای Lee در مقاله‌ی خود نشان داد که چگونه یک رزرو احتمالی می‌تواند در مسئله‌ی UC ، برای ارزیابی رزرو چرخان مورد نیاز سیستم و غلبه بر مشکلاتی که در اثر خطای پیش‌بینی بار و وقفه‌ی ژنراتورها ایجاد می‌شود، بکار رود. برای حل مسئله‌ی UC از روشی تحت عنوان IPSO[1] استفاده شده است. هزینه‌ی وقفه بعلاوه هزینه‌ی سوخت واحدهای گرمایی در برنامه UC برای ارزیابی سطح رزرو مورد نیاز سیستم درنظر گرفته شده است. نتایج بدست آمده از مقایسه‌ی این روش با روشهایی چون PSO[2]، GA[3] و DP[4] کارایی این روش را در حل مسئله‌ی UC با رزرو احتمالی نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که سطح رزرو چرخان تعیین شده توسط روش پیشنهادی

[1] Iteration Particle Swarm Optimization
[2] Particle Swarm Optimization
[3] Genetic Algorithm
[4] Dynamic programming

علاوه بر اقتصادی بودن، از ایمنی بالایی نیز برخوردار است [۹].

- در سال ۲۰۰۷ آقای حضرتی در مقاله‌ی خود روشی مبتنی بر الگوریتم ممتیک را برای توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان پیشنهاد کرده است [۱۰].
- در سال ۲۰۰۷ آقای سلیمانی در مقاله‌ی خود استراتژی قیمت‌دهی جدیدی را برای انرژی و رزرو چرخان پیشنهاد کرده است که در آن بازارهای انرژی و رزرو چرخان بصورت بازارهای جداگانه در نظر گرفته شده‌اند [۱۱].
- در سال ۲۰۰۷ آقای Yamin در مقاله‌ی خود مسئله‌ی زمانبندی بهینه‌ی واحدها، مبتنی بر منفعت تولیدکنندگان را مورد بررسی قرار داده است. یکی از قیودی که در این مسئله در نظر گرفته شده است، رزرو چرخان و غیر چرخان است. در ابتدا احتمال فراخوانی و تولید رزرو چرخان و غیر چرخان با توجه به محدودیت‌های انتقال و احتمال وقفه‌ی ژنراتورها، توسط یک شبکه عصبی محاسبه شده است و سپس با توجه به نتایج بدست آمده، زمانبندی واحدها و توزیع انرژی و رزرو بگونه‌ای صورت گرفته است که واحدهای تولیدی حداکثر منفعت را کسب نمایند. همچنین در این مقاله ترکیبی از روش ضرائب لاگرانژ و روش برنامه‌ریزی تکاملی[1] برای حل مسئله‌ی UC پیشنهاد شده است [۱۲].
- در سال ۲۰۰۷ آقای Ortega با توجه به اهمیت مسئله‌ی تعیین بهینه‌ی رزرو مورد نیاز سیستم، روشی احتمالی مبتنی بر تحلیل هزینه-منفعت را جهت این امر پیشنهاد داده است که نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه با روشهای قطعی تعیین رزرو مورد نیاز نشان می‌دهد، روش پیشنهادی روشی موثر در تعیین بهینه‌ی رزرو چرخان مورد نیاز سیستم، بویژه در سیستم‌های بسیار بزرگ می‌باشد [۱۳].

[1] Evolutionary Programming

– در سال ۲۰۰۷ آقای Costa مقاله‌ای را ارائه داد که در آن، روشی مبتنی بر پخش‌بار بهینه‌ی دینامیکی برای توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان پیشنهاد شده است، همچنین اثرات در نظر گرفتن رزرو ناحیه‌ای و تأثیر آن بر قابلیت اطمینان سیستم مورد بررسی و تجزیه وتحلیل قرار گرفته است [۱۴].

فعالیت‌های صورت گرفته در این پایان نامه به دو بخش تقسیم می‌شود که هر دو در حوزه‌ی توزیع بهینه‌ی رزرو چرخان می‌باشد. در بخش اول مسئله‌ی در مدار قرار دادن بهینه‌ی واحدها طی یک دوره ۲۴ ساعته مورد بررسی قرار گرفته است که برای حل این مسئله، روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده است. همچنین جهت توزیع انرژی و رزرو چرخان یک روش توزیع ترتیبی اصلاح شده پیشنهاد شده است. در ساعاتی که مجموع تقاضا و رزرو مورد نیاز سیستم بیش از ظرفیت کل واحدهای موجود در سیستم می‌باشد، جهت حفظ قابلیت اطمینان و تأمین رزرو مورد نیاز از چندین بار قابل قطع[1] و تولیدکننده‌ی توان مستقل[2](IPP) استفاده شده است. بارهای قابل قطع به آن دسته از بارهایی اطلاق می‌شود که با توجه به قراردادی که با اپراتور مستقل سیستم[3] (ISO) می‌بندند، در ساعات مورد نظر و با اطلاع قبلی اقدام به کاهش مقدار تقاضای خود نموده و در واقع ظرفیت لازم را برای تأمین رزرو مورد نیاز، توسط واحدهای تولیدی فراهم می‌آورند [۱۵]. روش پیشنهادی بر روی یک شبکه با ۱۰ ژنراتور، سه بار قابل قطع و یک IPP پیاده‌سازی و شبیه‌سازی شده است.

در بخش دوم روشی جدید برای توزیع همزمان انرژی و رزرو چرخان پیشنهاد شده است و قید محدودیت توان انتقالی خطوط به عنوان یکی از مهمترین محدودیت‌ها در مسئله‌ی توزیع انرژی و رزرو چرخان، جهت جلوگیری از بوجود آمدن حبس ذخیره[4] و اضافه بار[5] در خطوط انتقال لحاظ شده است. روش پیشنهادی بر روی شبکه‌ی ۳۰ باس IEEE پیاده‌سازی و شبیه‌سازی شده است.

[1] Curtailable Load
[2] Independent Power Producer
[3] Independent System Operator
[4] Bottling of Reserve
[5] Overload

۱-۲ ساختار پایان نامه

فصل اول: در این فصل مروری اجمالی بر برخی از فعالیت‌های انجام شده در زمینه‌ی رزرو چرخان صورت گرفته و ساختار پایان‌نامه بیان شده است.

فصل دوم: در این فصل ساختار جدید بازار برق معرفی و مسائل اقتصادی که امروزه در بازارهای برق مطرح است بیان شده است. سرویس‌های جانبی مختلف، در این فصل معرفی شده و روشهای مختلف توزیع انرژی و رزرو بیان شده است.

فصل سوم: در این فصل ابتدا تعاریف مختصری از مسئله‌ی توزیع اقتصادی و مسئله‌ی در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدها ارائه شده و در ادامه نیز دلایل و ضرورت‌های انجام این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در این فصل مسائل مورد بحث در این پایان‌نامه به همراه قیود حاکم بر این مسائل بصورت ریاضی مدل شده‌اند.

فصل چهارم: در این فصل ابتدا الگوریتم‌های تکاملی بعنوان یکی از الگوریتم‌های نوین بهینه‌سازی معرفی شده و روند پیاده‌سازی آنها بررسی شده است. در این راستا الگوریتم ژنتیک به عنوان روشی که در بخشی از پایان‌نامه جهت بهینه‌سازی از آن استفاده شده است و پارامترهای عمده در اجرای این الگوریتم، از قبیل عملگرها و سایر پارامترهای مهم مربوط به آن مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس روند بکارگیری و پیاده‌سازی این الگوریتم در حل مسئله‌ی در مدار قراردادن بهینه‌ی واحدها و نیز توزیع انرژی و رزرو چرخان بیان شده است.

فصل پنجم: در این فصل روش پیشنهادی برای حل مسئله‌ی در مدار قرار دادن بهینه‌ی واحدها بر روی یک شبکه‌ی با ۱۰ ژنراتور پیاده‌سازی و شبیه‌سازی شده است. برنامه‌ریزی تولید انرژی و ارائه‌ی رزرو چرخان برای دوره‌ی ۲۴ ساعته انجام شده و نتایج حاصل از بکارگیری این روش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.