فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول- مقدمه

۱-۱ مقدمه ۱۰

۱-۲ ضرورت انجام طرح..... ۱۱

۱-۳ پیشینه تحقیق ۱۲

۱-۳-۱ بازآرایی شبکه‌های توزیع..... ۱۲

۱-۳-۲ جایابی DSTATCOM..... ۱۶

۱-۴ چهار چوب پایان نامه..... ۱۷

فصل دوم- بازآرایی شبکه‌های توزیع و جبران‌کننده DSTATCOM

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ شبکه‌های توزیع..... ۲۰

۲-۲-۱ انواع پیکره‌بندی شبکه‌های توزیع فشار متوسط ۲۰

۲-۲-۱-۱ پیکره‌بندی باس یا خطی..... ۲۰

۲-۲-۱-۲ پیکره‌بندی شعاعی یا ستارهای ۲۰

۲-۲-۱-۳ پیکره‌بندی حلقوی..... ۲۱

۲-۲-۱-۴ پیکره‌بندی غربالی ۲۲

۲-۲-۲ اتوماسیون در شبکه‌های توزیع..... ۲۲

۲-۲-۳ اثر نامتعادلی بار در سیستم‌های توزیع..... ۲۴

۲-۲-۴ کاهش تلفات در سیستم‌های توزیع ۲۵

۲-۳ بازآرایی شبکه‌های توزیع..... ۲۶

۲-۳-۱ مفهوم بازآرایی..... ۲۶

۲-۳-۲ مزایای بازآرایی ۲۷

۲-۳-۳ علت مشکل بودن حل مسئله بازآرایی ۲۷
۲-۴ روش‌های بازآرایی ۲۸
۲-۴-۱ دسته‌بندی بر اساس نوع هدف ۲۸
۲-۴-۲ دسته‌بندی بر اساس اتوماسیون شبکه ۲۸
۲-۴-۳ دسته‌بندی بر اساس روش جستجو ۲۹
۲-۴-۳-۱ روش‌های ابتکاری ۳۰
۲-۴-۳-۲ روش‌های قانونمند ۳۰
۲-۵ ادوات FACTS ۳۱
۲-۵-۱ راکتور قابل کنترل به وسیله تریستور (TCR) ۳۳
۲-۵-۲ جبران‌کننده استاتیکی توان راکتیو (SVC) ۳۴
۲-۵-۳ STATCOM ۳۷
۲-۵-۳-۱ قواعد اصلی STATCOM ۳۷
۲-۵-۳-۲ اصول عملیاتی STATCOM ۳۸
۲-۵-۴ خازن سری کنترل شده با تریستور (TCSC) ۴۲
۲-۵-۵ خازن سری کنترل شونده با مبدل GTO یا GTO-CSC (SSSC) ۴۴
۲-۵-۶ کنترل‌کننده یکپارچه توان (UPFC) ۴۵
۲-۶ DFACTS ۴۶
۲-۶-۱ جبران‌کننده DSTATCOM ۴۷
۲-۶-۱-۱ مدل‌سازی DSTATCOM ۴۹

فصل سوم- الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی

۳-۱ مقدمه ۵۴
۳ -۲ مقدمه‌ای بر الگوریتم ژنتیک، پرندگان و انفجار بزرگ-برخوردبزرگ ۵۵
۳ -۳ الگوریتم PSO ۵۵
۳ -۳-۱ انتخاب پارامترهای PSO ۵۷
۳-۳-۱-۱ اینرسی وزنی ω ۵۷
۳-۳-۱-۲ سرعت ماکزیمم Vmax ۵۸

۳-۳-۱-۳ ضرایب شتاب C1 و C2 ..... ۵۸
۳-۳-۲ پیکربندی‌های همسایگی در PSO ۵۹
۳ -۴ الگوریتم ژنتیک ۵۹
۳ -۴-۱ نحوه نمایش کروموزوم‌ها ۶۰
۳ -۴-۲ جمعیت اولیه ۶۱
۳ -۴-۳ ارزیابی میزان برازندگی ۶۱
۳ -۴-۴ انتخاب ۶۱
۳ -۴-۵ ادغام: ۶۲
۳ -۴-۵-۱ روش ادغام تک‌نقطه‌ای یا تک مکانی ۶۳
۳ -۴-۵-۲ روش ادغام چند نقطه‌ای ۶۳
۳ -۴-۶ جهش ۶۳
۳ -۴-۶-۱ جهش تک‌نقطه‌ای ۶۴
۳ -۴-۶-۲ جهش چندنقطه‌ای ۶۴
۳ -۵ الگوریتم BB-BC ۶۵
۳ -۵-۱ تولید جمعیت اولیه ۶۶
۳ -۵-۲ محاسبه تابع هدف ۶۶
۳ -۵-۳ تعیین مرکز جرم یا مرحله Big Crunch ۶۶
۳ -۵-۳-۱ مرکز جرم ۶۶
۳ -۵-۳-۲ مرکز جرم در الگوریتم BB-BC ۶۷
۳ -۵-۴ مرحله انفجار بزرگ BB ۶۷
۳ -۵-۵ بررسی شرط توقف ۶۸
۳-۶ شبیه سازی توابع تست ۶۸
۳-۶-۱ تابع تست Sphere ۶۸
۳-۶-۲ تابع تست ackley ۷۰

فصل چهارم- طراحی الگوریتم چندهدفه MOBB-BC و الگوریتم MBB-BC و نحوه انجام بازآرایی و جایابی

۴-۱ مقدمه ۷۲

۴-۲ بهینه‌سازی چندهدفه ۷۳
۴-۲-۱ روش وزن‌دهی ۷۳
۴-۲-۱-۱ نرمالیزه کردن توابع هدف ۷۴
۴-۲-۲ روش قیود محدود ۷۴
۴-۲-۳ الگوریتم‌های تکاملی بهینه‌سازی چندهدفه ۷۵
۴-۲-۳-۱ مغلوب‌سازی ۷۵
۴-۲-۳-۲ بهینه‌سازی پرتو ۷۶
۴-۲-۳-۳ آرشیو ۷۶
۴-۲-۳-۴ مجموعه پرتو بهینه ۷۶
۴-۳ طراحی الگوریتم MOBB-BC ۷۸
۴-۳-۱ تولید جمعیت اولیه ۷۸
۴-۳-۲ محاسبه توابع هدف ۷۸
۴-۳-۳ به‌روز رسانی آرشیو ۷۸
۴-۳-۴ انتخاب سردسته ۸۱
۴-۳-۴ بررسی شرط توقف ۸۲
۴-۳-۵ حل دو تابع تست MOP2 و Kursawe ۸۲
۴-۳-۵-۱ تابع تست MPO2 ..... ۸۲
۴-۳-۵-۱ تابع تست Kursawe ۸۳
۴-۴ الگوریتم MBB-BC ۸۴
۴-۴-۱ حذف ضریب 1/t ۸۴
۴-۴-۲ توزیع جمعیت به گونه‌ای خاص حول بهترین پاسخ ۸۵
۴-۴-۳ توزیع جمعیت هم حول مرکز جرم و هم بهترین پاسخ ۸۶
۴-۴-۳ تطبیق الگوریتم MOBB-BC به منظور بازآرایی ۸۶
۴-۵ نحوه انجام بازآرایی شبکه‌های توزیع توسط الگوریتم‌های بهینه‌ساز ۸۷
۴-۵-۱ تولید جمعیت اولیه ۸۷
۴-۵-۲ محاسبه تابع هدف ۸۷
۴-۵-۲-۱ بررسی شعاعی بودن پاسخ‌های پیشنهادی ۸۸

۴-۵-۲-۲ محاسبات پخش‌بار ۸۸
۴-۵-۲-۳ محاسبه توابع هدف ۹۲
۴-۵-۳ اعمال عملگرهای الگوریتم بهینه‌ساز و تولید جمعیت جدید ۹۴
۴-۵-۳ بررسی شرط توقف ۹۴
۴-۶ نحوه انجام جایابی DSTATCOM ۹۴
۴-۷ نحوه انجام بازآرایی همراه با جایابی DSTATCOM در یک شبکه توزیع ۹۴

فصل پنجم- شبیه‌سازی

۵-۱ مقدمه ۹۶
۵-۲ شبکه متعادل ۶۹ باس ۹۷
۵-۲-۱ بازآرایی شبکه بدون حضور DSTATCOM ۹۷
۵-۲-۲ بازآرایی شبکه همراه با جایابی DSTATCOM ۱۰۱
۵-۲-۲-۱ جایابی DSTATCOM و سپس انجام بازآرایی شبکه توزیع ۱۰۱
۵-۲-۲-۲ ابتدا بازآرایی شبکه و سپس جایابی DSTATCOM ۱۰۳
۵-۲-۲-۳ بازآرایی شبکه همراه با جایابی DSTATCOM به صورت همزمان ۱۰۳
۵-۳ شبکه متعادل ۸۴ باس ۱۰۷
۵-۳-۱ بازآرایی شبکه بدون حضور DSTATCOM ۱۰۷
۵-۳-۲ بازآرایی شبکه ۸۴ باس در حضور DSTATCOM ۱۱۰
۵-۳-۲-۱ ابتدا جایابی DSTATCOM و سپس انجام بازآرایی ۱۱۰
۵-۳-۲-۲ ابتدا بازآرایی شبکه و سپس جایابی DSTATCOM ۱۱۱
۵-۳-۲-۳ انجام بازآرایی و جایابی DSTATCOM به صورت همزمان ۱۱۲
۵-۴ شبیه‌سازی شبکه‌های نامتعادل ۱۱۶
۵-۴-۱ بازآرایی و جایابی شبکه نامتعادل ۳۳ باس به صورت تک‌هدفه ۱۱۶
۵-۴-۲ بازآرایی و جایابی شبکه نامتعادل ۳۳ باس به صورت چندهدفه ۱۲۰
۵-۴-۲-۱ بازآرایی و جایابی با اهداف توان تلفاتی و میانگین نامتعادلی جریان خطوط ۱۲۰
۵-۴-۲-۲ بازآرایی و جایابی با اهداف توان تلفاتی و مجموع انحراف از ولتاژ ۱۲۲
۵-۴-۲-۳ بازآرایی و جایابی با اهداف مجموع انحراف از ولتاژ و میانگین نامتعادلی جریان خطوط ۱۲۵

۵-۴-۲-۴ بازآرایی و جایابی با اهداف تلفات، مجموع انحراف از ولتاژ و میانگین نامتعادلی جریان خطوط ۱۲۷

فصل ششم – نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱ مقدمه ۱۲۹
۶-۲ نتایج شبکه‌های متعادل ۶۹ و ۸۴ باس ۱۳۰
۶-۲-۱ بازآرایی بدون حضور DSTATCOM ۱۳۰
۶-۲-۲ بازآرایی همراه با جایابی DSTACOM ۱۳۱
۶-۳ نتایج شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۳۳
۶-۴ پیشنهادات ۱۳۳

پیوست (الف)

الف-۱ مشخصات شبکه متعادل ۶۹ باس ۱۳۴
الف-۲ مشخصات شبکه متعادل ۸۴ باس ۱۳۶
الف-۳ مشخصات شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۳۹
الف ۳-۱ مشخصات خط شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۳۹
الف-۳-۲ مشخصات باس شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۴۱

مراجع ۱۴۳

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): شبکه با پیکره‌بندی باس ۲۰
شکل (۲-۲): شبکه با پیکره‌بندی ستاره ۲۱
شکل (۲-۳): شبکه با پیکره‌بندی حلقوی ۲۱
شکل (۲-۴): شبکه با پیکره‌بندی غربالی ۲۲
شکل (۲-۵): شبکه توزیع نمونه ۲۶
شکل (۲-۶): راکتور قابل کنترل به وسیله تریستور (TCR) ۳۳

شکل (۲-۷): شکل موج جریان TCR به ازای α های مختلف ۳۴
شکل (۲-۸): دیاگرام جبران کننده استاتیکی توان راکتیو (SVC) ۳۵
شکل (۲-۹): جبران‌کننده راکتیو قابل کنترل به وسیله تریستور همراه با خازن ثابت..... ۳۶
شکل (۲-۱۰): مدار معادل و دیاگرام فازی کندانسور سنکرون ۳۸
شکل (۲-۱۱): دیاگرام تک خطی STATCOM ۳۹
شکل (۲-۱۲): دیاگرام فازی تبادل توان اکتیو و راکتیو در STATCOM ۴۰
شکل (۲-۱۳): دیاگرام تک خطی STATCOM با فرض ناچیز بودن تلفات ترانس و کلیدزنی ۴۰
شکل (۲-۱۴): مقایسه مشخصه‌های V-I جبران ساز STATCOM نسبت به جبران‌سازهای مرسوم TCS و TCR ۴۱
شکل (۲-۱۵): ساختار TCSC ۴۳
شکل (۲-۱۶): ساختار و مدل مداری SSSC ۴۴
شکل (۲-۱۷): ساختار UPFC ۴۵
شکل (۲-۱۸): ساختار یک DSTATCOM همراه با مدار کنترلی و کلیدزنی PWM در شبکه توزیع..... ۴۸
شکل (۲-۱۹): نمایی از DSTATCOM نصب شده در پست خورشیدی؛ در حال انتقال به محل پست و تست عملی ۴۸
شکل (۲-۲۰): دیاگرام تک خطی DSTATCOM نصب شده در پست توزیع خورشیدی ۴۹
شکل (۲-۲۱): دیاگرام تک خطی یک شبکه دو شینه در حضور DSTATCOM..... ۵۰
شکل (۲-۲۲): مدل PQ برای جبران کننده DSTATCOM در شبکه..... ۵۰
شکل (۲-۲۳): دیاگرام تک خطی یک شبکه دو شینه ۵۱
شکل (۲-۲۴): دیاگرام فازی شبکه دو شینه شکل (۲-۲۴)..... ۵۱
شکل (۲-۲۵): دیاگرام فازی مربوط به شبکه شکل (۲-۲۱)..... ۵۲
شکل (۳-۱): انواع پیکربندی‌های همسایگی در PSO..... ۵۹
شکل (۳-۲): چرخ رولت برای نمایش روش گزینش چرخ رولت برای ۴ کروموزوم ۶۲
شکل (۳-۳): روش ادغام تک نقطه‌ای..... ۶۳
شکل (۳-۴): روش ادغام دو نقطه‌ای ۶۳
شکل (۳-۵): روش ادغام سه نقطه‌ای ۶۳
شکل (۳-۶): جهش تک نقطه‌ای..... ۶۴
شکل (۳-۷): جهش دو نقطه‌ای ۶۴
شکل (۳-۸): جهش دو نقطه‌ای ۶۴

شکل (۳-۹): نمودار برازندگی تابع تست Sphere در ۱۰۰ تکرار توسط الگوریتم‌ها GA، PSO و BB-BC ۶۹
شکل (۴-۱): نحوه قرارگیری چند موقعیت مختلف در یک تابع دوهدفه ۷۶
شکل (۴-۲): مجموعه پرتو بهینه که به وسیله نقطه‌چین به یکدیگر وصل شده‌اند ۷۷
شکل (۴-۳): جواب‌های نهایی به دست آمده از حل یک مسئله دوهدفه با اهداف قیمت و معکوس سرعت خودرو ۷۷
شکل (۴-۴): حالات مختلف به روز رسانی آرشیو خارجی ۷۹
شکل (۴-۵): نمونه ای از یک آرشیو شبکه‌بندی شده که خانه‌های دارای عضو، شماره گذاری شده‌اند ۸۰
شکل (۴-۶): شبکه‌بندی مجدد آرشیو در صورت ورود عضوی خارج از محدوده شبکه‌بندی شده ۸۱
شکل (۴-۷): بهینه پرتو به دست آمده از الگوریتم MOPSO و MOBB-BC برای تابع تست MPO2 ..... ۸۳
شکل (۴-۸): بهینه پرتو به دست آمده از الگوریتم MOPSO و MOBB-BC برای تابع تست Kursawe ۸۶
شکل (۵-۱): شبکه توزیع ۶۹ شینه با ۷۳ شاخه ۹۷
شکل (۵-۲): نمودار تابع هزینه بر حسب تکرار برای هر چهار الگوریتم ژنتیک، اجتماع ذرات، BB-BC و MBB-BC ۹۸
شکل (۵-۳): اندازه ولتاژ باس‌های شبکه ۶۹ باس قبل و بعد از انجام بازآرایی ۱۰۰
شکل (۵-۴): نمودار تابع هزینه بر حسب تکرار در بازآرایی شبکه ۶۹ باس در حضور DSTATCOM ۱۰۲
شکل (۵-۵): نمودار تابع هزینه بر حسب تکرارها به منظور جایابی و بازآرایی همزمان در شبکه ۶۹ باس ۱۰۴
شکل (۵-۶): نمودار اندازه ولتاژ باس‌های شبکه ۶۹ باس در سه حالت ساختار اولیه شبکه، فقط بازآرایی و بازآرایی و جایابی DSTATCOM به طور همزمان ۱۰۵
شکل (۵-۷): دیاگرام شبکه متعادل ۸۴ شینه با ۱۳ کلید در حالت عادی باز ۱۰۷
شکل (۵-۸): نمودار تابع هزینه بر حسب تکرار برای هر چهار الگوریتم ژنتیک، اجتماع ذرات، BB-BC و MBB-BC برای شبکه ۸۴ باس ۱۰۸
شکل (۵-۹): نمودار تابع هزینه بر حسب تکرار در بازآرایی شبکه ۸۴ باس در حضور DSTATCOM ۱۱۱
شکل (۵-۱۰): نمودار تابع هزینه بر حسب تکرار به منظور جایابی و بازآرایی همزمان در شبکه ۸۴ باس ۱۱۳
شکل (۵-۱۱): نمودار اندازه ولتاژ باس‌های شبکه ۸۴ باس در شرایط ساختار اولیه شبکه، بازآرایی تنها و بازآرایی و جایابی DSTATCOM به طور همزمان ۱۱۴
شکل (۵-۱۲): دیاگرام شبکه نامتعادل ۳۳ شینه با ۵ کلید در حالت عادی باز ۱۱۷
شکل (۵-۱۳): تابع هزینه نسبت به تکرارهای صورت گرفته برای اهداف (الف) کاهش تلفات اکتیو (ب) کاهش مجموع انحراف ولتاژ (ج) کاهش میانگین نامتعادلی جریان خطوط ۱۱۸
شکل (۵-۱۴): نمودار نقطه‌ای جبهه‌ی پرتو برای توابع هدف اول و سوم با ۵۰ عضو ۱۲۱
شکل (۵-۱۵): نمودار نقطه‌ای جبهه‌ی پرتو برای توابع هدف اول و دوم با ۵۰ عضو ۱۲۳

شکل (۵-۱۶): نمودار نقطه‌ای جبهه‌ی پرتو برای توابع هدف دوم و سوم با ۵۰ عضو ۱۲۵
شکل (۵-۱۷): نمودار نقطه‌ای جبهه‌ی پرتو برای توابع هدف اول، دوم و سوم با ۵۰ عضو ۱۲۷

فهرست جداول

جدول (۲-۱): تلفات در سیستم‌های توزیع و درصد هر یک از آن‌ها ۲۵
جدول (۲-۲): نسبت‌های سود به هزینه برای انواع روش‌های کاهش تلفات ۲۶
جدول (۳-۱): جواب‌های به دست آمده در ۱۰۰ تکرار توسط الگوریتم‌ها GA، PSO و BB-BC برای تابع تست Sphere ۶۹
جدول (۵-۱): نتایج بازآرایی شبکه ۶۹ باس توسط الگوریتم‌های GA، PSO، DE، BB-BC و MBB-BC ۹۹
جدول (۵-۲): نتایج جایابی DSTATCOM قبل از انجام بازآرایی در شبکه ۶۹ باس ۱۰۱
جدول (۵-۳): نتایج انجام جایابی DSTATCOM و سپس انجام بازآرایی در شبکه ۶۹ باس ۱۰۲
جدول (۵-۴): نتایج مربوط به انجام بازآرایی و سپس جایابی DSTATCOM در شبکه ۶۹ باس ۱۰۳
جدول (۵-۵): نتایج مربوط به انجام بازآرایی و جایابی DSTATCOM به طور همزمان در شبکه ۶۹ باس ۱۰۴
جدول (۵-۶): خلاصه‌ی مطالعات صورت گرفته بر روی شبکه ۶۹ شینه ۱۰۶
جدول (۵-۷): نتایج بازآرایی شبکه ۸۴ باس توسط الگوریتم‌های GA، PSO، MGA، BB-BC و MBB-BC ۱۰۹
جدول (۵-۸): نتایج انجام جایابی DSTATCOM و سپس انجام بازآرایی در شبکه ۸۴ باس ۱۱۰
جدول (۵-۹): نتایج مربوط به انجام بازآرایی و سپس جایابی DSTATCOM در شبکه ۸۴ باس ۱۱۲
جدول (۵-۱۰): نتایج مربوط به انجام بازآرایی و جایابی DSTATCOM به طور همزمان در شبکه ۸۴ باس ۱۱۳
جدول (۵-۱۱): خلاصه‌ی مطالعات صورت گرفته بر روی شبکه ۸۴ شینه ۱۱۵
جدول (۵-۱۲): حالت‌های مختلف جایابی و بازآرایی برای شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۱۹
جدول (۵-۱۳): اعضای مجموعه بهینه پرتو برای بهینه‌سازی توابع هدف اول و سوم ۱۲۲
جدول (۵-۱۴): اعضای مجموعه بهینه پرتو برای بهینه‌سازی توابع هدف اول و دوم ۱۲۴
جدول (۵-۱۵): اعضای مجموعه بهینه پرتو برای بهینه‌سازی توابع هدف دوم و سوم ۱۲۶
جدول (۵-۱۶): اعضای مجموعه بهینه پرتو برای بهینه‌سازی توابع هدف اول و دوم و سوم ۱۲۸
جدول (الف-۱): مشخصات شبکه متعادل ۶۹ باس ۱۳۴
جدول (الف-۲): مشخصات شبکه متعادل ۸۴ باس ۱۳۶
جدول (الف-۳): مشخصات خط شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۳۹
جدول (الف-۴): مشخصات باس شبکه نامتعادل ۳۳ باس ۱۴۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

یکی از روش‌های مؤثر و کم‌هزینه به منظور بهبود مشخصه‌های شبکه، بازآرایی شبکه‌های توزیع می‌باشد. در این فصل ابتدا به تعریف کوتاهی از بازآرایی شبکه‌های توزیع و همچنین بررسی مزیت‌های استفاده از جبران‌سازهای جدید نسبت به جبران‌کننده‌های قدیمی پرداخته شده است. سپس پیشینه مطالعات صورت گرفته در زمینه بازآرایی شبکه-های توزیع و جایابی و مدل‌سازی ادوات FACTS[1] و DFACTS[2] در حالت ماندگار شبکه مورد بررسی قرار گرفته است. بهینه‌سازی شاخص‌های شبکه با استفاده از بازآرایی و یا جایابی ادوات DFACTS از جمله مسائل مشتق ناپذیری می‌باشد که به منظور حل آن‌ها، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. این روش‌ها را می‌توان به دو دسته روش‌های ابتکاری و هدفمند مانند الگوریتم‌های تکاملی تقسیم کرد که در این فصل پیشینه تحقیق برای هر کدام به صورت جداگانه مورد بحث قرار گرفته است. در پایان فصل نیز چهار چوبی کلی در مورد مطالعات صورت گرفته در این پایان‌نامه ارائه شده است.

[1] Flexible AC Controller Transmission Systems
[2] Distribution FACTS

۱-۲ ضرورت انجام طرح

شبکه‌های توزیع به علت دارا بودن ویژگی‌های متغیر از نقطه نظر مقدار بار مصرفی، دچار معضلاتی از جمله افزایش تلفات اکتیو، اضافه بار روی پست‌های فوق توزیع، افت ولتاژ، افزایش نامتعادلی بار و نامتعادلی جریان عبوری از خطوط و یا نقض سایر محدودیت‌های حاکم بر شبکه می‌شود؛ به خصوص هنگامی که این تغییرات بار در بخش‌های مختلف شبکه محسوس می‌گردد. تغییرات بار شبکه را می‌توان ناشی از شرایط آب و هوایی فصول مختلف که تغییرات مصرف انرژی الکتریکی را به دنبال خواهند داشت و یا افزوده شدن مشترکین جدید به شبکه که بارهای جدیدی را به شبکه تحمیل می‌کند، دانست.

در یک وضعیت و حالت ثابت بار، می‌توان مسئله طراحی شبکه توزیع را به بهترین نحو ممکن و با جایابی دقیق و بهینه پست‌ها، یافتن بهترین ترکیبات ممکن از بخش‌های مختلف سیستم توزیع با در نظر گرفتن کلیه مسائل فنی و مهندسی موجود در شبکه انجام داد. به طوری که هم از نظر اقتصادی سیستم در حالت بهینه باشد و هم از نظر کارایی و قابلیت اطمینان در بخش‌های مختلف، بهترین وضعیت ممکن را داشت. اما این مطلب فقط برای زمانی که تمام بارهای شبکه ثابت در نظر گرفته شوند معتبر است که این امر در شبکه‌های توزیع فرض محالی است. در یک بازه زمانی و با سطح معینی از بارهای موجود روی فیدرهای مختلف، امکان دارد سیستم در وضعیت کاملاً مطلوبی قرار داشته باشد. اما با تغییر بار، نقاط عملیاتی سیستم کاملاً تغییر کرده و امکان دارد که طراحی مرحله قبل نه تنها بهینه و مطلوب نباشد بلکه سیستم را در شرایط بحرانی قرار دهد.

از طرفی شبکه‌های توزیع به علت سطح ولتاژ پایین و در نتیجه جریان بالا، تلفات توان و افت ولتاژ بالایی خواهند داشت. همچنین وضعیت تعادل شبکه‌های توزیع به علت تغذیه بارهای تک‌فاز، نامتعادلی بار و در نتیجه نامتعادلی جریان خطوط، نامناسب می‌باشد. یکی از راهکارهای مناسب، کم‌هزینه، آسان و بدون نیاز به احداث قسمت‌های جدید را می‌توان بازآرایی شبکه‌های توزیع دانست که بسته به موقعیت و سطوح مختلف بار می‌تواند ساختار شبکه را به روز کند. در بازآرایی شبکه تنها با باز و بسته کردن کلیدهای موجود و تغییر ساختار گراف شبکه، می‌توان تلفات، افت ولتاژ و نامتعادلی بار و جریان خطوط را بهبود داد. در مسئله بازآرایی ابتدا به تعیین تابع هدف مسئله پرداخته می‌شود، که این تابع هدف می‌تواند تلفات شبکه، مجموع انحراف از ولتاژ باس‌ها، معکوس میانگین ولتاژ باس‌ها، نامتعادلی بار، نامتعادلی جریان خطوط و امنیت شبکه باشد. سپس با در نظر گرفتن محدودیت‌های حاکم بر شبکه، مانند محدودیت حداقل و حداکثر ولتاژ باس‌ها و حداکثر جریان عبوری از هر خط، کلیدهای مناسب برای برآورد سازی تابع هدف مسئله را انتخاب کرد.

یکی دیگر از راهکارهای مناسب برای بهبود مشخصه‌های شبکه بدون احداث خطوط و یا پست‌های توزیع جدید را می‌توان استفاده از ادوات DFACTS دانست. این ادوات در سال‌های اخیر بیشتر از قبل مورد توجه قرار گرفته‌اند. معمولاً راه‌کار اصلی کاهش تلفات و کنترل ولتاژ در سیستم‌های توزیع استفاده از خازن‌های موازی، راکتورهای سری و موازی می‌باشد. در سیستم‌های توزیع معمولاً برای تنظیم ولتاژ از رگلاتورهای سری ولتاژ استفاده می‌شود.

رگلاتورهای سری توانایی تولید توان راکتیو نداشته و پاسخی کاملاً آرام و عملکرد پله‌ای دارند. جبران‌کننده‌های موازی مانند خازن توانایی تولید توان راکتیو را دارند اما توان راکتیو خروجی خازن، متناسب با مربع ولتاژ سیستم است و با کاهش و افزایش ولتاژ مقدار آن تغییر می‌کند؛ لذا برای بهبود عملکرد خازن‌ها در بارهای مختلف ترکیبی از خازن‌های ثابت و سوئیچ شونده استفاده می‌شود. بنابراین قادر به تولید پیوسته توان راکتیو نیستند.

مشکل دیگر جبران‌کننده‌های خازنی ایجاد رزونانس با اجزای سلفی شبکه مانند بارهای سلفی و راکتانس‌های خط می‌باشد. یکی از ادوات DFACTS که در سال‌های اخیر نیز بسیار پرکاربرد و مورد توجه بوده است جبران‌ساز موازی - DSTATCOM[1] می‌باشد. در مقایسه با ادوات جبران‌ساز سنتی، DSTATCOM دارای مزیت‌های مهمی مانند توانایی تنظیم بسیار قوی، تولید هارمونیک کم، سایز کوچک، نویز و تلفات پایین و نداشتن رزونانس است، ضمن اینکه به هنگام افزایش بار، DSTATCOM نقش مهمی را در بار پذیری، پایداری، جبران‌سازی توان راکتیو، افزایش کیفیت توان مانند حذف اثر فلیکر و رگولاسیون ولتاژ ایفا می‌کند.

در این پایان‌نامه الگوریتم جدیدی به منظور انجام بازآرایی معرفی و اصلاح شده است. همچنین طرحی به منظور تبدیل این الگوریتم به الگوریتم بهینه‌ساز چندهدفه ارائه شده است. مسئله بازآرایی و جایابی DSTATCOM به منظور اهداف تک‌هدفه و چندهدفه کاهش تلفات، بهبود سطح ولتاژ و کاهش نامتعادلی جریان خطوط مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۳ پیشینه تحقیق

در زمینه انجام بازآرایی در شبکه‌های توزیع و همچنین جایابی ادوات FACTS و تخصیص مناسب ادوات DFACTS کارهای فراوانی صورت گرفته است که به ترتیب به بررسی این مطالعات صورت گرفته پرداخته می‌شود.

۱-۳-۱ بازآرایی شبکه‌های توزیع

اولین بار در سال ۱۹۷۵ بحث بازآرایی در شبکه‌های توزیع به منظور کاهش توان اکتیو تلفاتی در [۱] مطرح شد. در این مقاله ابتدا همه کلیدهای موجود در شبکه توزیع به صورت بسته در نظر گرفته شده است و سپس با تعویض شاخه‌های مختلف، پاسخ مناسب مسئله بازآرایی جستجو شده است. از معایب اصلی این بررسی می‌توان به فرض کردن تمام بارها به صورت اکتیو و عدم در نظر گرفتن محدودیت‌های شبکه مانند محدودیت ولتاژ و جریان عبوری از هر شاخه اشاره کرد.

در [۲] روش تعویض شاخه برای حل مسئله بازآرایی با انتخاب شاخه‌ها به صورت دو تا دو تا، که در هر حلقه یکی به منظور باز شدن و دیگری به منظور بسته شدن انتخاب شده‌اند، توسعه یافته است. از معایب این روش می‌توان به زمان زیاد حل مسئله بازآرایی اشاره کرد. در [۳] مطالعه بازآرایی شبکه به صورت فصلی یا روزانه (تابعی از زمان) و در

[1] Distribution Static Compensator

حالت‌های مختلف بار صورت گرفته است. در این مقاله برای حل مسئله بازآرایی به صورت روزانه تنها کلیدهای اتوماتیک و در بازآرایی به صورت فصلی هم کلیدهای اتوماتیک و هم کلیدهای دستی در نظر گرفته شده‌اند. در [۴] روشی ابتکاری به منظور حذف خودکار کلیدهای نامطلوب که انتخاب آن‌ها موجب غیر شعاعی شدن شبکه می‌شوند ارائه شده است. در این مقاله نیز تنها کل تلفات اکتیو شبکه به عنوان هدف مسئله انتخاب شده است.

در [۵] الگوریتمی به منظور غلبه بر محدودیت‌های موجود در شبکه‌های بزرگ در حل مسئله بازآرایی با تقسیم شبکه به زیر شبکه‌های کوچک‌تر ارائه شده است. در این مقاله، الگوریتم گروهی از باس بارهای شبکه را به منظور بازآرایی پیشنهاد می‌کند که تلفات خط بین تک‌تک این گروه‌ها حداقل گردد. در [۶] یک روش ابتکاری به منظور حداقل سازی تلفات اکتیو سیستم توزیع ارائه شده است. از مزایای این روش می‌توان به لحاظ کردن نامتعادلی شبکه در ساختار بازآرایی اشاره کرد. در [۷] با ترکیب تکنیک‌های بهینه‌سازی و قوانین حاکم بر روش فازی یک روش موثر و مقاوم به منظور بازآرایی شبکه توزیع ارائه شده است. در [۸] یک روش دو مرحله‌ای بر مبنای فاصله بین فیدرها و الگوریتم تعویض شاخه طراحی شده است. این روش به منظور متعادل‌سازی بار فیدرها ارائه شده است و محدودیت‌های ولتاژ باس‌ها و جریان خطوط در آن لحاظ شده است. در [۹] بازآرایی بدون انجام پخش‌بار با مدل کردن ساختار شبکه به وسیله متغیرهای باینری، بر روی سیستم توزیع صورت گرفته است. در این روش علاوه بر در نظر گرفتن محدودیت‌های حاکم بر شبکه، ابتکاراتی به منظور کاهش زمان انجام بازآرایی صورت گرفته است.

در [۱۰] از الگوریتم ژنتیک[1] که یک الگوریتم جستجو بر اساس انتخاب و ژنتیک طبیعی می‌باشد استفاده شده است؛ و ذات وفقی ژنتیک طبیعی و پروسه تکاملی ارگان‌ها با بهینه‌سازی تلفات شبکه ترکیب شده است. خصوصیات ساده الگوریتم ژنتیک آن را به منظور بررسی مسائل مختلف بهینه‌سازی مناسب کرده است. مشکل اصلی در استفاده از الگوریتم ژنتیک را می‌توان متکی بودن این الگوریتم به مکانیزم کدگذاری کروموزوم‌ها به منظور نمایش دادن اطلاعات شبکه توزیع و ساختار تابع هدف دانست. در [۱۱] یک روش بهبودیافته به منظور مطالعه بازآرایی شبکه‌های توزیع بر اساس الگوریتم ژنتیک اصلاح شده[2] ارائه شده است که تابع هدف آن تنها شامل تلفات حقیقی شبکه می‌باشد. در این مقاله به منظور بهبود الگوریتم ژنتیک، کروموزوم‌ها، تابع برازندگی و نحوه ایجاد جهش اصلاح شده‌اند. همچنین به منظور دقت بخشیدن به محاسبات پخش‌بار یک روش پخش‌بار جدید نیز ارائه شده است. در [۱۲] نیز با اصلاح الگوریتم ژنتیک یک روش مناسب به منظور بازآرایی شبکه با هدف کاهش تلفات، نامتعادلی جریان خطوط و نامتعادلی ولتاژ باس‌ها ارائه شده است. در این روش عملکردهای تقاطع و جهش در الگوریتم ژنتیک باهم ترکیب شده‌اند؛ ابتدا همه کلیدها به صورت بسته در نظر گرفته شده‌اند و سپس در هر حلقه کلیدهایی که دارای کمترین جریان عبوری هستند به عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته شده‌اند. در [۱۳] از الگوریتم ژنتیک به منظور بازآرایی شبکه با هدف حداقل‌سازی انرژی از دست رفته در هنگام وقوع خطا استفاده شده است. همچنین فرصت‌های جدیدی برای جایگزینی انرژی از دست رفته با استفاده از بازآرایی شبکه ایجاد شده است. در [۱۴] از روش جدیدی برای نمایش رشته‌های مربوط به بارها و منابع شبکه همراه با پخش‌بار سه فاز نامتعادل استفاده شده است. همچنین یک

[1] Genetic Algorithm
[2] Refined Genetic Algorithm

عملگر اصلاحی که رشته‌ها را به منظور بهبود تابع هدف مسئله و برآورد کردن محدودیت‌های شبکه شعاعی تطبیق می‌دهد، ارائه شده است. در [۱۵] الگوریتم ژنتیک با استفاده از اصلاح ساختار رشته‌ها به منظور بازآرایی بازنویسی شده و توابع هدفی که به راه حل‌های نامعتبر منتهی می‌شوند شناسایی شده‌اند. بهبودهایی نیز در تولید و کدنگاری کروموزوم، تابع هدف و عملگر جهش صورت گرفته است. در میان این بهبودها یک پروسه به منظور تطبیق جهش‌ها برای همگرایی کاملاً آرام ارائه شده است. در [۱۶] تکنیک جدیدی مبنی بر کد نگاری حلقه به منظور کاهش طول کروموزوم‌ها به کار رفته و این الگوریتم با عنوان الگوریتم ژنتیک بهبودیافته معرفی شده است. با استفاده از این روش شاخه‌هایی که با باز شدن آن‌ها شرط شعاعی بودن شبکه رعایت نمی‌شوند حذف شده و حجم اطلاعات کاهش یافته است. در [۱۷] یک الگوریتم ژنتیک بهبود یافته ارائه شده است که در آن از ویژگی‌های سیستم توزیع شعاعی، یک روش کدنگاری و استراتژی‌های عملگر ژنتیک، بهره گرفته است. عملگر تقاطع به عنوان مبدل بین الگوها تعریف شده است در حالی که عملگر جهش محدودتر شده است. علاوه بر این روش ساده‌سازی معادلات شبکه توزیع به منظور کاهش طول کروموزوم‌ها ارائه شده است.

در [۱۸] از منطق فازی[1] به منظور تطبیق عملگرهای ترکیب و جهش بر اساس میزان برازندگی‌شان پرداخته شده است. دست آورد اصلی کنترل‌کننده فازی در میان روش‌های مرسوم را می‌توان توانایی آن در مدل کردن جنبه کمی و کیفی دانش بشری و فرایند استدلال، تخمین آزاد مدل و پیاده‌سازی ساده دانست. این روش در شبکه‌های کوچک همیشه موفق به پیدا نمودن حداقل کلی شده است و همگرایی سریع‌تری از ژنتیک معمولی دارد. در [۱۹] الگوریتم ژنتیکی مبتنی بر عملگر جهش فازی[2] که توانسته است بر مسائل مختلف بازآرایی غلبه کند، ارائه شده است. ویژگی بارز این الگوریتم را می‌توان تولید ساختارهای شعاعی از شبکه با استفاده از یک طرح هوشمندانه دانست که همگرایی مسئله را نیز سریع‌تر کرده است.

در [۲۰] از شبکه عصبی[3] به منظور حداقل‌سازی تلفات شبکه توزیع در مسئله بازآرایی استفاده شده است. در این مقاله ابتدا ساختارهای بهینه مختلف شبکه در حالات مختلف بار محاسبه شده است سپس با استفاده از این نمونه‌ها، شبکه عصبی به منظور بهینه‌سازی تلفات شبکه در سطوح مختلف بار آموزش داده شده است. در [۲۱] شبکه عصبی هاپفیلد[4] به منظور حداقل‌سازی تلفات شبکه استفاده شده است. علت استفاده از این شبکه، انجام محاسبات بسیار زیاد در زمان بسیار کوتاه به وسیله تعداد زیادی از نرون‌ها می‌باشد. نتایج این مقاله نشان داده است که این شبکه از همگرایی مناسب برای حل مسئله بازآرایی برخوردار نیست.

در [۲۲] روشی بر اساس بهینه‌سازی جمعیت ذرات باینری[5] به منظور متعادل‌سازی بار سیستم ارائه شده است. الگوریتم جمعیت ذرات از حرکات گروهی و دسته جمعی پرندگان و ماهیان به منظور فراهم آوردن غذا، الهام گرفته

[1] Fuzzy Logic
[2] Fuzzy Mutated GA
[3] Neural Network
[4] Hopfield Neural Network
[5] Binary Particle Swarm Optimum

شده است. هر جواب احتمالی شبکه به عنوان یک ذره در کل فضای مسئله در نظر گرفته شده است. در [۲۳] روش جمعیت ذرات به منظور حل مسئله بازآرایی در حضور تولیدات پراکنده[1] پیشنهاد شده است. در این مقاله از معیارهای مناسبی مانند در نظر گرفتن هزینه تولید توان راکتیو برای کنترل توان‌ها اکتیو و راکتیو DG استفاده شده است. از آنجا که این الگوریتم ماهیتی کاملاً پیوسته دارد برای حل مسئله گسسته‌ای مانند بازآرایی مناسب نیست، به همین منظور در [۲۴] از الگوریتم جمعیت ذرات به صورت کدگذاری عدد صحیح برای حل مسئله بازآرایی استفاده شده است.

در [۲۵] یک روش مقاوم و موثر بر اساس روش جستجوی تابو[2] که یکی از روش‌های نسبتاً جدید در زمینه روش‌های هوشمند می‌باشد به منظور بازآرایی شبکه توزیع معرفی شده است. تکنیک جستجوی تابو یک روش بهینه‌سازی ابتکاری مبتنی بر مسائل بهینه‌سازی ترکیبی می‌باشد. در [۲۶] جستجوی تابو موازی[3] به منظور کاهش مدت زمان محاسبات و افزایش دقت حل مسئله جستجوی تابو ارائه شده است. در این مقاله دو استراتژی مختلف ارائه شده است؛ توزیع جواب‌های ارائه شده در همسایگی‌شان و در نظر گرفتن رشته‌هایی با طول‌های مختلف که منجر به تولید بیشتر راه‌حل‌های متفاوت می‌شود. در [۲۷] الگوریتمی با عنوان جستجوی تابوی بهبود یافته به منظور حل مسئله بازآرایی ارائه شده است. این الگوریتم به منظور کاهش وابستگی جستجوی تابوی معمولی به طول تابو و همسایگی محلی کاندیداها، از عملگری شبیه به عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است.

در [۲۸] و [۲۹] دو الگوریتم ترکیبی بهینه‌سازی بر اساس فرایند ذوب فلزات ارائه شده است (الگوریتم ذوب فلزات[4]) به منظور بازآرایی ارائه شده است. در مرحله اول نقاط بهینه مرغوب محلی با استفاده از الگوریتم ذوب اصلاح شده پیدا شده‌اند. در مرحله دوم از روش قیود محدود[5] به منظور پیدا نمودن جواب بهینه عمومی با استفاده از عدد-دهی‌های مختلف به ϵ، استفاده شده است. همچنین به منظور سرعت بخشیدن به معادلات شبکه و کاهش زمان مربوط به آن از دو روش پخش‌بار موثر با درجه دقت مختلف استفاده شده است. در [۳۰] الگوریتم ذوب فلزات برای یافتن بهینه محلی مورد استفاده قرار گرفته است. اما زمان بالای انجام محاسبات، استفاده از این الگوریتم را در شبکه-های بسیار بزرگ تقریباً غیرممکن می‌کند. در [۳۱] با پیشنهاد یک روش پخش‌بار شعاعی، الگوریتم ذوب فلزات را برای حل مسئله بازآرایی به منظور کاهش کل توان تلفاتی به کار برده است. این الگوریتم در بیشتر مواقع قادر به یافتن حداقل سراسری شبکه می‌باشد.

در [۳۲] و [۳۳] برای اولین بار از الگوریتم مورچگان[6] به منظور بازآرایی سیستم‌های توزیع با اهداف کاهش کل توان تلفاتی استفاده شده است. این الگوریتم جواب‌های بسیاری مناسبی را برای مسائلی مانند فروشنده سیار[7] و مسئله

[1] Distribution Generator
[2] Tabu Search
[3] Parallel Tabu Search
[4] Simulated Annealing Method
[5] ϵ -Constrain
[6] Ant Colony Optimization Algorithm
[7] Traveling Salesman Problem

سفارش ترتیبی[1] فراهم آورده است. همچنین الگوریتم مورچگان نتایج بسیار خوبی را به منظور حل مسئله بازآرایی ارائه کرده است. در [۳۴] از الگوریتم مورچگان به صورت جستجوی موازی برای حداقل‌سازی تلفات فیدرها و بهبود سطح ولتاژ استفاده شده است. از مزایای جستجوی موازی می‌توان به کاهش زمان انجام محاسبات اشاره کرد. این مقاله در زمان بسیار کمتری موفق به یافتن حداقل‌های سراسری شبکه شده است. در [۳۵] روش ابتکاری به منظور حل مسئله بازآرایی با استفاده از الگوریتم مهاجرت مورچگان ارائه شده است. در این روش ابتدا همه کلیدها به صورت بسته در نظر گرفته می‌شوند و سپس با مشخص نمودن حلقه‌های گراف شبکه، در هر حلقه یک کلید برای باز شدن انتخاب می‌شود. همچنین روش ارائه شده با الگوریتم مورچگان معمولی مقایسه شده است و توانمندی روش پیشنهادی به نمایش در آمده است.

۱-۳-۲ جایابی DSTATCOM

جبران‌کننده DSTATCOM یکی از ادوات DFACTS است که شبیه‌سازی آن‌ها در حالت ماندگار شبکه کامل شبیه به ادوات FACTS می‌باشد. در زمینه جایابی ادوات FACTS می‌توان به مقالات [۳۶-۴۳] اشاره کرد. در [۳۶] یک روش آنالیز حساسیت[2] بر اساس تلفات خطوط به منظور جایابی خازن‌های سری، ترانسفورماتور شیفت فاز و جبران‌کننده‌های توان راکتیو ارائه شده است. در [۳۷] روشی مبتنی بر به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک به منظور دستیابی به ترکیب مناسبی از ادوات FACTS در سیستم قدرت استفاده شده است. در این مقاله تابع هدف مسئله میزان هزینه تولید توان راکتیو در نظر گرفته شده است. در [۳۸] نیز از الگوریتم ژنتیک به منظور جایابی انواع مختلف ادوات FACTS سری و موازی بهره‌گیری شده است. این جایابی به تعیین مناسب مکان و اندازه این ادوات به صورت سری یا موازی منجر شده است. در [۳۹] روش جستجوی تابو به منظور تعیین دقیق تعداد، نوع و اندازه ادوات FACTS سری و موازی برای حداقل‌سازی تلفات و آزادسازی ظرفیت خطوط به کار رفته است. مرجع [۴۰] سه روش هوشمند ژنتیک، ذوب فلزات و جستجوی تابو را به منظور جایابی ادوات FACTS، با یکدیگر مقایسه کرده است. در این مقاله هدف از جایابی بهبود بخشیدن به امنیت شبکه می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی نشان داده است که هر سه الگوریتم موفق به یافتن جواب‌های یکسانی شده‌اند اما الگوریتم‌های ژنتیک و جستجوی تابو نسبت به الگوریتم ذوب فلزات، همگرایی سریع‌تری داشته‌اند. در [۴۱] برای افزایش امنیت شبکه در شرایط اضطراری با استفاده از تعریف یک شاخص حساسیت، تعیین مکان و اندازه مناسب این ادوات ارائه شده است. در این مقاله به بررسی تعیین مکان و اندازه مناسب جبران‌کننده سری TCSC و جبران‌کننده سری-موازی UPFC پرداخته شده است. در [۴۲] روش فازوری ولتاژ گسترده[3] برای جایابی ادوات FACTS در سیستم‌های قدرت از نقطه نظر پایداری ولتاژ، ارائه شده است. در [۴۳] به بررسی جایابی ادوات FACTS بر اساس آنالیز حساسیت پرداخته شده است. جایابی بهینه جبران‌کننده سری SVC و جبران‌کننده موازی STATCOM به منظور بهبود پایداری ولتاژ و پایداری گذرا مورد بررسی قرار گرفته است. در

[1] Sequential Ordering Problem
[2] Sensitivity Approach
[3] Extended Voltage Phasors Approach

این روش ابتدا آنالیز حساسیت برای تمام باس‌های شبکه بررسی شده است سپس باس مناسب با استفاده از روش معیار سطوح برابر انتخاب شده است.

در زمینه تعیین و مکان یابی ادوات DFACTS می‌توان به مقالات [۴۴] تا [۴۸] اشاره کرد. در [۴۴] به طور تخصصی به جایابی ادوات DFACTS در شبکه‌های توزیع با اندازه‌های بزرگ پرداخته شده است. در این مقاله به منظور حداقل‌سازی کل تلفات اکتیو شبکه از الگوریتم جمعیت ذرات (PSO) استفاده شده است. در [۴۵] یک روش جدید به منظور جایابی DSTATCOM در شبکه توزیع ارائه شده است. در این مقاله برای جایابی DSTATCOM از روش آنالیز حساسیت با استفاده از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. این مدل تأثیرات فرکانس بالا و تلفات الکترونیک قدرت در شبکه را نیز در نظر گرفته و توان اکتیو و راکتیو تزریقی DSTATCOM را با دقت بالا محاسبه می‌کند. در [۴۶] ابتدا یک مدل کنترل ولتاژ (PV) برای شبیه‌سازی UPQC[1] در حالت ماندگار شبکه ارائه شده است. سپس با قرار دادن UPQC بر روی تک‌تک باس‌های شبکه، بهترین باس به منظور بهبود کلی سطح ولتاژ شبکه انتخاب شده است. مدل ریاضی ارائه شده تمام جنبه‌های UPQC را در نظر گرفته است اما تعیین مکان این کنترل-کننده به صورت دستی، به زمان زیادی نیازی دارد و نمی‌تواند روش مناسبی برای شبکه‌های بزرگ باشد. همین نویسنده در [۴۷] به ارائه یک مدل ریاضی کامل برای DSTATCOM در حالت ماندگار شبکه پرداخته است. در این مقاله نویسنده باز هم یک مدل PV برای کنترل‌کننده DSTATCOM پیشنهاد داده است که اگر چه همه جنبه‌های این کنترل‌کننده در نظر گرفته شده است اما مکان‌یابی آن به صورت دستی را می‌توان بزرگ‌ترین عیب این مقاله دانست. در این مقاله نیز هدف اصلی جایابی، بهبود سطح ولتاژ شبکه با استفاده از تعریف شاخص RUVMN[2] بوده است. در [۴۸] برای اولین بار تعیین مکان و اندازه DSTATCOM همراه با بازآرایی شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم تکاملی دیفرانسیلی[3] مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور جایابی و بازآرایی همزمان، هر رشته گسترش یافته و به طور موازی حاوی اطلاعات مربوط به کلیدهای شبکه، مکان و اندازه DSTATCOM می‌باشد. در این مقاله دو تابع هدف مختلف تلفات اکتیو و معکوس میانگین ولتاژ باس‌های شبکه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱-۴ چهار چوب پایان نامه

در فصل دوم ابتدا به صورت مختصر به بررسی شبکه‌های توزیع مختلف پرداخته شده است. ساختارها، محدودیت‌های حاکم بر آن‌ها و منشأ تلفات در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. مفهوم بازآرایی در شبکه توزیع و انواع مختلف بازآرایی در شبکه‌ها با امکانات مختلف بررسی شده است. سپس به صورت مختصر به بررسی انواع ادوات FACTS، DFACTS و STATCOM پرداخته شده است. در ادامه مدل PV و PQ برای مدل‌سازی DSTATCOM در حالت ماندگار شبکه توزیع ارائه شده است.

[1] Unified Power Quality Conditioner
[2] Rate of Under Voltage Mitigated Nodes
[3] Differential Evolution Algorithm

در فصل سوم، الگوریتم‌های ژنتیک، الگوریتم جمعیت ذرات و الگوریتم انفجار بزرگ-برخوردبزرگ[1] به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در پایان این فصل نیز یک مثال شامل تابع تست استاندارد ابتدایی برای بررسی قدرت این سه الگوریتم حل شده است.

در فصل چهارم، ابتدا به بررسی مسائل چندهدفه و نحوه حل این مسائل و مشکلات مربوط به آن پرداخته شده است. سپس انواع روش‌های مختلف حل مسائل چندهدفه معرفی شده است. در ادامه یک طرح پیشنهادی به منظور تبدیل الگوریتم تک‌هدفه BB-BC به الگوریتم چندهدفه با عنوان MOBB-BC[2] ارائه شده است و یک الگوریتم چندهدفه به منظور بازآرایی و جایابی به صورت همزمان با اهداف بهبود سطح ولتاژ، کاهش تلفات و کاهش نامتعادلی جریان خطوط طراحی شده است. قدرت این الگوریتم با بررسی دو تابع تست استاندارد با الگوریتم MOPSO[3] مقایسه شده است. همچنین بر روی الگوریتم BB-BC اصلاحاتی به منظور افزایش توان آن در زمینه بازآرایی صورت گرفته است و یک الگوریتم جدید با عنوان MBB-BC[4] طراحی شده است. در ادامه این فصل مدل‌سازی توابع هدف مسئله، نحوه انجام بازآرایی شبکه توزیع و جایابی DSTATCOM با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، مرحله به مرحله توضیح داده شده است.

در فصل پنجم به شبیه سازی بازآرایی سیستم و جایابی DSTATCOM پرداخته شده است. به منظور بازآرایی و جایابی DSTATCOM، سه شبکه مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. دو شبکه متعادل ۶۹ و ۸۴ باس با هدف کاهش تلفات با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک، جمعیت ذرات، BB-BC و MBB-BC، بازآرایی و جایابی شده و نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه شده است. یک شبکه سه فاز نامتعادل ۳۳ باس با هدف کاهش تلفات، بهبود سطح ولتاژ و کاهش نامتعادلی خطوط، به وسیله الگوریتم‌های MBB-BC و MOBB-BC با اهداف تک‌هدفه و چندهدفه مورد مطالعه قرار گرفته است.

در فصل ششم نتیجه‌گیری مربوط به مطالعات صورت گرفته در مورد بازآرایی شبکه توزیع و جایابی DSTATCOM در شبکه‌های توزیع بررسی شده و پیشنهادات تکمیلی برای کارهای بعدی ارائه شده است.

[1] Big Bang-Big Crunch
[2] Multi Objective Big Bang-Big Crunch
[3] Multi Objective Particle Swarm Optimization
[4] Modify Big Bang-Big Crunch

فصل دوم

بازآرایی شبکه‌های توزیع و جبران‌کننده DSTATCOM

۲-۱ مقدمه

بعد از تولید و انتقال انرژی الکتریکی، شبکه‌های توزیع وظیفه آخرین مرحله از این پروسه و توزیع آن در میان مشترکین را به عهده دارند. در این فصل ابتدا معرفی شبکه‌های توزیع، انواع پیکربندی‌ها و اتوماسیون در این شبکه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است؛ سپس به راهکارهای مختلف کاهش تلفات در این شبکه‌ها پرداخته شده است. بازآرایی شبکه‌های توزیع و انواع مختلف آن به عنوان یکی از راهکارهای مناسب در زمینه کاهش تلفات، بهبود سطح ولتاژ، کاهش نامتعادلی بار و جریان خطوط در ادامه بحث معرفی شده است. در این فصل به علت شباهت ساختاری و کاربردی ادوات FACTS و DFACTS، ابتدا به بررسی انواع ادوات FACTS پرداخته شده است و پس از بررسی کامل STATCOM در سیستم‌های توزیع و نحوه عملکرد آن، DSTATCOM و نحوه مدل کردن آن در شبکه‌های توزیع با استفاده از مدل‌های PV و PQ بررسی شده است.

۲-۲ شبکه‌های توزیع

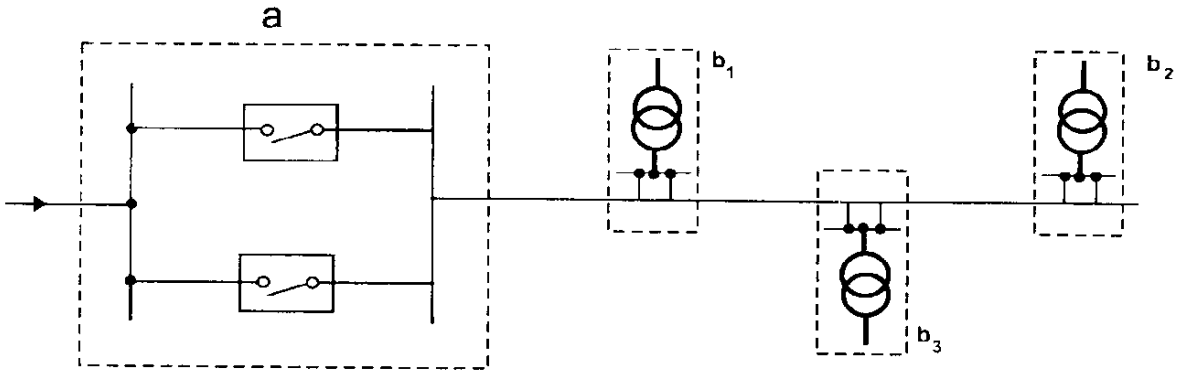
سیستم توزیع عهده‌دار مسئولیت تحویل انرژی الکتریکی از پست‌های انتقال و یا نیروگاه‌های کوچک به هر یک از مشترکین، و در صورت لزوم با تغییر به یک سطح ولتاژ مناسب، می‌باشد. با توجه به ساختار و سطح ولتاژ، در یک تقسیم‌بندی شبکه توزیع را می‌توان به دو بخش فشار متوسط و فشار ضعیف تقسیم‌بندی کرد. سیستم توزیع فشار متوسط، انرژی الکتریکی را به وسیله خطوط فشار متوسط از پست‌های فوق توزیع به پست‌های توزیع می‌رساند، سیستم توزیع فشار ضعیف شامل قسمتی از شبکه است که انرژی الکتریکی را از پست‌های توزیع به مشترکین منتقل کرده و به لوازم اندازه‌گیری و مصرف کننده‌ها منتهی می‌شود [۴۹].

۲-۲-۱ انواع پیکره‌بندی شبکه‌های توزیع فشار متوسط

شبکه‌های توزیع فشار متوسط دارای انواع مختلف پیکره‌بندی شامل پیکره‌بندی باس یا خطی، پیکره‌بندی شعاعی یا ستاره‌ای، پیکره‌بندی حلقوی و پیکره‌بندی غربالی است [۵۰]:

۲-۲-۱-۱ پیکره‌بندی باس یا خطی

در این پیکره‌بندی کلیه پست‌ها از طریق یک مسیر تغذیه می‌شوند که همان مسیر پست پاساژ است (شکل (۲-۱)).



شکل (۲-۱): شبکه با پیکره‌بندی باس

در شکل فوق a پست پاساژ و b_1 تا b_3 پست‌های داخلی هستند. از مزایای سیستم فوق می‌توان به سهولت انجام آن، کمتر بودن تجهیزات، امکان عیب‌یابی آسان‌تر در هنگام خطا و محاسبات ساده‌تر اشاره کرد. ولی از معایب آن می‌توان به داشتن ضریب اطمینان کمتر در هنگام خطاهایی که باعث قطع شبکه می‌شود و همچنین افت ولتاژ زیاد در شبکه اشاره کرد.

۲-۲-۱-۲ پیکره‌بندی شعاعی یا ستاره‌ای

این پیکره‌بندی در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. در این شکل a پست پاساژ و b_1 تا b_3 پست‌های داخلی هستند. در این پیکره‌بندی کلیه پست‌ها از طریق مسیر مستقل به پست پاساژ وصل می‌شود. ضریب اطمینان این روش از روش باس بیشتر است ولی هنوز هرگونه خطا در مسیر تغذیه موجب خارج شدن آن پست از مدار می‌شود.