

الله اعلم
الله اعلم
الله اعلم



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته برق گرایش قدرت

برنامه ریزی توسعه توأم تولید و انتقال با در نظر گرفتن شبکه گاز رسانی

فاطمه براتی

استاد راهنما

دکتر حسین سیفی

استاد مشاور

دکتر محمدصادق سپاسیان

دی ماه ۱۳۸۸

تقدیم بہ

مادر و پدرم

اسطورہ ہامی کتاب زندگی ام

و بہ

ہمسرم

شاہیت غزل زندگی ام

شکر و قدردانی

امام صادق (ع) در حدیثی فرموده اند: تمامی جنبندگان روی زمین و ماهی‌های دریا و هر کوچک و بزرگ در زمین و آسمان خدا، برای آموزگار خوب طلب آمرزش می‌کنند.

بنده نیز به تبعیت از آن امام همام بر خود فرض می‌دانم که از زحمات استاد ارجمند، جناب آقای دکتر حسین سیفی به خاطر راهنمایی‌های مستمر و ارزنده ایشان طی دوران تحصیل صمیمانه قدردانی نمایم، که این شکر بس ناچیز و آن زحمات بس بزرگ‌اند.

از استاد محترم، آقای دکتر محمدصادق پساپان، کمال شکر را دارم که در طول تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد و به خصوص در انجام این پایان‌نامه، همواره از نظرات و مشاوره موثر و راه‌گشایشان بهره‌برده‌ام.

هم‌چنین، بر خود واجب می‌دانم که از دیگر اساتید کرامت‌دار و محترم گروه قدرت دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس، جناب آقایان دکتر محسن پارسا مقدم، دکتر محمود رضا حقی‌فام، دکتر محمد کاظم شیخ الاسلامی، دکتر علی نیردیان و دکتر مصطفی محمدیان صمیمانه سپاسگزاری نمایم. همواره خود را مدیون زحمات آنان می‌دانم و سربلندی و توفیق روزافزون آنان را از خداوند متعال خواستارم.

از اساتید گرامی، آقایان دکتر محسن پارسا مقدم، دکتر محمد کاظم شیخ الاسلامی و دکتر حمید عبدی، به خاطر ارزیابی پایان‌نامه اینجانب، شکر و سپاسگزارم.

از خانواده بسیار عزیزم، پدر، مادر، دو برادر عزیزم و همسر گرامی ام کمال شکر را دارم. بی‌شک رسیدن به این مرحله از زندگی بدون همراهی و بیماری‌های بخت‌بختانه از خانواده بسیار عزیزم، زبان از بیان آن همه لطف و محبت در طی سالیانتمادی قاصر است، از خداوند بزرگ برایشان بهترین‌ها را آرزو مندم.

فاطمه براتی

دی ماه ۱۳۸۸

چکیده - برنامه‌ریزی شبکه‌های قدرت شامل ابعاد مختلف است: برنامه‌ریزی تولید، انتقال و پست‌ها. در این پایان‌نامه برنامه‌ریزی پست‌ها معلوم فرض شده و برنامه‌ریزی توأم تولید و انتقال انجام گرفته است. به طور خلاصه می‌توان گفت که هدف از برنامه‌ریزی تولید، یافتن یک برنامه‌ریزی بهینه اقتصادی توسعه تولید برای تأمین مقدار بار پیش بینی شده در یک افق زمانی است و هدف از برنامه‌ریزی انتقال، توسعه خطوط انتقال است به گونه‌ای که مقدار تولید تأمین‌شده را بتوان بدون ایجاد اضافه بار خطوط در حالت‌های نرمال و بروز پیشامد به بارها منتقل کرد. در اکثر مطالعات برنامه‌ریزی توأم تولید و انتقال، از هزینه انتقال سوخت از پالایشگاه به نیروگاه صرف‌نظر شده و یا به صورت ضریب ثابتی در مسئله وارد شده است. در برخی مطالعات نیز، هزینه سوخت متناسب با فاصله پالایشگاه از نیروگاه لحاظ شده است. اما اگر با دقت و ریزبینی بیشتری به مسئله نگاه شود، دیده می‌شود که با وجود شبکه گاز رسانی، همیشه در نظرگرفتن فاصله نیروگاه از پالایشگاه منجر به بهینه شدن نتیجه نمی‌شود و بهتر است همچون شبکه برق، شبکه گاز نیز در طرح مسئله دیده شود و کار بهینه این است که سوخت مورد نیاز نیروگاه به جای تأمین مستقیم از پالایشگاه، از شبکه گاز تأمین شود. البته باید توجه داشت که تأمین گاز نیروگاه از خطوط لوله گاز منجر به افت فشار بیش از حد در خطوط لوله نشود و همچنین دیگر قیود شبکه گاز نیز باید در برنامه‌ریزی انجام شده، تأمین شوند. در این پایان‌نامه، به بررسی روند برنامه‌ریزی توأم تولید و انتقال با در نظرگیری شبکه گاز پرداخته شده است. در این راستا، با معرفی مفاهیم شبکه گاز و ارائه یک روش پیشنهادی جهت حل پخش بار شبکه گاز، بحث ترکیب شبکه برق و گاز مطرح گردیده است. سپس در ادامه، به نحوه ترکیب برنامه‌ریزی تولید و انتقال با در نظرگیری شبکه گاز پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی - برنامه‌ریزی توسعه انتقال، برنامه‌ریزی توسعه تولید، شبکه گاز، پخش بار گاز

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه.....	۱
فصل دوم : مفاهیم و مطالعات توسعه شبکه برق.....	۶
۱-۲- مقدمه.....	۶
۲-۲- برنامه ریزی از دیدگاه های مختلف.....	۸
۱-۲-۲- مدل برنامه ریزی درازمدت.....	۸
۲-۲-۲- مدل برنامه ریزی بهره برداری.....	۸
۳-۲-۲- مدل برنامه ریزی کوتاه مدت.....	۸
۳-۲- بیان ریاضی مطالعات برنامه ریزی توسعه شبکه.....	۹
۴-۲- تقسیم بندی برنامه ریزی توسعه شبکه با توجه به نوع رفتار در بازه افق.....	۱۰
۱-۴-۲- برنامه ریزی دینامیکی توسعه شبکه.....	۱۱
۲-۴-۲- برنامه ریزی استاتیکی توسعه شبکه.....	۱۱
۵-۲- تقسیم بندی برنامه ریزی توسعه شبکه با توجه به نوع تجهیزات اضافه شونده.....	۱۲
۱-۵-۲- برنامه ریزی توسعه تولید.....	۱۲
۱-۱-۵-۲- تقسیم بندی برنامه ریزی توسعه تولید با توجه به انواع توابع هدف.....	۱۳
۱-۱-۱-۵-۲- مسئله <i>GEP</i> تک هدفه.....	۱۳
۲-۱-۱-۵-۲- مسئله <i>GEP</i> چندهدفه.....	۱۶
۲-۱-۵-۲- انواع <i>GEP</i> از نظر نوع ارتباط با <i>TEP</i>	۱۷
۱-۲-۱-۵-۲- مسئله <i>GEP</i> بدون در نظر گرفتن شبکه انتقال.....	۱۷
۲-۲-۱-۵-۲- مسئله <i>GEP</i> با در نظر گرفتن قیود انتقال.....	۱۷
۳-۲-۱-۵-۲- مسئله <i>GEP</i> همراه با مسئله <i>TEP</i>	۱۸
۳-۱-۵-۲- روش های حل مسئله <i>GEP</i>	۱۸
۲-۵-۲- برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال.....	۱۹

۱۹	.....۱-۲-۵-۲ چارچوب کلی مسئله TEP
۲۱	.....۲-۲-۵-۲ تقسیم‌بندی TEP از منظر بازه زمانی برنامه‌ریزی
۲۲	.....۳-۲-۵-۲ روش‌های حل مسئله TEP
۲۵	.....۴-۲-۵-۲ انواع مدل‌سازی مسئله TEP
۲۵	.....۱-۴-۲-۵-۲ مدل DC
۲۸	.....۲-۴-۲-۵-۲ مدل حمل و نقل
۲۹	.....۳-۴-۲-۵-۲ مدل هایبرید
۳۰	.....۴-۴-۲-۵-۲ مدل منفصل
۳۱	.....۵-۲-۵-۲ جدول تقسیم‌بندی کلی TEP بر اساس مطالعات انجام شده
۳۳	.....۳-۵-۲ برنامه‌ریزی توسعه پست‌ها
۳۵	.....۴-۵-۲ برنامه‌ریزی توسعه توأم تولید و انتقال
۳۷	فصل سوم : کلیات و مفاهیم شبکه‌های گاز
۳۷	.....۱-۳-۱ مقدمه
۴۰	.....۲-۳-۱ تاریخچه گاز طبیعی
۴۰	.....۱-۲-۳-۱ تاریخچه مصرف گاز طبیعی در جهان
۴۱	.....۲-۲-۳-۱ تاریخچه صنعت گاز در ایران
۴۲	.....۳-۳-۱ ماهیت گاز طبیعی
۴۳	.....۱-۳-۳-۱ زمین‌شناسی نفت و گاز
۴۳	.....۲-۳-۳-۱ اکتشاف نفت و گاز
۴۳	.....۳-۳-۳-۱ حفاری
۴۴	.....۴-۳-۳-۱ استخراج
۴۴	.....۵-۳-۳-۱ پالایش
۴۴	.....۴-۳-۳-۱ ساختار شبکه گاز
۴۴	.....۱-۴-۳-۱ عناصر کلیدی در ساختار شبکه گاز
۴۷	.....۲-۴-۳-۱ جریان گاز در خطوط لوله
۴۷	.....۱-۲-۴-۳-۱ انواع جریان

۴۷	.....۲-۲-۴-۳- معادلات جریان در خطوط لوله
۵۰	.....۳-۴-۳- مدل سازی کمپرسور
۵۱	.....۴-۴-۳- معادلات گره
۵۲	.....۵-۳- پخش بار گاز
۵۳	.....۱-۵-۳- عناصر گراف در مسئله پخش بار گاز
۵۳	.....۱-۱-۵-۳- گره با مقدار معلوم دبی تزریقی
۵۳	.....۲-۱-۵-۳- گره با مقدار معلوم فشار
۵۴	.....۳-۱-۵-۳- شاخه از نوع خط لوله
۵۴	.....۴-۱-۵-۳- شاخه از نوع کمپرسور
۵۴	.....۲-۵-۳- انجام مسئله پخش بار گاز به روش های مختلف
۵۴	.....۱-۲-۵-۳- روش نیوتن رافسون
۵۸	.....۲-۲-۵-۳- روش خطی سازی
۵۸	.....۶-۳- نرم افزارهای گازی
۵۸	.....۱-۶-۳- نرم افزار <i>NEPLAN</i>
۵۹	.....۱-۱-۶-۳- مدیریت داده ها
۶۰	.....۲-۱-۶-۳- تحلیل خطوط گاز
۶۰	.....۲-۶-۳- نرم افزار <i>SIMONE</i>
۶۲	فصل چهارم : کلیات شبکه یکپارچه برق و گاز
۶۲	.....۱-۴- مقدمه
۶۳	.....۲-۴- شباهت های دو سیستم برق و گاز
۶۴	.....۳-۴- تفاوت های بین سیستم های برق و گاز
۶۴	.....۴-۴- تأثیرات متقابل سیستم های برق و گاز بر یکدیگر
۶۴	.....۱-۴-۴- تأثیرات متقابل بر شبکه های یکدیگر
۶۶	.....۲-۴-۴- تأثیرات متقابل بر امنیت یکدیگر
۶۸	فصل پنجم : روش پیشنهادی
۶۸	.....۱-۵- مقدمه

- ۶۹-۲-۵- برنامه‌ریزی توسعه انتقال بدون لحاظ نمودن بخش تولید و شبکه گاز.....
- ۷۰-۱-۲-۵- شمای کلی برنامه.....
- ۷۲-۲-۲-۵- رهیافت برنامه.....
- ۷۳-۳-۲-۵- روند حل برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال بر اساس روش معرفی شده.....
- ۷۳-۱-۳-۲-۵- مرحله اول (Backward).....
- ۷۳-۲-۳-۲-۵- مرحله دوم (Forward).....
- ۷۴-۳-۳-۲-۵- مرحله سوم (Decrease).....
- ۷۴-۴-۲-۵- شبکه تحت بررسی.....
- ۷۷-۵-۲-۵- بررسی صحت برنامه مورد استفاده برای TEP.....
- ۷۷-۱-۵-۲-۵- نتیجه برنامه‌ریزی توسعه شبکه در مرجع [۲۰].....
- ۷۸-۲-۵-۲-۵- نتیجه برنامه‌ریزی توسعه شبکه حاصل از نرم‌افزار نوشته شده.....
- ۷۹-۳-۵-۲-۵- مقایسه نتایج.....
- ۷۹-۳-۵-۳-۵- معرفی روش ابتکاری ارائه شده برای اجرای پخش بار گازی.....
- ۸۰-۱-۳-۵- معرفی روش پیشنهادی.....
- ۸۴-۲-۳-۵- بررسی صحت حل پخش بار گازی به روش پیشنهادی.....
- ۸۴-۱-۲-۳-۵- شبکه تحت بررسی.....
- ۸۵-۲-۲-۳-۵- فرضیات مسئله.....
- ۸۶-۳-۲-۳-۵- نتیجه حل مسئله با استفاده از روش پیشنهادی.....
- ۸۷-۴-۲-۳-۵- نتیجه حل مسئله به روش حل معادلات غیرخطی.....
- ۸۸-۵-۲-۳-۵- مقایسه نتایج دو روش با یکدیگر.....
- ۸۹-۴-۵- برنامه‌ریزی توسعه شبکه یکپارچه تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز.....
- ۹۰-۱-۴-۵- تعیین فرضیات مسئله و محدوده تغییرات پارامترها.....
- ۹۰-۱-۱-۴-۵- شبکه‌های برق و گاز تحت بررسی.....
- ۹۱-۲-۱-۴-۵- مقدار رشد بار شبکه گارور.....
- ۹۱-۳-۱-۴-۵- محدوده امکان پذیر توسعه بخش تولید.....
- ۹۲-۴-۱-۴-۵- کاندیدهای مورد نظر جهت توسعه بخش انتقال.....

۹۲	.....۵-۴-۱-۵- نقاط کاندیدا اتصال دو شبکه برق و گاز به یکدیگر
۹۳	.....۵-۴-۲- قیود مسئله و نحوه بررسی آنها
۹۳	.....۵-۴-۲-۱- قیود بخش تولید
۹۴	.....۵-۴-۲-۲- قیود بخش انتقال
۹۴	.....۵-۴-۲-۳- قیود شبکه گاز
۹۵	.....۵-۴-۳- تابع هدف
۹۵	.....۵-۴-۳-۱- شکل کلی توابع هدف
۹۶	.....۵-۴-۳-۲- ضرایب هزینه مورد استفاده در توابع هدف
۹۷	.....۵-۴-۴- رهیافت حل مسئله
۹۷	.....۵-۴-۴-۱- معرفی روند برنامه ریزی توسعه تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز
۹۸	.....۵-۴-۴-۲- تشریح روند برنامه ریزی توسعه تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز
۱۰۲	.....۵-۴-۵- نتایج
۱۰۷	..... فصل ششم - نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۲	..... مراجع
۱۱۸	..... پیوست

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۶۳	جدول ۴-۱ : پارامترهای معادل در سیستم‌های برق و گاز
۷۵	جدول ۵-۱ : اطلاعات شین‌های شبکه گارور
۷۶	جدول ۵-۲ : اطلاعات خطوط شبکه گارور
۷۶	جدول ۵-۳ : اطلاعات مالی جهت محاسبه هزینه توسعه شبکه
۷۸	جدول ۵-۴ : اطلاعات نتیجه طراحی توسعه شبکه انتقال مرجع [۲۰]
۷۸	جدول ۵-۵ : نتیجه بخش <i>Backward</i> حاصل از نرم‌افزار نوشته شده
۷۸	جدول ۵-۶ : نتیجه بخش <i>Forward</i> حاصل از نرم‌افزار نوشته شده
۷۹	جدول ۵-۷ : نتیجه بخش <i>Decrease</i> حاصل از نرم‌افزار نوشته شده
۸۵	جدول ۵-۸ : پارامترهای فیزیکی خطوط لوله شبکه گاز مورد نظر
۸۵	جدول ۵-۹ : مقادیر فشار یا دبی ثابت هر شین بسته به نوع آن
۸۶	جدول ۵-۱۰ : مقادیر فشار شین‌های شبکه گاز با استفاده از روش حل پیشنهادی
۸۶	جدول ۵-۱۱ : مقادیر دبی خطوط شبکه گاز با استفاده از روش حل پیشنهادی
۸۸	جدول ۵-۱۲ : پارامترهای متناظر با مجهولات معادلات روابط فوق
۸۸	جدول ۵-۱۳ : مقادیر فشار شین‌های شبکه گاز با استفاده از روش حل معادلات غیرخطی
۹۱	جدول ۵-۱۴ : مقادیر بارهای شبکه گارور در سال افق
۹۱	جدول ۵-۱۵ : مقادیر ماکزیمم تولید امکان‌پذیر شبکه گارور مورد شبیه‌سازی
۹۴	جدول ۵-۱۶ : قیود فشار شین‌های گاز شبکه نمونه
۹۶	جدول ۵-۱۷ : ضرایب هزینه مورد استفاده در محاسبه $COST_{TEP}$
۹۶	جدول ۵-۱۸ : ضرایب هزینه مورد استفاده در محاسبه $COST_{LOSS}$
۹۶	جدول ۵-۱۹ : ضرایب هزینه مورد استفاده در محاسبه $COST_{GEP}$
۹۶	جدول ۵-۲۰ : ضرایب هزینه مورد استفاده در محاسبه $COST_{Gas}$
۱۰۰	جدول ۵-۲۱ : حالت‌های امکان‌پذیر تولید چهار نیروگاه
۱۰۱	جدول ۵-۲۲ : مراحل بررسی قیود خروج از حد حرارتی خطوط انتقال و جزیره‌ای شدن
۱۰۳	جدول ۵-۲۳ : نتیجه به دست آمده برای بهترین حالت توسعه انتقال و تولید با لحاظ نمودن شبکه گاز

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ : برنامه‌ریزی یکپارچه سیستم‌های قدرت.....	۷
شکل ۲-۲ : تقسیم‌بندی <i>TEP</i> براساس انواع آن، مدل‌های مورد استفاده و روش‌های حل آن.....	۳۲
شکل ۱-۳ : مقدار مصرف گاز در سال‌های گذشته و پیش‌بینی مقدار مصرف آن در آینده.....	۳۸
شکل ۲-۳ : مقدار تولید برق به‌وسیله سوخت‌های مختلف.....	۳۸
شکل ۳-۳ : ساختار شبکه گاز.....	۴۵
شکل ۱-۴ : نوع اتصال در شبکه‌های تحت مقررات.....	۶۵
شکل ۱-۵ : شبکه گارور.....	۷۵
شکل ۲-۵ : نتیجه طراحی توسعه شبکه انتقال مرجع [۲۰].....	۷۷
شکل ۳-۵ : شکل شبکه گاز نمونه.....	۸۲
شکل ۴-۵ : ترکیب شبکه برق و گاز مورد استفاده برای انجام مطالعات.....	۹۰
شکل ۵-۵ : نقاط کاندیدا اتصال شبکه برق و گاز مورد استفاده برای انجام مطالعات.....	۹۳
شکل ۶-۵ : روندنمای برنامه‌ریزی توسعه تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز.....	۹۸
شکل ۷-۵ : روندنمای مراحل اجرای برنامه‌ریزی توسعه تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز.....	۹۹
شکل ۸-۵ : هزینه توسعه بخش‌های مختلف.....	۱۰۴
شکل ۹-۵ : شکل شبکه انتقال به دست آمده از برنامه‌ریزی برای سال افق.....	۱۰۵
شکل ۱۰-۵ : نحوه اتصال شبکه برق و گاز به دست آمده از برنامه‌ریزی برای سال افق.....	۱۰۶
شکل ۱۱-۵ : هزینه‌های متناظر با برنامه‌ریزی‌های به دست آمده نزدیک به نقطه بهینه.....	۱۰۶

فصل اول

مقدمه

از بین اشکال مختلف انرژی، انرژی الکتریکی، به علت کنترل پذیری، سهولت تبدیل و اقتصادی بودن، بهترین منبع برای تأمین مصارف مختلف انسانی، نظیر روشنایی، گرما، حرکت و ... می باشد. با افزایش روزافزون مصرف انرژی الکتریکی، سیستم قدرت متشکل از سه بخش تولید، انتقال و توزیع، وظیفه تأمین مطمئن و مطلوب انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان را بر عهده دارد. با گذشت زمان و افزایش بار مصرفی، ممکن است تداوم تغذیه و یا امنیت شبکه دچار اختلال شود. عدم کفایت یک شبکه برق در تأمین بار مصرف کنندگان ممکن است از عدم کفایت نیروگاهها در تولید توان مورد نیاز، عدم کفایت خطوط انتقال شبکه در انتقال توان تولیدی، عدم کفایت پست های شبکه در تغذیه بارها و یا عدم کفایت توأم همه موارد فوق، ناشی شده باشد. به عبارت دیگر، تعیین ویژگی ها و زمان نیاز به "نیروگاه های جدید"، "خطوط جدید" و

”پست‌های جدید” برای تأمین با کفایت مورد نیاز مصرف‌کنندگان، هدف مسئله برنامه‌ریزی خواهد بود. در این پایان‌نامه، از بخش برنامه‌ریزی توسعه پست‌ها صرف‌نظر کرده و به بخش تولید و انتقال پرداخته می‌شود.

هدف اولیه از احداث خطوط انتقال توان الکتریکی، ارتباط واحدهای نیروگاهی با مراکز بار بوده است تا امکان قرار گرفتن واحدهای نیروگاهی در مکان‌های اقتصادی‌تر را فراهم نماید. با رشد سیستم، شبکه بهم‌پیوسته‌ای از خطوط انتقال ظاهر شده است که جاری شدن توان از ژنراتورها به بارها را از مسیرهای مختلف ممکن می‌سازد. این امر موجب تقویت امنیت سیستم و تغذیه پیوسته و مداوم بارها می‌گردد. طراحی، مکان‌یابی و احداث شبکه انتقال، به وسیله مشخص نمودن اطلاعات شبکه قدرت در افق برنامه‌ریزی، اهداف و قیود مسئله انجام می‌شود.

برنامه‌ریزی توسعه انتقال در محیط تحت مقررات، بر اساس مدل حداقل-هزینه و در برخی موارد به صورت متمرکز و هماهنگ با توسعه تولید انجام می‌شود. در این محیط، مالکیت کل شبکه متعلق به شرکت‌های یکپارچه عمودی می‌باشد و این شرکت‌ها متعهد و ملزم به تأمین برق مصرفی مشتریان خود در اقتصادی‌ترین و ایمن‌ترین حد ممکن می‌باشند. توسعه شبکه انتقال در این محیط، به صورت متمرکز، معین، هماهنگ با توسعه تولید و با هدف حداقل نمودن هزینه و ایمن کردن شبکه می‌باشد. با توجه به این امر، بحث توسعه بخش‌های تولید و انتقال یا به صورت متوالی بررسی شده و یا اینکه با لحاظ نمودن برخی از وابستگی‌ها به صورت همزمان مورد بحث قرار می‌گیرند. در این شرایط، در پیچیده‌ترین حالت، بحث توسعه انتقال با بحث توسعه تولید تلفیق می‌گردد که در این حالت و با توجه به نیاز شبکه، پاسخ به دست‌آمده نزدیک به جواب بهینه مسئله می‌باشد. در این حالت، تجهیز جدید جهت اضافه شدن به شبکه انتخاب می‌گردد که کنترل آن نیز به صورت متمرکز و همراه با سایر تجهیزات شبکه صورت می‌گیرد.

در کنار ترکیب برنامه‌ریزی توسعه تولید و انتقال، هزینه تولید به عنوان یکی از معیارهای مؤثری است که مقدار تابع هزینه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و می‌تواند نتایج برنامه‌ریزی همزمان تولید و انتقال را تغییر دهد. عمده‌ترین معیار برای محاسبه هزینه تولید، محاسبه هزینه تأمین سوخت نیروگاه‌ها می‌باشد. برای

لحاظ نمودن هزینه تأمین سوخت نیروگاه‌ها، تا کنون روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که عمده‌ترین آن‌ها، محاسبه این هزینه بر حسب فاصله نیروگاه‌ها از پالایشگاه‌ها می‌باشد. این روش محاسبه، به علت اینکه از تقریب بالایی برخوردار است، می‌تواند نتایج درستی به همراه نداشته باشد. یک روش مناسب جهت رفع این تقریب و حصول نتایج دقیق‌تر، مدل‌سازی شبکه گاز و لحاظ نمودن سوخت‌رسانی به نیروگاه‌ها از طریق خطوط لوله گاز می‌باشد. برای رسیدن به این منظور، بایستی شبکه گاز با جزئیات آن مدل‌سازی شود تا با لحاظ نمودن این شبکه، محاسبه هزینه تأمین سوخت نیروگاه‌ها دقیق‌تر انجام گیرد. با استفاده از این روش، دقت برنامه‌ریزی توسعه تولید و انتقال نیز بالاتر خواهد رفت و نتیجه حاصل از آن متناظر با هزینه کمتری خواهد بود.

در این پایان‌نامه، به بررسی روند برنامه‌ریزی توأم تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز پرداخته شده است. در این راستا، ابتدا به بررسی نحوه برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال بدون لحاظ نمودن توسعه تولید و شبکه گاز پرداخته شده است. سپس، با معرفی مفاهیم شبکه گاز و ارائه یک روش پیشنهادی جهت حل پخش بار شبکه گاز، بحث ترکیب شبکه برق و گاز مطرح گردیده است. سپس در ادامه، به نحوه ترکیب برنامه‌ریزی تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز پرداخته شده است. در ادامه، کلیات مطالبی که در فصول بعد در جهت ارائه مفاهیم فوق و ترکیب شبکه برق و گاز جهت انجام برنامه‌ریزی توأم تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز ارائه شده‌اند، بیان می‌گردد.

❖ فصل دوم : در این فصل، به بررسی مفاهیم و روش‌های توسعه شبکه برق پرداخته شده است.

برای این منظور، تقسیم‌بندی‌های مختلف توسعه شبکه از دیدگاه‌های مختلف ارائه گشته است که این دیدگاه‌ها شامل محدوده‌های زمانی توسعه و نوع تجهیزات اضافه شونده به شبکه می‌باشند. در ادامه این فصل، به بررسی نحوه توسعه بخش تولید، انتقال و پست‌ها پرداخته شده و در هر بخش، به معرفی توابع هدف مورد استفاده، مدل‌های به‌کاررفته و روش‌های حل مسئله پرداخته شده است.

❖ **فصل سوم :** در این فصل، پس از معرفی مفاهیم اولیه اشاره شده، به بررسی ساختار شبکه گاز و عناصر کلیدی آن پرداخته شده است. بعد از شناخت مفاهیم شبکه گاز، به بررسی مدل‌های مورد استفاده در این شبکه پرداخته شده و روش‌های حل پخش بار این شبکه ارائه شده است. در انتها نیز چند نمونه از نرم‌افزارهای مورد استفاده در این راستا معرفی شده‌اند.

❖ **فصل چهارم :** در این فصل، سعی بر آن شده است تا برخی از مشابهت‌های این دو شبکه معرفی گشته و با لحاظ نمودن تفاوت آن‌ها با یکدیگر، زمینه آشنایی هر چه بیشتر با شبکه گاز فراهم گردد. در ادامه، به بررسی تأثیرات متقابل دو شبکه برق و گاز بر یکدیگر پرداخته شده و در این راستا، تأثیرات متقابل دو شبکه بر امنیت یکدیگر نیز مورد بحث قرار گرفته است.

❖ **فصل پنجم :** این فصل، در سه بخش کلی، برنامه‌ریزی توسعه انتقال بدون لحاظ نمودن تولید و شبکه گاز، معرفی روش ابتکاری و اعمال آن جهت حل پخش بار شبکه گاز و سپس ترکیب این دو ارائه شده است.

در بخش اول این فصل، با ارائه شمای کلی نحوه برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال، رهیافت و روند حل این مسئله معرفی گشته است. در ادامه، این رهیافت بر روی یک شبکه برق نمونه اعمال شده و نتایج حاصل از آن با نتایج مرجع متناظر با این روش مقایسه شده است تا بدین وسیله، صحت و درستی روش استفاده شده تأیید گردد.

در بخش دوم این فصل، به معرفی روش ابتکاری جهت حل پخش بار شبکه گاز پرداخته شده است. در ادامه، این روش بر روی یک شبکه گاز نمونه اعمال شده تا صحت آن مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا و برای بررسی صحت روش ارائه شده، نتایج پخش بار حاصل از روش ارائه شده با نتایج پخش بار حاصل از استفاده از روش حل ریاضی معادلات حاکم بر سیستم مقایسه شده است.

در بخش سوم این فصل، روش مورد استفاده جهت توسعه شبکه انتقال با روش پیشنهادی جهت حل پخش بار شبکه گاز ترکیب شده است و با اضافه کردن بحث برنامه‌ریزی توسعه تولید، هدف این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفته است. به عبارت دیگر، با ترکیب سه مبحث اشاره شده، برنامه‌ریزی توأم تولید و انتقال با لحاظ نمودن شبکه گاز انجام شده است. در انتها نیز، نتایج حاصل از این نوع توسعه شبکه ارائه شده و نحوه توسعه شبکه انتقال، توسعه تولید و نحوه اتصال شبکه برق و گاز در سال افق ارائه شده است.

❖ **فصل ششم:** این فصل به ارائه نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات ادامه و تکمیل روش پیشنهادی اختصاص یافته است.

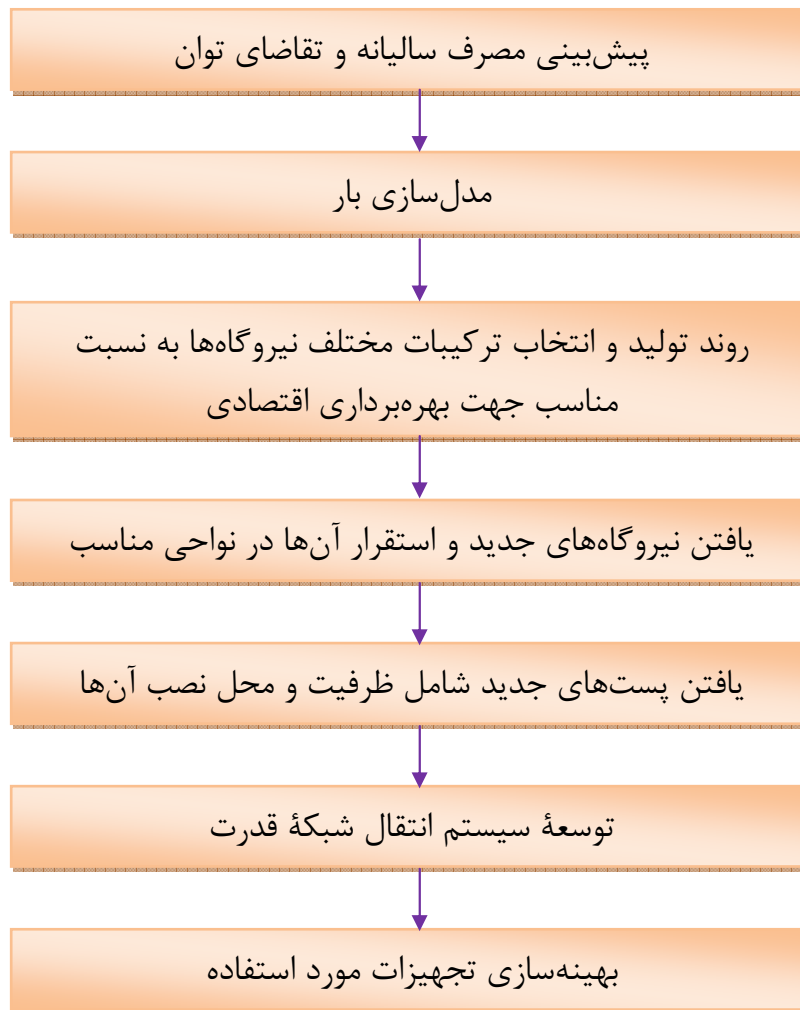
فصل دوم

مفاهیم و مطالعات برنامه‌ریزی توسعه

شبکه برق

۲-۱- مقدمه

برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت، مسئولیت تأمین انرژی الکتریکی را بر عهده داشته و به معنی یافتن بهترین جواب برای بهره‌گیری از انرژی می‌باشد. روند برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت که بصورت یکپارچه در سطوح تولید، انتقال و توزیع انجام می‌شود، در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ برنامه‌ریزی یکپارچه سیستم‌های قدرت

همانطور که از شکل فوق برمی‌آید، ابتدا بایستی مقدار رشد بار شبکه در سال‌های آتی پیش‌بینی گردد تا بتوان توسعه شبکه را به صورت صحیح انجام داد. پس از انجام پیش‌بینی بار، مقدار افزایش تولید نیروگاه‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد تا در صورت نیاز، علاوه بر افزایش تولیدات، اقدام به افزایش ظرفیت نیروگاه‌های موجود و یا احداث نیروگاه‌های جدید گردد. برای این منظور، یافتن نقاط مناسب استقرار نیروگاه‌های جدید، از اهمیت بالایی برخوردار است. چرا که در صورت عدم استقرار نیروگاه‌های جدید در محل‌های مناسب، هزینه بهره‌برداری از شبکه بالاتر می‌رود. یکی از نکات مهم قابل توجه پس از این مرحله، افزایش ظرفیت پست‌ها و خطوط موجود یا احداث پست‌ها و خطوط جدید می‌باشد. برای این منظور نیز، هر کدام از مراحل برنامه‌ریزی توسعه پست‌ها و خطوط انتقال با هدف کمترین هزینه توسعه و برآورد نیازهای

شبکه انجام می‌گیرد. در این بخش، به بررسی روش‌های توسعه شبکه از دیدگاه‌های مختلف پرداخته شده است.

۲-۲- برنامه‌ریزی از دیدگاه‌های مختلف

از نقطه نظر زمان (مطالعات سال افق^۱ طراحی)، سه مدل برای برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت پیشنهاد شده است که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲-۲-۱- مدل برنامه‌ریزی درازمدت

در این حوزه، برنامه‌ریزی توسعه تجهیزات انتقال و تولید و نیز برنامه‌ریزی درازمدت تأمین سوخت برای چندین سال تا چندین دهه آینده انجام می‌شود. معمولاً بازه انجام این مطالعات، از ۲۰ تا ۳۰ سال و حتی بیشتر در نظر گرفته می‌شود که کار انجام شده در این پایان‌نامه که در فصل پنجم به صورت جامع توضیح داده شده است، در این حوزه مطالعات صورت گرفته است.

۲-۲-۲- مدل برنامه‌ریزی بهره‌برداری

مدل برنامه‌ریزی بهره‌برداری، چارچوب زمانی از چندین ماه تا یکسال را شامل می‌شود. این دوره، شامل تصمیمات کلان سرمایه‌گذاری، به جز در حالات خاصی مانند جایابی خازن در خطوط انتقال یا سیستم‌های توزیع نمی‌شود. این مدل، شامل برنامه‌ریزی در خصوص مواردی از قبیل خرید سوخت در میان‌مدت و نحوه انتقال آن، برنامه‌ریزی نگهداری و استراتژی‌های کنترل تلفات می‌باشد.

۲-۲-۳- مدل برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت

چارچوب زمانی انجام این مطالعات، از نیم ساعت تا چند روز و تا یک هفته متغیر می‌باشد. از زمره اقدامات این دوره می‌توان به برنامه‌ریزی در مدار قرار گرفتن نیروگاه‌ها، برنامه‌ریزی یک ساعته یا نیم ساعته تولید و برنامه‌ریزی تبادل توان مطابق محدودیت‌های دینامیکی در طرف‌های تولید و مصرف و بر اساس امنیت شبکه اشاره نمود.

¹ Horizon Year