

چکیده:

در این پایان نامه روش جدیدی جهت حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو توسط الگوریتم ژنتیک ارائه می‌گردد. هدف از بهینه‌سازی توان راکتیو کاهش تلفات اکتیو سیستم از طریق کنترل توان راکتیو تولیدی و انتقالی است. روشهای مختلفی جهت حل این مسئله ارائه گشته، اما عموماً این روشها دارای مشکلات مشترکی از قبیل رسیدن به پاسخ حداقل محلی و احتیاج به اطلاعات کمکی هستند. همچنین غیرمناسب بودن آنها جهت بکار بردن متغیرهای عدد صحیح مانند تعداد بانکهای جبران‌کننده فعال در شبکه یا نسبت تپ ترانسفورماتورها نیز از مشکلات دیگر روشهای حل گذشته است. روش جستجوی ژنتیک براساس انتخاب طبیعی و علم ژنتیک است. با بکارگیری روش ژنتیک در حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو می‌توان از قابلیت‌های این روش در حل مسائل بهینه‌سازی (جستجوی پاسخ جامع با استفاده از جستجوی چند مسیری و در نظر گرفتن متغیرهای عدد صحیح) استفاده نمود. این روش به شبکه‌های شش و چهارده شینه استاندارد اعمال گردید و نتایج نشانگر سودمندی و قابلیت این روش است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول

مقدمه ۱

فصل دوم معرفی مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو

مقدمه ۶

۱-۲- ارائه مدل مسئله بهینه‌سازی توان ۷

۲-۲- مدل ریاضی مسئله پخش اقتصادی توان ۹

۲-۳- مدل ریاضی مسئله پخش بهینه توان راکتیو ۱۰

۲-۴- نتیجه‌گیری ۱۱

فصل سوم معرفی الگوریتم ژنتیک

مقدمه ۱۲

۱-۳- اختلاف بین روش جستجوی ژنتیک و روشهای قبلی بهینه‌سازی و جستجو ۱۳

۲-۳- روش اجرایی الگوریتم ژنتیک ۱۷

۳-۳- بررسی روش برنامه‌ریزی الگوریتم ژنتیک در مسائل مختلف ۲۳

۱-۳-۳- رمزگذاری ۲۳

۲-۳-۳- ساختار داده‌ها ۲۴

۳-۳-۳- تکثیر، شکست دو رشته و تولید رشته جدید و جهش ۲۵

۴-۳-۳- نگاشت تابع هدف به صورت ارزش مناسب بودن ۲۷

۵-۳-۳- قیود نامساوی ۲۸

۴-۳- مقایسه اصطلاحات ویژه ژنتیک ۳۰

فصل چهارم الگوریتم ژنتیک در حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو

مقدمه ۳۱

۱-۴- معرفی متغیرهای کنترل ۳۱

صفحه	عنوان
۳۲	معرفی کروموزوم و روش رمزگذاری
۳۴	تابع هدف و ارزش مناسب بودن
۳۵	قیود
۳۹	فلوچارت حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو توسط الگوریتم ژنتیک
۴۰	نتیجه‌گیری

فصل پنجم نتایج بهینه‌سازی توان راکتیو

۴۱	مقدمه
۴۲	۵-۱ قانون بقای اصلح
۴۵	۵-۲ انتخاب پارامترهای الگوریتم ژنتیک (شبکه شش شینه)
۴۵	۵-۲-۱ انتخاب احتمال عملگر جهش
۴۶	۵-۲-۲ انتخاب احتمال عملگر شکست دو رشته و تولید رشته جدید
۵۱	۵-۲-۳ تغییر اندازه جمعیت
۵۴	۵-۲-۴ تغییر در ضریب تخلف شرایط
۵۷	۵-۳ همگرایی روش ژنتیک
۶۱	۵-۴ افزایش طول رشته (تعداد پله متغیرها)
۶۴	۵-۵ تغییر مقیاس ارزش مناسب بودن
۷۰	۵-۶ روش حل ژنتیک با اندازه متغیر جمعیت
۷۲	۵-۷ نتایج بهینه‌سازی توان راکتیو شبکه چهارده شینه
۷۲	۵-۷-۱ انتخاب پارامترهای الگوریتم ژنتیک
۸۱	۵-۷-۲ بررسی همگرایی روش ژنتیک
۸۹	۵-۸ نتیجه‌گیری

فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۹۰	مقدمه
۹۰	۶-۱ بررسی همگرایی روش ژنتیک به پاسخ بهینه جامع

۹۱	مقایسه نتایج حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو (روش ژنتیک، روش خطی‌سازی)	۶-۲-
۹۵	الگوریتم ژنتیک و پردازش موازی	۶-۳-
۹۶	جمع‌بندی	۶-۴-
۹۸	پیشنهادات	۶-۵-
تئوری الگوریتم ژنتیک		
۹۹	مقدمه	ضمیمه الف
۹۹	شباهتهای مهم	۱-الف-
۱۰۰	طرحهای کلی	۲-الف-
۱۰۱	تئوری پایه	۳-الف-
۱۰۶	تولید اعداد اتفاقی	ضمیمه ب
۱۱۰	مشخصات شبکه‌های استاندارد	ضمیمه پ
۱۱۵	مراجع	

فهرست شکلها

شماره شکل	عنوان	صفحه
۳-۱-	تابع هدف با چندین حداکثر	۱۴
۳-۲-	مقایسه روشهای مختلف در حل مسائل گوناگون	۱۵
۳-۳-	مقایسه روشهای جستجوی یک و چند مسیری	۱۷
۳-۴-	دایره چرخنده وزندار	۲۰
۳-۵-	تابع پناستی	۲۹

۴-۱-	فلوچارت حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو توسط الگوریتم ژنتیک	۳۹

۵-۱-	متوسط تابع هدف جمعیت بر حسب شماره تولید (آزمایش اولیه شبکه شش شینه) .	۴۴
۵-۲-	حداقل تابع هدف جمعیت بر حسب شماره تولید (آزمایش اولیه شبکه شش شینه) ..	۴۴
۵-۳-	متوسط تابع هدف جمعیت با درنظر گرفتن قانون بقای اصلح	۴۴
۵-۴-	حداقل تابع هدف جمعیت با درنظر گرفتن قانون بقای اصلح	۴۴
۵-۵-	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر جهش (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۴۷
۵-۶-	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر جهش (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۴۸
۵-۷-	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر شکست (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۴۹
۵-۸-	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر شکست (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۵۰
۵-۹-	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف اندازه جمعیت (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۵۲
۵-۱۰-	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف اندازه جمعیت (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۵۳
۵-۱۱-	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب تخلف شرایط (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۵۵

۵-۱۲	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب تخلف شرایط (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۵۶
۵-۱۳	تکرارهای لازم جهت همگرایی (بیست آزمایش، هر متغیر ۴ پله)	۶۰
۵-۱۴	زمان همگرایی (بیست آزمایش، هر متغیر ۴ پله)	۶۰
۵-۱۵	توزیع تابع هدف (بیست آزمایش، هر متغیر ۴ پله)	۶۰
۵-۱۶	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر جهش (شبکه شش شینه، هر متغیر ۸ پله)	۶۲
۵-۱۷	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر جهش (شبکه شش شینه، هر متغیر ۸ پله)	۶۳
۵-۱۸	تکرارهای لازم جهت همگرایی (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۶۵
۵-۱۹	زمان همگرایی (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۶۵
۵-۲۰	توزیع تابع هدف (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۶۵
۵-۲۱	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب مقیاس گذاری (شبکه شش شینه، هر متغیر ۸ پله)	۶۸
۵-۲۲	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب مقیاس گذاری (شبکه شش شینه، هر متغیر ۸ پله)	۶۹
۵-۲۳	تکرارهای لازم جهت همگرایی با استفاده از روش مقیاس گذاری (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۷۱
۵-۲۴	زمان همگرایی با استفاده از روش مقیاس گذاری (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۷۱
۵-۲۵	توزیع تابع هدف با استفاده از روش مقیاس گذاری (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۷۱
۵-۲۶	تکرارهای لازم جهت همگرایی با اندازه متغیر جمعیت (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۷۳
۵-۲۷	زمان همگرایی با اندازه متغیر جمعیت (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۷۳
۵-۲۸	توزیع تابع هدف با اندازه متغیر جمعیت (بیست آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۷۳
۵-۲۹	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر جهش (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۷۵

۳۰-۵	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر جهش (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۷۶
۳۱-۵	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر شکست (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۷۷
۳۲-۵	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف احتمال عملگر شکست (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۷۸
۳۳-۵	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف اندازه جمعیت (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۷۹
۳۴-۵	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف اندازه جمعیت (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۸۰
۳۵-۵	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب تخلف شرایط (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۸۲
۳۶-۵	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب تخلف شرایط (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۴ پله)	۸۳
۳۷-۵	تکرارهای لازم جهت همگرایی (ده آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۸۴
۳۸-۵	زمان همگرایی (ده آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۸۴
۳۹-۵	توزیع تابع هدف (ده آزمایش، هر متغیر ۸ پله)	۸۴
۴۰-۵	متوسط تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب مقیاس گذاری (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۸ پله)	۸۶
۴۱-۵	حداقل تابع هدف جمعیت به ازای مقادیر مختلف ضریب مقیاس گذاری (شبکه ۱۴ شینه، هر متغیر ۸ پله)	۸۷
۴۲-۵	تکرارهای لازم جهت همگرایی با استفاده از روش مقیاس گذاری و اندازه متغیر جمعیت (شبکه ۱۴، هر متغیر ۸ پله)	۸۸
۴۳-۵	زمان همگرایی با استفاده از روش مقیاس گذاری اندازه متغیر جمعیت (شبکه ۱۴، هر متغیر ۸ پله)	۸۸
۴۴-۵	توزیع تابع هدف با استفاده از روش مقیاس گذاری اندازه متغیر جمعیت (شبکه ۱۴، هر متغیر ۸ پله)	۸۸

شماره شکل	عنوان	صفحه
۶-۱-	توزیع تعداد حالات به ازای مقادیر مختلف تابع هدف	۹۱
۶-۲-	طرحی از قرارداد راهنما-تابع در جستجوی ژنتیک با پردازش موازی	۹۵
۶-۳-	مقایسه زمان همگرایی الگوریتم ژنتیک توسط کامپیوترهای ۳۸۶، ۴۸۶ و ۵۸۶	۹۷

۱-ب-	برنامه‌های تولید اعداد اتفاقی (Matlab)	۱۰۸

۱-پ-	دیاگرام تک خطی شبکه شش شینه واردهال	۱۱۱
۲-پ-	دیاگرام تک خطی شبکه چهارده شینه IEEE	۱۱۱

فهرست جداول

شماره جدول	عنوان	صفحه
۳-۱-	ارزش مناسب بودن رشته‌ها	۱۹
۳-۲-	نتایج اجرای یک تولید توسط دست	۲۲

۵-۱-	جمعیت اولیه (شبکه شش شینه و هر متغیر ۴ پله)	۴۲
۵-۲-	جمعیت نهایی بعد از چهل تولید (شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۴۳
۵-۳-	نتایج محاسبات پخش بار (بهترین رشته از جمعیت نهایی، شبکه شش شینه، هر متغیر ۴ پله)	۵۸
۵-۴-	ارزش مناسب بودن با استفاده از روش مقیاس‌گذاری با ضریب ۱/۲ (جمعیت اول و جمعیت پنجاه)	۶۶

۶-۱-	نتایج نهایی حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو (شبکه شش شینه)	۹۲
۶-۲-	نتایج نهایی حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو (شبکه ۱۴ شینه)	۹۴

پ-۱-	اطلاعات شبکه شش شینه واردها	۱۱۲
پ-۲-	اطلاعات شبکه چهارده شینه استاندارد IEEE	۱۱۳

فصل اول

مقدمه

در سیستم‌های قدرت بسیاری از مسائل مهم در عملکرد و تصمیم‌گیری به صورت یک مسئله بهینه‌سازی ریاضی فرموله می‌شوند. از جمله آنها مسائلی مانند پخش بهینه توان^۱، بهینه‌سازی توان راکتیو^۲، پخش اقتصادی توان^۳، طراحی و اختصاص مکان توان راکتیو (خازن و سلف)، در مدار قرار دادن نیروگاهها و ... را می‌توان نام برد.

در محدوده کار این پروژه، مسئله بهره‌برداری بهینه از سیستم قدرت (بهینه‌سازی هزینه تولید، کم نمودن تلفات شبکه و بهبود نقطه کار سیستم) مطرح است. پخش بهینه توان مسئله‌ای است که تمام موارد بالا را دربرمی‌گیرد [۱]. پخش بهینه توان مسئله غیرخطی با ابعاد بسیار بزرگ است. در این مسئله با توجه به منحنی هزینه نیروگاهها، مقدار تولید هر نیروگاه، توان راکتیو تولیدی جبران‌کننده‌های استاتیک و کندانسورهای سنکرون، ظرفیت خازنها، ولتاژ کلیه شینها، نسبت T_p و زاویه شیفت ترانسفورماتورها بگونه‌ای تعیین می‌شوند که هزینه تولید کمترین مقدار ممکن و همچنین تلفات شبکه نیز تا حد ممکن کم گردد. برای حل این مسئله به علت حجم بزرگ اطلاعات و ابعاد مسئله روشهای پیشرفته و وقت‌گیر مورد نیاز است. بنابراین در حل این مسئله عموماً از ارتباط بین کانالهای PF و QV صرف‌نظر نموده و تغییر T_p ترانسفورماتور و اندازه ولتاژ شینها را در تلفات ناچیز در نظر می‌گیرند و بنابراین مسئله به حل دو زیر مسئله جداگانه پخش اقتصادی توان و بهینه‌سازی توان راکتیو تقسیم می‌شود.

در قسمت اول با در نظر گرفتن مقاداری برای T_p ترانسفورماتورها و خازنهای شبکه مسئله را حل نموده و مقادیر تولیدی نیروگاهها را برای حداقل نمودن هزینه تولید بدست می‌آورند و سپس در حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو با استفاده از نتایج پخش اقتصادی، قدرت راکتیو تولیدی ژنراتورها، جبران‌کننده‌ها و خازنها و همچنین نسبت T_p

^۱ optimal power flow

^۲ Reactive power optimization

^۳ Economic dispatch

ترانسفورماتورها را بگونه‌ای بدست می‌آورند که هم تلفات حداقل گردیده و هم نقطه کار بهبود بیابد و چون این متغیرها باعث تولید و جابجائی توان راکتیو می‌گردند این مسئله نیز کنترل بهینه توان راکتیو نامیده می‌شود.

روشهای مختلفی برای حل این مسائل پیشنهاد شده است. از جمله روش برنامه‌ریزی غیر خطی [۲] و [۳]، برنامه‌ریزی خطی [۴] و [۲۲]، گرادیان [۵]، روش نیوتن و روشهای اصلاح شده [۶]، روش درجه دوم [۷] و روش حل هوش مصنوعی و سیستمهای خبره [۸] و [۹] را می‌توان نام برد. اگر چه این تکنیکها موفق بوده‌اند اما مشکلات مربوط به آنها همچنان باقی مانده است. اولین مشکل رسیدن به نقطه بهینه محلی^۱ به جای نقطه بهینه جامع^۲ است. زیرا مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو یک مسئله محدب ریاضی نیست، پس تکنیکهای ذکر شده ممکن است به جای بهینه جامع به یک بهینه محلی همگرا گردند. به عبارتی دیگر اگر نقطه شروع در نزدیکی نقطه بهینه محلی انتخاب گردد پاسخ به آن همگرا گردیده و هیچگونه تضمینی جهت یافتن نقطه بهینه جامع وجود ندارد. همچنین امکان رسیدن به پاسخ غیرموجه در مواردیکه قیود غیر قابل نقض (قیود سخت) بر روی تعدادی از متغیرها وجود دارد نیز از مشکلات دیگر روشهای حل موجود است. در یک کامپیوتر حافظه اختصاص داده شده به هر عدد مقدار محدودی است. بنابراین در محاسبات توسط کامپیوترها خطای ناشی از گرد نمودن اعداد توسط کامپیوتر وارد پاسخ خواهد شد و با استفاده از این اعداد در یک روند تکراری این خطاها همواره رو به افزایش خواهند گذاشت و احتمال رسیدن به پاسخ غیرمناسب افزایش می‌یابد.

دومین مشکل غیرمناسب بودن روشهای بالا جهت بکار بردن متغیرهای صحیح^۳ نظیر نسبت تب ترانسفورماتور و تعداد بانکهای (خازن/راکتور) موازی است. از آنجا که در سیستمهای انتقال با ولتاژ بالا بانکهای خازنی با ظرفیت زیاد مورد استفاده قرار

^۱ local optimal

^۲ Global optimal

^۳ integer problem

می‌گیرد، گرد نمودن مقادیر محاسبه شده از روشهایی که متغیرها را پیوسته در نظر می‌گیرند امکان ایجاد خطا را به طرز محسوسی افزایش می‌دهد. همچنین اینگونه روشها احتیاج به اطلاعات کمکی نظیر (گرادیان تابع هدف، ماتریس ژاکوبین، هسیان و معکوس آنها، ماتریس حساسیت و...) دارند که امکان عدم وجود یا سختی محاسبه این اطلاعات همواره وجود دارد. برای مثال روشهای گرادیان و نیوتن در ارضای قیود نامساوی از تابع پنالتی استفاده می‌نمایند. در روش گرادیان در طول فرآیند جستجوی نقطه بهینه هنگامیکه پاسخ به سمت نقطه بهینه میل می‌کند متغیرهایی که شروط نامساوی را نقض نمودند به سمت داخل محدوده میل می‌نمایند و مقدار انحراف شرایط به صفر نزدیک می‌گردد و بنابراین روش با ضرب فاکتور وزن در انحراف شرایط با مسئله (illcondition) رو به رو می‌شود. همچنین دریافتن پاسخ بهینه به روش نیوتن از ماتریس هسیان استفاده می‌شود که به علت استفاده از کلیه متغیرهای شبکه در تولید ماتریس هسیان، ماتریس بزرگی بوجود می‌آید که این ماتریس به علت استفاده از ضرائب پنالتی دیگر اسپاراس نبوده و در معکوس‌گیری مشکلاتی به همراه خواهد داشت.

الگوریتم ژنتیک روش جستجویی براساس مکانیزم انتخاب طبیعی و قوانین ژنتیک است. روش جستجوی ژنتیک قانون بقای اصلح را با ساختاری از رشته‌ها ترکیب می‌نماید. این جستجو بر اساس قوانین اتفاقی (نه قوانین تصمیم‌گیری) انجام می‌گیرد و اطلاعات یا دانشی در ارتباط با موضوع مورد نظر لازم ندارد. عملگرهای مورد استفاده آسان بوده و شامل چیزی پیچیده‌تر از تولید اعداد اتفاقی، کپی نمودن رشته‌ها و جابجایی قسمتی از رشته‌ها نمی‌باشد. این الگوریتم قابلیت بسیاری در رفع مشکلات روشهای قدیمی دارا است [۱۷]. روشهای بهینه‌سازی عموماً حرکت را از یک نقطه شروع نموده و با استفاده از قوانین انتقال حرکت را بسوی نقطه بهینه ادامه می‌دهند، این حرکت نقطه به نقطه خطرناک بوده و احتمال رسیدن به نقطه بهینه کاذب وجود دارد. اما در مقایسه روش ژنتیک با یکسری از داده‌ها بطور همزمان شروع نموده و تعدادی نقطه را همزمان به صورت موازی دنبال می‌نماید و بدین ترتیب احتمال یافتن نقطه بهینه کاذب نسبت به

روشهای دیگر کاهش می‌یابد. همچنین روش ژنتیک به اطلاعات کمکی نیاز نداشته و یا به عبارتی این روش جستجو کور است. پس مشکل عدم وجود یا سختی محاسبه این اطلاعات حل می‌گردد.

مشکل دیگر روشهای بهینه‌سازی عدم توانایی در نظر گرفتن متغیرهای صحیح است. الگوریتم ژنتیک به راحتی این مشکل را حل می‌نماید زیرا استفاده از متغیرهای صحیح جزئی از طبیعت روش جستجو می‌باشد. اما مشکل مهم استفاده از این روش زمان محاسبه طولانی مورد نیاز است که البته این موضوع با مطرح شدن روشهای پردازش موازی و همچنین افزایش سرعت محاسبه کامپیوترها تا حد بسیار زیادی حل شده است. هدف از انجام بهینه‌سازی توان راکتیو کاهش تلفات (کاهش هزینه تولید انرژی) و بهبود نقطه کار سیستم است. در کنار کاهش تلفات این بهینه‌سازی موجب کاسته شدن از توان تولیدی نیروگاهها (افزایش ظرفیت رزرو شبکه) و کاهش توان عبوری از خطوط (افزایش ظرفیت خالی خطوط) می‌گردد، همچنین با ارضاء قیود مربوط به ولتاژ شینها به همراه کاهش توان راکتیو تولیدی ژنراتورها پایداری بیشتر شبکه تضمین می‌گردد. اما هدف اصلی از کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی توان راکتیو بررسی قابلیت‌های این روش در حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو (استفاده آن در حل مسائل مختلف سیستمهای قدرت) و همچنین حل مشکلات روشهای قبلی در حل این مسئله است.

در فصل دوم به معرفی مسئله بخش بهینه توان و به دنبال آن بهینه‌سازی توان راکتیو پرداخته می‌شود. قیود مربوطه معرفی شده و مدل ریاضی مسئله بررسی می‌گردد. در فصل سوم الگوریتم ژنتیک و روش جستجوی آن ارائه شده و مقایسه‌ای بین روش حل ژنتیک و دیگر روشهای حل مسائل بهینه‌سازی انجام می‌یابد.

فصل چهارم به چگونگی اجراء الگوریتم ژنتیک در حل مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو اختصاص دارد، سپس در فصل پنجم روش بر روی شبکه‌های ۶ و ۱۴ شینه استاندارد اجرا شده و مقادیر مناسب پارامترهای مختلف یافته می‌شود. فصل ششم اختصاص به بررسی نتایج بدست آمده و مقایسه پاسخ با روشهای حل قبلی دارد. در

انتها نیز ضمیمه (الف) به ارائه اثبات ساده‌ای از چگونگی همگرایی الگوریتم ژنتیک،
ضمیمه (ب) ارائه روشی جهت تولید اعداد اتفاقی و ضمیمه (پ) شبکه‌های استاندارد
مورد استفاده در مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو اختصاص دارند.

فصل دوم

معرفی مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو

مقدمه : [۱]

در هنگام بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت مسائل مختلفی مطرح می‌گردد که از جمله مهمترین آنها بهینه‌سازی هزینه تولید، کم نمودن تلفات شبکه و بهبود نقطه کار سیستم است. مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو یکی از مسائل مهمی است که در راستای اهداف بیان شده مطرح گردیده و نقطه کار مناسب را برای متغیرهای الکتریکی شبکه می‌یابد. بهینه‌سازی توان راکتیو یکی از انشعابات مسئله پخش بهینه توان است بنابراین برای بررسی این مسئله نخست نیاز به شناخت مسئله پخش بهینه توان می‌باشد.

بهینه‌سازی توان (OPF) انتهای مسیر مسئله کلاسیک پخش اقتصادی توان است که از سال ۱۹۳۰ تعریف شده بود. اولین بار حداقل نمودن هزینه سوخت مصرفی نیروگاه در سال ۱۹۳۰ مطرح گردید، در سالهای بعد تلفات نیز به جمع مدل شبکه اضافه شده و در نتیجه مسئله پخش اقتصادی توان اکتیو را بدنبال داشت و در سالهای بعد از دهه شصت به همراه گسترش روشهای حل مسائل بهینه‌سازی مسئله پخش بهینه توان به صورت امروزی مطرح گردید. این مسئله بهینه‌سازی به علت حجم بزرگ اطلاعات مورد نیاز و روشهای پیشرفته جهت حل به مسائل کوچکتری با توابع هدف مختلفی از جمله حداقل مصرف سوخت، حداقل تلفات، بهینه‌سازی QV و حداقل تخلف ولتاژ و ... تقسیم شده است. همچنین روشهای حل مختلفی مانند روشهای خطی‌سازی، روشهای درجه دوم، روش سیستم خبره، ... برای حل این مسائل مطرح گشته است.

۲-۱) ارائه مدل مسئله بهینه‌سازی توان [۳-۶]

در مسئله پخش بهینه توان هدف حداقل نمودن هزینه تولید (مصرف سوخت) است. این هزینه‌ها مربوط به زمان بعد از نصب شبکه است. یعنی زمانی که شبکه نصب شده و درصدد استفاده از آن هستیم. در این حالت نه تنها مسئله کم نمودن هزینه سوخت مطرح است بلکه استفاده بهینه از ابزار و وسائل موجود در شبکه نیز مد نظر می‌باشد یعنی باید نقطه کار سیستم در محدوده تعیین شده (ارضاء قیود نامعادله‌ای) قرار گیرد.

حال با در نظر گرفتن فرضیات زیر مدل ریاضی مسئله OPF و به دنبال آن مسئله بهینه‌سازی توان راکتیو معرفی می‌شود.

- ۱) نمایش شبکه الکتریکی را به صورت تک خطی با توانهای متعادل در نظر می‌گیریم
- ۲) ظرفیت تولیدی توان در شبکه بیشتر از مصرف بارها است.
- ۳) قدرت مصرفی بارها P_D و Q_D ثابت در نظر گرفته می‌شوند.
- ۴) برای محاسبه بهینه‌سازی نیاز به منحنی هزینه نیروگاه است.

در معرفی مسئله پخش بهینه توان شناخت تابع هدف از اهمیت خاصی برخوردار است. چنانچه $C_i(P_i)$ تابع هزینه نیروگاه باشد، تابع هدف کلی که حداقل نمودن هزینه تولید است از رابطه (۱-۲) بدست می‌آید.

$$C_T = \sum_{i=1}^{N_{GP}} C_i(P_i) \quad (1-2) \quad \text{تعداد شینه‌های دارای ژنراتور } N_{GP}$$

حداقل نمودن هزینه تولید تنها هدف نیست بلکه مقادیر بدست آمده باید حداقل شرایط یک نقطه کار مطلوب را داشته باشند، از طرف دیگر باید محدودیتهای عملی موجود در شبکه را نیز رعایت نمایند. پس در مدل معرفی شده علاوه بر تابع هدف باید قیود مربوطه نیز ذکر گردد. اولین دسته از قیود حاکم معادلات پخش بار است. این معادلات در یک شبکه n شینه به صورت روابط (۲-۲) و (۳-۲) نوشته می‌شوند.

$$P_j = \text{Re} \left[v_j^* \sum_{k=1}^n Y(j,k) v_k \right] \quad (2-2)$$