بسم الله الرحمن الرحيم

۱۳۷۸ /۷/ ۱۲

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم مدارک

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده صنایع

بهینه سازی پخش بار در بین نیروگاههای حرارتی

مهدی عباسی لاخانی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی صنایع

استاد راهنما: دکتر میربهادر قلی آریانژاد

اساتید مشاور: دکتر سید محمد سید حسینی
دکتر علیرضا معینی

۱۲۱, ۲

پائیز: ۱۳۷۷

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر و مادرم

با تشکر از استاد میربهادر قلی آریانژاد

چکیده:

مساله پخش باربهینه در سیستم‌های قدرت الکتریکی، یک مسأله بهینه سازی محدودیت‌دار غیر خطی، با حجمی بزرگ و پیچیدگی زیاد می‌باشد.

برای کاربردهای همزمان سرعت در اجرای برنامه و کمترین حافظه کامپیوتری ممکن، مورد نیاز است. روش مرحله‌ای که در این پایان نامه گزارش شده است پخش بار بهینه را به دو زیرمساله حقیقی و موهومی تقسیم می‌کند در هر مرحله هر دو زیر مساله بوسیله برنامه‌ریزی درجه دوم حل می‌شوند. در این روش خطی‌سازی محدودیت‌های غیر خطی سیستم با استفاده از روش ماتریس Z و ضریب GGDF و آنالیز حساسیت انجام می‌شود. در این پایان نامه منحنی هزینه سوخت تولید به عنوان تابع هدف، بوسیله یک چند جمله‌ای درجه دوم نشان داده می‌شود. دو روش گرم ـ اشمیت و حداقل مربعات برای تطبیق منحنی واقعی و چند جمله‌ای مورد نظر استفاده شده است.

نتایج کاربرد روش مورد نظر در مورد ۲ سیستم ۹ و ۲۷ باس گزارش شده است. کاربرد روش پیشنهادی موجب کاهش هزینه سوخت و تلفات سیستم می‌گردد همگرایی روش در تمام سیستم‌های مورد آزمایش حداکثر در ۳ مرحله بدست می‌آید.

فهرست:

عنوان | صفحه

فصل اول ـ مقدمه ۱

۱ـ۱ تاریخچه توسعه صنعت برق ۲

۱ـ۲ ساختار صنعت برق ۴

۱ـ۳ تعریف مساله ۵

۱ـ۴ اهداف تحقیق ۱۰

۱ـ۵ موانع و مشکلات تحقیق ۱۱

۱ـ۶ سؤالات تحقیق ۱۲

۱ـ۷ اهمیت موضوع ۱۲

۱ـ۸ سابقه تاریخی موضوع ۱۳

فصل دوم ـ منابع مروری ۱۵

۲ـ۱ مقدمه ۱۶

۲ـ۲ مرور کلی ۱۷

۲ـ۳ مرورهای انجام شده بر مساله OPF ۲۱

۲-۴ مروری بر منابع حل مساله OPF بوسیله برنامه‌ریزی درجه دوم و بر اساس
جداسازی مسائل حقیقی و موهومی ۲۷
فصل سوم ـ مدلسازی سیستم‌های قدرت ۳۱
۳-۱ منابع تولید انرژی ۳۲
۳-۲ مدل هزینه سوخت واحدهای حرارتی ۳۳
۳-۲-۱ تخمین مدل هزینه سوخت ۳۵
۳-۲-۲ مدل دینامیکی هزینه سوخت ۳۸
۳-۲-۲-۱ مدل درجه دوم و انحراف آن از مقادیر واقعی ۳۹
۳-۲-۲-۲ مدل ARMA به عنوان یک تکمیل کننده مدل ۴۱
۳-۲-۲-۳ ارزیابی مدل درجه دوم ـ AMS ۴۳
۳-۲-۳ مدل هزینه معادل نیروگاههای حرارتی ۴۴
۳-۳ مدل تجهیزات سیستم‌های قدرت ۴۵
۳-۳-۱ ژنراتور ۴۵
۳-۳-۲ ترانسفورماتور ۴۶
۳-۳-۳ خط انتقال ۴۸
۳-۳-۴ بار ۴۹

۳ـ۴ مدل شبکه قدرت الکتریکی ۵۰

۳ـ۴ـ۱ معادله تعادل توان حقیقی ۵۰

۳ـ۴ـ۲ معادله تعادل توان حقیقی و غیر حقیقی ۵۲

۳ـ۴ـ۳ مدل پخش بار ۵۲

فصل چهارم ـ حل مساله پخش توان ۵۶

۴ـ۱ مقدمه ۵۷

۴ـ۲ مشخصه‌های مهم معادلات پخش توان ۵۹

۴ـ۳ حل معادلات پخش توان ۶۰

۴ـ۳ـ۱ حل معادلات پخش توان به روش تکرار ۶۱

۴ـ۳ـ۲ دسته‌بندی باسهای سیستم ۶۲

۴ـ۳ـ۳ روش گوس ـ سایدل ۶۴

۴ـ۳ـ۴ روش نیوتن ـ رافسون ۶۵

۴ـ۳ـ۵ مقایسه روشهای گوس ـ سایدل و نیوتن ـ رافسون ۶۹

۴ـ۳ـ۶ پخش توان مجزا ۶۹

فصل پنجم ـ بهینه سازی درجه دوم ۷۵

۵ـ۱ مقدمه ۷۶

۵ـ۲ مجموعه‌های محدب ۷۸

۵ـ۳ توابع محدب و مقعر ۷۹

۵ـ۴ شرایط بهینگی جواب در برنامه‌ریزی غیر خطی ۸۱

۵ـ۵ مسائل برنامه‌ریزی درجه دوم ۸۲

فصل ششم ـ پخش بار بهینه بوسیله برنامه‌ریزی درجه دوم ۸۸

۶ـ۱ مقدمه ۸۹

۶ـ۲ فرموله سازی ۸۹

۶ـ۳ روش حل ۹۱

۶ـ۴ جداسازی ۹۵

۶ـ۴ـ۱ زیر مساله حقیقی ۹۵

۶ـ۴ـ۲ زیر مساله موهومی ۹۵

۶ـ۵ تابع هدف ۹۷

۶ـ۵ـ۱ حداقل کردن هزینه ۹۷

۶ـ۵ـ۲ حداقل کردن تلفات توان حقیقی ۹۷

۶ـ۵ـ۳ تقلیل انحراف نقطه کار سیستم ۹۸

۶ـ۵ـ۴ حفظ نقطه کار سیستم ۹۸

۶ـ۵ـ۵ حداقل کردن بار زدایی ۹۸

۶ـ۵ـ۶ حداکثر قابلیت بارگیری ۹۹

۶ـ۶ روش حل زیر مساله حقیقی ۱۰۱

۶ـ۷ روش حل زیر مساله موهومی ۱۰۴

۶ـ۸ فرمول تلفات ۱۰۵

۶ـ۹ خطی سازی محدودیت‌ها ۱۰۷

۶ـ۹ـ۱ محدودیت‌های تساوی گونه ۱۰۸

۶ـ۹ـ۲ جریان خطوط ۱۱۰

۶ـ۹ـ۳ ولتاژ باس بارها ۱۱۱

۶ـ۹ـ۴ توان غیر حقیقی ژنراتورها ۱۱۲

فصل هفتم ـ نتیجه گیری و تحقیقات آتی ۱۱۴

۷ـ۱ سیستم آزمایشی شماره ۱ ..... ۱۱۵

۷ـ۲ سیستم آزمایشی شماره ۲ ..... ۱۱۶

۷ـ۳ نتیجه گیری ۱۱۹

منابع ۱۲۱

فهرست تصاویر

شکل	عنوان	صفحه

۱-۱ نمودار تولید یک شرکت تولید کننده برق به طور نمونه ۶

۱-۲ ارتباط متقابل سطوح مختلف بهینه سازی در سیستم‌های قدرت ۹

۱-۲ روند تحقیقات مساله پخش بار بهینه ۱۸

۳-۱ ژنراتور، توربین و دیگ بخار واحد حرارتی ۳۳

۳-۲ منحنی ورودی ـ خروجی یک توربو ژنراتور بخار ۳۵

۳-۳ درصد خطا برحسب درجه چند جمله‌ای ۳۷

۳-۴ مقایسه مدل درجه دوم و مقادیر واقعی تابع هزینه سوخت ۴۰

۳-۵ مقایسه مدل درجه دوم ـ AMS و مقادیر واقعی تابع هزینه سوخت ۴۲

۳-۶ بلوک دیاگرام مدل درجه دوم ـ AMS ۴۳

۳-۷ مدار معادل ژنراتور ۴۶

۳-۸ مدار معادل ترانسفورماتور ۴۷

۳-۹ مدار معادل π شکل ۴۷

۴-۱ شبکه جریان متناوب چهار باس ۶۳

۴ـ۲ پخش بار به روش گوس ـ سایدل ۶۵

۴ـ۳ روش نیوتن ۶۶

۴ـ۴ پخش بار به روش نیوتن ـ رافسون ۶۸

۵ـ۱ توابع محدب و مقعر..... ۸۰

۶ـ۱ روند نمای روش عمومی حل مساله پخش بار بهینه ۹۲

۶ـ۲ روند نمای حل مساله پخش بار بهینه، پیشنهاد شده در مرجع ۴۰..... ۹۴

۶ـ۳ تخمین خطی ـ قطعه‌ای منحنی هزینه ۱۰۰

۶ـ۴ روند نمای حل زیر مساله حقیقی ۱۰۳

۶ـ۵ روند نمای حل زیر مساله موهومی ۱۰۴

۶ـ۶ شبکه معادل فراهم آمده از فرمول تلفات جدید ۱۰۶

فهرست جداول

جدول	موضوع	صفحه
۳ـ۱	مقادیر نمونه ضرایب نرخ حرارتی نیروگاههای حرارتی	۳۴
۳ـ۲	اطلاعات تولید یک واحد تولید انرژی اکتریکی	۲۷
۳ـ۳	نتایج محاسبه ضرایب منحنی نرخ حرارتی	۳۷
۳ـ۴	مقادیر نمونه ضرایب تابع هزینه	۳۸
۳ـ۵	مقایسه انحراف مدلهای درجه دوم، AMS و استاتیک	۴۲
۴ـ۱	کاربردهای پخش بار	۵۷
۴ـ۲	ویژگیهای باسها در پخش بار	۶۲
۴ـ۳	مقدار خطا در طی حل پخش بار مجزا	۷۴
۷ـ۱	حدود عملکرد ژنراتورهای سیستم شماره ۱	۱۱۵
۷ـ۲	اطلاعات تابع هزینه ژنراتورهای سیستم شماره ۱	۱۱۵
۷ـ۳	حل بهینه سیستم شماره ۱	۱۱۶
۷ـ۴	مقایسه روشهای برنامه‌ریزی درجه دوم و خطی	۱۱۶
۷ـ۵	حدود عملکرد ژنراتورهای سیستم شماره ۲	۱۱۷
۷ـ۶	اطلاعات تابع هزینه ژنراتورهای سیستم شماره ۲	۱۱۷
۷ـ۷	حل بهینه سیستم شماره ۲	۱۱۸
۷ـ۸	مقایسه بین پخش بار بهینه مجزا و پخش بار توان حقیقی	۱۱۹

فصل اول ــ مقدمه

۱ـ۱ تاریخچه توسعه صنعت برق

نیاز اولیه انسان به روشنایی بی‌خطر و ارزان، انگیزه توسعه سیستم‌های انرژی الکتریکی یا سیستم‌های قدرت[۱] امروزی شد.

با اختراع لامپ الکتریکی بوسیله توماس ادیسون نسل اول شرکت‌های روشنایی الکتریکی در دهه ۸۰ قرن ۱۹ پا به عرصه وجود گذاشتند. سیستم پرل استریت در نیویورک که بوسیله ادیسون بنا گردید، یکی از مشهورترین این شرکت‌ها بود. این سیستم انرژی الکتریکی مستقیم[۲] را برای مصارف روشنایی مانهاتان فراهم ساخت. انرژی الکتریکی به وسیله دینامو‌های برق مستقیم که با موتورهای بخار رانده می‌شدند تولید و با کابلهای زیرزمینی توزیع می‌شدند جالب آنکه این سیستم در طی هشت سال اول بهره‌برداری تنها ۳ ساعت دچار خاموشی شد. [۱]

در ابتدای قرن بیستم توان مورد نیاز صنایع در حال رشد بوسیله ماشین‌های بخار و چرخ‌های آبی تامین می‌شد. این امر منجر به تمرکز بیش از حد صنایع در پیرامون آبشارها شد که رشد بی‌رویه به ویژه در اطراف آبشار نیاگارا سبب نخستین حرکت زیست محیطی گردید. «نیاگارا را آزاد کنید» به شعار روز مبدل شد. نظریه‌ای که در این مورد مطرح شد عبارت بود از مهار انرژی آبشارو ارسال آن به مراکز صنعتی دوردست به هر نحو ممکن و متوقف ساختن گسترش صنایع پیرامون آبشار.

نیاگارا به نقطه‌ای تبدیل شد که در آنجا شکل سیستم‌های قدرت آینده تعیین می‌شد. شرکت‌های مختلف برای طراحی سیستم مناسب به رقابت برخاستند. از میان طرح‌های نهایی پیشنهادی برای

---

۱ – Power Systems

۲ – dc