دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده برق و الکترونیک گروه قدرت و کنترل

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته برق گرایش قدرت و سیستم‌های انرژی

عنوان پایان نامه

تجدیدآرایش در فیدرهای توزیع با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده

به وسیله ی:

احسان آزاد فارسانی

استاد راهنما:

دکتر طاهر نیکنام و دکتر مجید نیری پور

بهمن- ۱۳۸۹

بسمه تعالی

تجدیدآرایش در فیدرهای توزیع با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی

توسط:

احسان آزاد فارسانی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه قدرت و کنترل دانشکده برق و الکترونیک

دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه:.....

دکتر مجید نیری‌پور- استادیار- گروه برق و الکترونیک (استاد راهنما).....
دکتر طاهر نیکنام- دانشیار- گروه برق و الکترونیک (استاد راهنما).....
دکتر جمشید آقایی- استادیار - گروه برق و الکترونیک (داور).....
دکتر بهروز صفری نژادیان - استادیار - گروه برق و الکترونیک (داور).....
دکتر کامران کاظمی- استادیار - گروه برق و الکترونیک (نماینده تحصیلات تکمیلی).....

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

تقدیم به

پدر عزیز و مادر دلسوزم

برادر و خواهر مهربانم

سپاسگزاری

سپاس خدای را که رحمت او پیوسته است و نعمت او ناگسسته

بر خود لازم می دانم از زحمات پدر و مادر عزیزم و کلیه کسانی که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده اند کمال تشکر را بنمایم.

با سپاس فراوان از جناب آقای دکتر نیکنام و جناب آقای دکتر نیری پور، اساتید راهنمای اینجانب که با زحمات بی دریغ و راهنمایی های ارزشمندشان راه را برای اجرا و اتمام این پایان نامه فراهم نمودند.

چکیده:

تجدیدآرایش در فیدرهای توزیع با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده

بوسیله ی
احسان آزاد فارسانی

در سالهای اخیر با پیشرفتهای بعمل آمده در تکنولوژی پردازش داده و ارسال آن، شرکتهای توزیع هر چه بیشتر علاقمند به استفاده از سیستم های اتوماسیون توزیع شده‌اند. یکی از کاربردهای بسیار موثر اتوماسیون، تجدید آرایش شبکه توزیع می‌باشد. تجدیدآرایش عبارت است از تغییر آنلاین در وضعییت سوئیچ های شبکه به منظور: کاهش تلفات، کاهش انحراف ولتاژ باس ها از مقدار نامی و... با در نظر گرفتن قیود مساوی و نامساوی. در سالهای اخیر تحت عنوان "تجدید ساختار" اقدامات مختلفی برای بهینه‌سازی و تغییر ساختار سیستمهای قدرت از ساختار سنتی به ساختاری جدید صورت گرفته است. در این راستا مسایلی همچون پیشرفت تکنولوژی در زمینهٔ ساخت واحدهای تولیدی کوچک، کاهش آلودگی محیط زیست، مشکلات در احداث خطوط انتقال جدید و همچنین بالا بودن راندمان منابع تولیدی کوچک همچون منابع تولید همزمان حرارت و برق، باعث شده که مصرف‌کنندگان و شرکتهای توزیع به استفاده بیشتر از تولیداتی تحت عنوان تولیدات پراکنده که عمدتاً به شبکه‌های توزیع متصل می‌شوند و نیازی به خطوط انتقال ندارند، تشویق گردند. بنابراین با افزایش استفاده از تولیدات پراکنده و همچنین مسأله ی خرید و فروش انرژی الکتریکی لازم است تاثیر این تولیدات بر شبکه های توزیع مورد بازنگری مجدد قرار گیرند. یکی از مهمترین مسائلی که در شبکه های توزیع می تواند تحت تأثیر تولیدات پراکنده قرار گیرد، مسئله ی تجدیدآرایش است. هدف این پایان نامه، بررسی و ارایه راهکارهای مناسب برای انجام تجدید آرایش در شبکه‌های توزیع با در نظر گرفتن اثر تولیدات پراکنده می‌باشد. نظر به اینکه تجدید آرایش یک مسئله بهینه‌سازی ترکیبی است، لذا روش تکاملی جدیدی بر مبنای الگوریتم قورباغه ی بهبود یافته که دارای سرعت همگرایی و زمان پاسخ خیلی بهتری نسبت به روشهای تکاملی دیگر می‌باشد، ارایه شده است. در نهایت نیز نتایج ناشی از روش ارائه شده با نتایج بدست آمده از روشهای دیگر برروی سه سیستم تست IEEE، مقایسه و ارزیابی شده است.

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه..... ۱
۱-۱-آشنائی با موضوع تجدید آرایش در فیدرهای توزیع..... ۲
۱-۲- مروری بر روشهای بکار رفته در حل مسئله تجدید آرایش در شبکه های توزیع..... ۳
۱-۲-۱- روشهای ابتکاری شهودی..... ۴
۱-۲-۲- روشهای تحلیلی ریاضی ۷
۱-۲-۳- استفاده از روش استنتاج فازی ۸
۱-۲-۴- استفاده از روش های تکاملی..... ۹
۱-۲-۵- استفاده از شبکه های عصبی ۱۰
۱-۳- تجدید آرایش با در نظر گیری تولیدات پراکنده..... ۱۱
۱-۴-اهداف پایان نامه ۱۲
۱-۵-ساختار پایان نامه..... ۱۲

فصل دوم: تولیدات پراکنده..... ۱۳
۲-۱- تولیدات پراکنده و تأثیر آنها در شبکه ی توزیع..... ۱۴
۲-۱-۱- تعاریف تولید پراکنده ۱۴
۲-۱-۱-۱- هدف..... ۱۴
۲-۱-۱-۲- مکان ۱۵
۲-۱-۱- ۳-مقادیر نامی..... ۱۵
۲-۱-۱-۴- ناحیهٔ تحویل توان..... ۱۶
۲-۱-۱-۵- فناوری..... ۱۶
۲-۱-۱-۶- عوامل محیطی..... ۱۷
۲-۱-۱-۷- روش بهره‌برداری..... ۱۷
۲-۱-۱-۸- مالکیت..... ۱۸
۲-۱-۱-۹- سهم تولیدات پراکنده..... ۱۸
۲-۲- مدلسازی تولیدات پراکنده ۱۸
۲-۳-پخش بار..... ۲۰

فصل سوم : فرمول بندی مسئله ی تجدیدآرایش..... ۲۳
۳-۱- توابع هدف و قیود مسئله تجدید آرایش با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده..... ۲۴
۳-۱-۱-توابع هدف..... ۲۵
۳-۱-۱-۱-حداقل سازی تلفات ۲۵
۳-۱-۱-۲- حداقل سازی میزان انحراف ولتاژ باس ها از مقدارنامی..... ۲۵
۳-۱-۱-۳-حداقل سازی تعداد سوئیچ زنی..... ۲۶
۳-۱-۱-۴-حداقل سازی هزینه تولید توان الکتریکی بوسیله ی تولیدات پراکنده و شرکت های توزیع..... ۲۶
۳-۱-۱-۵-حداقل سازی میزان آلودگی ناشی از تولید توان الکتریکی بوسیله ی تولیدات پراکنده و شرکت های توزیع..... ۲۷
۳-۱-۲-قیود مساوی و نامساوی مسئله ی تجدیدآرایش..... ۲۸
۳-۱-۲-۱-محدودیت خطوط توزیع..... ۲۹
۳-۱-۲-۲- معادلات مربوط به توان های عبوری از خطوط توزیع..... ۲۹
۳-۱-۲-۳-محدوده ی ولتاژ باس ها..... ۳۰
۳-۱-۲-۴-ساختار شعاعی شبکه..... ۳۰
۳-۱-۲-۵- محدودیت ترانسفورماتورها..... ۳۰

فصل چهارم: روش های بهینه سازی و الگوریتم قورباغه ی بهبود یافته..... ۳۱
۴-۱- شرح مسئله بهینه‌سازی..... ۳۲
۴-۲- دسته‌بندی مسائل بهینه‌سازی..... ۳۲
۴-۳- روشهای بهینه‌سازی ۳۳
۴-۳-۱- روش محاسبات تکاملی..... ۳۴
۴-۳-۱-۱- الگوریتم ژنتیک..... ۳۴
۴-۳-۱-۲- الگوریتم تکامل تفاضلی..... ۳۸
۴-۳-۱-۳-الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات..... ۳۹
۴-۳-۱-۴- الگوریتم قورباغه جهنده ۴۱
۴-۳-۱-۴-۱- الگوریتم قورباغه ی اولیه..... ۴۱
۴-۳-۱-۴-۲-بهبود الگوریتم قورباغه..... ۴۵
۴-۴- بهینه سازی مسائل چند هدفه..... ۴۶
۴-۴-۱- روش بهینه ی پرتو..... ۴۶
۴-۴-۲- تکنیک دسته بندی فازی..... ۴۷
۴-۴-۳- الگوریتم قورباغه ی چند هدفه..... ۴۸

فصل پنجم: نتایج شبیه سازی..... ۵۰
۵-۱-شبکه های توزیع مورد مطالعه..... ۵۱

۵-۱-۱-شبکه ی توزیع اول..... **۵۱**
۵-۱-۲-شبکه ی توزیع دوم..... **۵۲**
۵-۱-۳-شبکه ی توزیع سوم..... **۵۳**
۵-۲-موقعییت تولیدات پراکنده در شبکه های تست و نوع آنها..... **۵۳**
۵-۳-تجدیدآرایش تک هدفه..... **۵۷**
۵-۳- ۱-مراحل کار در تجدیدآرایش تک هدفه..... **۵۷**
۵-۳-۲- نتایج شبیه سازی برروی مسئله ی تجدیدآرایش تک هدفه..... **۵۹**
۵-۳-۲-۱- نتایج شبیه سازی برروی مسئله ی تجدیدآرایش تک هدفه (بدون در نظرگرفتن تولیدات پراکنده)..... **۵۹**
۵-۳-۲-۲-نتایج شبیه سازی برروی مسئله ی تجدیدآرایش تک هدفه (با در نظرگرفتن تولیدات پراکنده)..... **۶۴**
۵-۴-تجدیدآرایش چند هدفه..... **۶۵**
۵-۴- ۱-مراحل کار در تجدیدآرایش تک هدفه..... **۶۵**
۵-۴-۲- نتایج شبیه سازی برروی مسئله ی تجدیدآرایش چند هدفه..... **۶۷**
۵-۴-۲-۱-نتایج الگوریتم قورباغه برروی مسئله ی تجدیدآرایش چند هدفه (بدون در نظرگرفتن تولیدات پراکنده)..... **۶۷**
۵-۴-۲-۲-نتایج الگوریتم قورباغه برروی مسئله ی تجدیدآرایش چند هدفه (با در نظرگرفتن تولیدات پراکنده)..... **۷۰**
۵-۴-۲-۲-۱-نتایج شبیه سازی برای مسئله ی تجدید آرایش دو هدفه با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده..... **۷۰**
۵-۴-۲-۲-۲-نتایج شبیه سازی برای مسئله ی تجدید آرایش سه هدفه با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده..... **۷۴**
۵-۴-۲-۲-۳-نتایج شبیه سازی برای مسئله ی تجدید آرایش چهار هدفه با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده..... **۷۷**

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... **۸۱**
۶-۱- نتیجه گیری..... **۸۲**
۶-۲- پیشنهادات جهت ادامه کار..... **۸۲**
مراجع
Abstract

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) شبکه ی توزیع با دو فیدر **۲**

شکل (۱-۲) چهار آرایش شعاعی متفاوت شبکه دو فیدره **۳**

شکل (۲-۱) مدار معادل های تولیدات پراکنده **۱۹**

شکل (۴-۱) اساس کار الگوریتم بهینه سازی گروه ذرات **۴۰**

شکل (۴-۲) نحوه ی تقسیم جمعییت مرتب شده ی قورباغه ها در گرو ها **۴۲**

شکل (۴-۳) جهش بدترین قورباغه به سمت بهترین قورباغه با استفاده از روابط(۴-۱۵)و(۴-۱۶)..... **۴۳**

شکل (۴-۴) فلوچارت الگوریتم قورباغه **۴۴**

شکل (۴-۵) جهش بدترین قورباغه به سمت بهترین قورباغه با استفاده از روابط (۴-۱۷)،(۴-۱۸)و(۴-۱۹)..... **۴۵**

شکل (۴-۶) تابع عضویت مورد استفاده **۴۷**

شکل (۴-۷) فلوچارت الگوریتم قورباغه ی چند هدفه **۴۹**

شکل (۵-۱) دیاگرام شبکه توزیع اول **۵۱**

شکل (۵-۲) دیاگرام شبکه توزیع دوم **۵۲**

شکل (۵-۳) دیاگرام شبکه توزیع سوم **۵۳**

شکل (۵-۴) دیاگرام شبکه توزیع اول با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده **۵۴**

شکل (۵-۵) دیاگرام شبکه توزیع دوم با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده **۵۵**

شکل (۵-۶) دیاگرام شبکه توزیع سوم با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده **۵۶**

شکل (۵-۷) کاهش تلفات بر حسب تعداد تکرار در الگوریتم های مختلف (شبکه ی اول)..... **۶۳**

شکل (۵-۸) کاهش تلفات بر حسب تعداد تکرار در الگوریتم های مختلف (شبکه ی دوم)..... **۶۳**

شکل (۵-۹) کاهش تلفات بر حسب تعداد تکرار در الگوریتم های مختلف (شبکه ی سوم)..... **۶۴**

شکل (۵-۱۰) نمودار مربوط به نقاط غالب ی بدست آمده برای شبکه ی سوم(بدون در نظر گرفتن تولیدات پراکنده)..... **۷۰**

شکل (۵-۱۱) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی اول با در نظر گرفتن آلودگی و تلفات به عنوان توابع هدف..... **۷۱**

شکل (۵-۱۲) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی اول با در نظر گرفتن آلودگی و انحراف ولتاژ به عنوان توابع هدف..... **۷۱**

شکل (۵-۱۳) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی اول با در نظر گرفتن انحراف ولتاژ و تلفات به عنوان توابع هدف..... **۷۲**

شکل (۵-۱۴) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی دوم با در نظر گرفتن آلودگی و تلفات به عنوان توابع هدف.....

۷۲
شکل (۵-۱۵) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی دوم با در نظر گرفتن آلودگی و انحراف ولتاژ به عنوان توابع هدف..... ۷۳
شکل (۵-۱۶) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی دوم با در نظر گرفتن انحراف ولتاژ و تلفات به عنوان توابع هدف..... ۷۳
شکل (۵-۱۷) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی سوم با در نظر گرفتن انحراف ولتاژ و تلفات و هزینه به عنوان توابع هدف..... ۷۴
شکل (۵-۱۸) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی سوم با در نظر گرفتن انحراف ولتاژ و تلفات و آلودگی به عنوان توابع هدف..... ۷۵
شکل (۵-۱۹) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی سوم با در نظر گرفتن هزینه و تلفات و آلودگی به عنوان توابع هدف..... ۷۶
شکل (۵-۲۰) نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی سوم با در نظر گرفتن هزینه و انحراف ولتاژ و آلودگی به عنوان توابع هدف..... ۷۷

فهرست جداول

عنوان		صفحه
جدول (۲-۱)	مقادیر نامی تعریف‌شده برای تولیدات پراکنده توسط برخی مراکز تحقیقاتی	**۱۶**
جدول (۲-۲)	فناوریهای به‌کار رفته در تولیدات پراکنده	**۱۷**
جدول (۳-۱)	تأثیرات برخی از فناوریهای تولید انرژی الکتریکی بر محیط‌زیست	**۲۸**
جدول (۵-۱)	مشخصات تولیدات پراکنده مورد استفاده در شبکه اول	**۵۴**
جدول (۵-۲)	مشخصات تولیدات پراکنده مورد استفاده در شبکه دوم	**۵۵**
جدول (۵-۳)	مشخصات تولیدات پراکنده مورد استفاده در شبکه سوم	**۵۶**
جدول (۵-۴)	نتایج شبیه سازی با استفاده از روش های مختلف با در نظرگرفتن تلفات به عنوان تابع هدف(شبکه ی اول)	**۵۹**
جدول (۵-۵)	نتایج شبیه سازی با استفاده از روش های مختلف با در نظرگرفتن تلفات به عنوان تابع هدف(شبکه ی دوم)	**۶۰**
جدول (۵-۶)	نتایج شبیه سازی با استفاده از روش های مختلف با در نظرگرفتن تلفات به عنوان تابع هدف(شبکه ی سوم)	**۶۰**
جدول (۵-۷)	نتایج شبیه سازی با استفاده از روش های مختلف با در نظرگرفتن انحراف ولتاژ باس ها از مقدار نامی به عنوان تابع هدف(شبکه ی اول)	**۶۱**
جدول (۵-۸)	نتایج شبیه سازی با استفاده از روش های مختلف با در نظرگرفتن انحراف ولتاژ باس ها از مقدار نامی به عنوان تابع هدف(شبکه ی دوم)	**۶۲**
جدول (۵-۹)	نتایج شبیه سازی با استفاده از روش های مختلف با در نظرگرفتن انحراف ولتاژ باس ها از مقدار نامی به عنوان تابع هدف(شبکه ی سوم)	**۶۲**
جدول (۵-۱۰)	تلفات شبکه ی اول با تولیدات پراکنده و بدون تولیدات پراکنده	**۶۴**
جدول (۵-۱۱)	تلفات شبکه ی دوم با تولیدات پراکنده و بدون تولیدات پراکنده	**۶۵**
جدول (۵-۱۲)	تلفات شبکه ی سوم با تولیدات پراکنده و بدون تولیدات پراکنده	**۶۵**
جدول (۵-۱۳)	نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی اول بدون در نظر گرفتن تولیدات پراکنده	**۶۸**
جدول (۵-۱۴)	نقاط غالب بدست آمده برای شبکه ی دوم بدون در نظر گرفتن تولیدات پراکنده	**۶۹**
جدول (۵-۱۵)	نقاط غالب بدست آمده از حل مسئله ی چهارهدفه(شبکه ی سوم)	**۷۸**
جدول (۵-۱۶)	جدول(۵-۱۶). توان حقیقی تولیدات پراکنده متناظر با نقاط غالب موجود در جدول(۵-۱۵)	**۷۹**
جدول (۵-۱۷)	جدول(۵-۱۷). ضریب توان تولیدات پراکنده متناظر با نقاط غالب موجود در جدول (۵-۱۵)	**۸۰**

فهرست نشانه های اختصاری

D'	مجموعه باس های جدا شده از فیدر قبلی و وصل شده به فیدر بعدی
m_n	شماره باس فیدر بعدی که بار به آن منتقل می شود
n_p	شماره باس فیدر قبلی که بار آن منتقل می شود
R_{loop}	ماتریس مقاومت های سری مسیرهای اتصالی بین فیدرها
V_i	ولتاژ باس i
Tie	وضعییت سوئیچ (باز، بسته)
Sw	شماره ی سوئیچ
N_{tie}	تعداد سوئیچ های باز
$Loos_n$	$Loos_n$: تلفات شاخه ی n
pf	ضریب توان تولیدات پراکنده
N_{DG}	تعداد تولیدات پراکنده
R_i	مقاومت شاخه ی iام
I_i	جریان شاخه ی iام
$V_{\min}$	مقدار مازیمم ولتاژ باس
$V_{\max}$	مقدار حداقل ولتاژ باس
S_i	*حالت اولیه ی سوئیچ* i*ام*
$S_{o,i}$	*حالت جدید سوئیچ* i*ام*
N_{switch}	ماکزیمم تعداد سوئیچ زنی
$Cost^i_{DG}$	هزینه ی توان الکتریکی تولید شده توسط iامین تولید پراکنده.
$Cost_{Grid}$	هزینه ی توان الکتریکی تولید شده شرکت توزیع.
C^i_{DG}	ضریب هزینه ی توان تولیدی توسط iامین تولید پراکنده.
C_{Grid}	ضریب هزینه ی توان تولیدی توسط شرکت توزیع.
$p_{g,i}$	توان تولیدی توسط iامین تولید پراکنده.
p_{sub}	توان الکتریکی وارد شده به شبکه توسط شرکت های توزیع.
E^i_{DG}	میزان آلودگی تولید شده توسط iامین تولید پراکنده.
E_{Grid}	میزان آلودگی تولید شده توسط شرکت توزیع.
P^{Line}_{ij}	توان عبوری از خطوط
$P^{Line}_{ij,\max}$	توان عبوری از خطوط
$Y_{i,j}$	اندازه ادمیتانس شاخه ی بین دو باس i و j.
$\theta_{i,j}$	زاویه ی ادمیتانس شاخه ی بین دو باس i و j.
N_{bus}	تعداد گره ها
N_f	تعداد منابع
$\lvert I_{t,i}\rvert$	دامنه ی جریان ترانس ها

$I_{t,i}^{\max}$	ماکزیمم جریان iامین ترانس
N_t	هم تعداد ترانس هاست
β	یک عدد تصادفی بین صفر و یک
$P_{m\alpha}$	α امین پارامتر در کروموزوم مادر
$P_{d\alpha}$	α امین پارامتر در کروموزوم پدر
$rand(1,n)$	:تابعی تولید کننده ی اعداد تصادفی به بعد n بین صفر و یک
$x_{1,\max}$	محدوده بالایی مقدار یک پارامتر
$x_{1,\min}$	محدوده پایینی مقدار یک پارامتر
β	ثابت جهش
μ_{fi}	تابع عضویت iامین تابع هدف
$N\mu$	مقدار نرمالیزه شده ی توابع هدف
h_i ، g_i	قیود نامساوی و مساوی
$\mathbf{X}$	بردار متغیرهای کنترلی
n	تعداد توابع هدف
ω_k	ضریب وزنی مربوط به تابع هدف Kام
$rand(1,n)$	اعداد تصادفی به بعد n بین صفر و یک
$\mathbf{X}_{new}$	بردار جدید ساخته شده از جهش و تقاطع
P_{best}	بهترین تجربه جمعی
G_{best}	بهترین تجربه شخصی
c_2, c_1	ضرایب یادگیری
$W_{i,max}$	بیانگر ماکزیمم محدوده ای که هر قورباغه در بعد iام می بیند،
$N_{initial}$	تعداد جمعییت اولیه
D_{max}	هم بیانگر بیشترین جابجایی که قورباغه می تواند داشته
$\mathbf{X}_b$	قورباغه های با بهترین جواب
$\mathbf{X}_w$	قورباغه های با بدترین جواب

فهرست نمادهای اختصاری

DFR	Distributed Feeder Reconfiguration
SA	Simulated Anealing
GA	Genetic Algorithm
HDE	Hybrid Differential Evolution
PSO	Particle Swarm Optimization
ACO	Ant Colony Optimization
DE	Differential Evolutionary
DPSO	Discreet Particle Swarm Optimization
HBMO	Honey Bee Mating Optimization Algorithm
EA	Evolutionary Algorithm
DG	Distribution Generation
CHP	Combined Heat & Power
GRI	Gas Research Institute
P	Fuel Cell, Phosacid
MC	Fuel Cell, Molten Carbonate
PE	Fuel Cell, Proton Exchange
SO	Fuel Cell, Solid Oxide
IPP	Independent Power Producer
LP	Linear Programming
NLP	Non - Linear Programming
GP	Geometrical Programming
SFLA	Shuffled Frog Leaping Algorithm
MSFLA	Multi-objective Shuffle Frog Leaping Algorithm

فصل اول

مقدمه

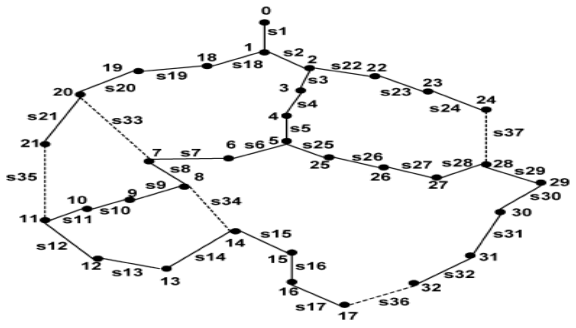
۱-۱-آشنائی با موضوع تجدید آرایش در فیدر های توزیع[1]:

در سیستم های توزیع[2]، توان الکتریکی از طریق مجموعه ای از پست ها و فیدر های توزیع به مصرف کنندگان رسانده می شود. بر خلاف سیستم های انتقال که در آنها آرایش خطوط انتقال بصورت حلقوی است، در سیستم های توزیع آرایش فیدرهای توزیع معمولاً بصورت شعاعی است. شعاعی بودن فیدرهای توزیع دارای مزیت هایی چون حفاظت آسانتر فیدرها در برابر اضافه جریان[3]، کاهش سطح اتصال کوتاه و قابلیت اطمینان بیشتر می باشد همچنین در سیستم های شعاعی به هنگام وقوع خطا راحتتر می توان توان را دوباره به مصرف کنندها رساند . لذا برای استفاده از مزایای شبکه های شعاعی همراه با غلبه بر مشکلات آن، به طور کلی سیستم توزیع باید بنحوی عمل کند که هزینه های بهره برداری آن حداقل شود ضمن اینکه محدودیتهای زیر نیز رعایت گردند:

- شبکه توزیع شعاعی بماند،
- بار کلیه مشترکین تامین گردد،
- هماهنگی حفاظتی بین رله های جریانی صورت پذیرد،
- ترانسفورماتورها و خطوط دچار اضافه بار نشوند،
- افت ولتاژ در حد مجاز باقی بماند،
- تعداد کلید زنی در حد مجاز بماند.

در سیستم های شعاعی، اصلاح ساختار شعاعی فیدرهای توزیع بصورت گاه به گاه با تغییر وضعیت کلیدها از حالت باز به بسته و بالعکس و در نتیجه انتقال بار از یک فیدر به دیگری می تواند بطور قابل ملاحظه ای شرایط بهره برداری را بهبود بخشد. به عمل بستن و باز کردن کلیدها در سیستم توزیع قدرت برای تغییر در توپولوژی شبکه و به دنبال آن تغییر جهت سیلان توان، تجدیدآرایش[4] گفته می شود. بطور کلی تجدیدآرایش در فیدرهای توزیع بصورت اجباری با هدف تغییر سیلان توان به هنگام وقوع خطا در شبکه و یا بصورت اختیاری با اهدافی چون کاهش تلفات و... صورت می گیرد.

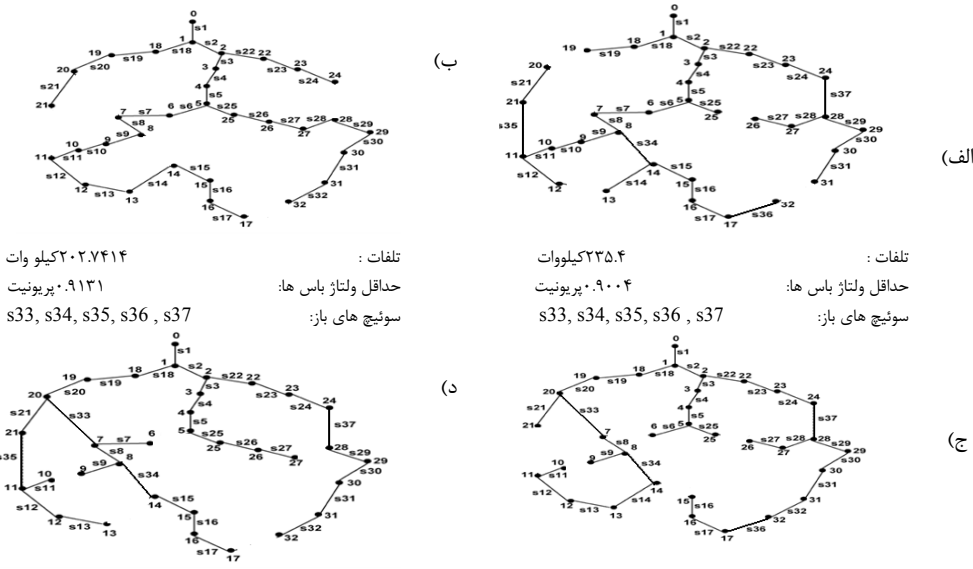
برای مثال شبکه توزیع ساده شکل (۱-۱) را که توسط دو فیدر تغذیه می شود در نظر می گیریم [۱]:



شکل(۱-۱). شبکه ی توزیع با دو فیدر

[1] - Distributed Feeder Reconfiguration- DFR
[2] - Distributed System
[3] - Overcurrent
[4] - Feeder reconfiguration

در شبکه ی فوق در حالت عادی سوئیچ های s33, s34, s35, s36 , s37 باز هستند با این آرایش شبکه، تمامی بارها تغذیه شده و در عین حال هیچگونه حلقه ای نیز در شبکه وجود ندارد. در صورتیکه هریک از کلیدهای فوق که در حالت عادی باز هستند بسته و بجای آن کلید دیگری باز شود، به نحوی که شبکه شعاعی باقی بماند و در واقع بار از یک مسیر به مسیر دیگر منتقل گردد، به این تغییر اعمال شده تجدید آرایش گفته می شود. در شکل (۱-۲و الف، ب، ج، د) چهار آرایش شعاعی متفاوت شبکه نشان داده شده است، با توجه به مقادیر مربوط به تلفات و ولتاژ در آرایش های فوق، میتوان به اهمییت مسئله ی تجدیدآرایش و بدست آوردن آرایش بهیینه پی برد.



الف)

تلفات : ۲۳۵.۴کیلووات
حداقل ولتاژ باس ها: ۰.۹۰۰۴پریونیت
سوئیچ های باز: s33, s34, s35, s36 , s37

ب)

تلفات : ۲۰۲.۷۴۱۴کیلو وات
حداقل ولتاژ باس ها: ۰.۹۱۳۱پریونیت
سوئیچ های باز: s33, s34, s35, s36 , s37

ج)

تلفات : ۱۷۱.۴۹۳۱کیلووات
حداقل ولتاژ باس ها: ۰.۹۲۱۶ پریونیت
سوئیچ های باز: s33, s34, s35, s36 , s37

د)

تلفات : ۱۴۲.۵۲۰۹کیلووات
حداقل ولتاژ باس ها: ۰.۹۳۷۷پریونیت
سوئیچ های باز: s33, s34, s35, s36 , s37

شکل (۱-۲). چهار آرایش شعاعی متفاوت شبکه ی دو فیدره

با توجه به گستردگی و تعداد زیاد فیدرها و پست های توزیع و رعایت شرط شعاعی ماندن فیدرهای توزیع و همچنین محدودیتهای دیگر شبکه، نظیر ظرفیت ترانسفورماتورهای پستهای فوق توزیع، جریان مجاز و حداکثر افت ولتاژ قابل قبول هر فیدر، دستیابی به قابلیت اطمینان بالاتر در سیستم و احتمالاً محدودیت های بهره‌برداری نظیر تعداد کلید زنی، این سئوال مطرح است که آرایش مناسب برای تغذیه پستهای توزیع توسط فیدرها چه آرایشی است؟ از سوی دیگر بهره بردار می تواند برای تأمین یک سری تابع هدف از جمله کاهش تلفات، متعادل کردن بار فیدرها، تأمین حداقل ولتاژ شبکه و یا برای جداکردن بخشی از سیستم به منظور تعمیرات و نوسازی و یا سرویس پستها، آرایش فعلی شبکه فشار متوسط را تغییر دهد.

۱-۲- مروری بر روشهای بکار رفته در حل مسئله تجدید آرایش در شبکه های توزیع

تاکنون مطالعات و تحقیقات مختلفی برای حل مسئله تجدیدآرایش انجام شده است. به طور کلی روش‌های حل موجود را می توان در پنج دسته کلی زیر جای داد:

۱-۲-۱- روشهای ابتکاری شهودی

Civanlar روشی را ارائه داد که به ***روش تعویض شاخه*** معروف است[۲] ، در این روش هر گاه که یک کلید "در حالت عادی باز" بسته شود بدنبال آن یک کلید "در حالت عادی بسته" باز می شود تا شکل شعاعی شبکه حفظ شود. خروج کلیدهای مورد نظر از طریق روشهای ابتکاری و روابط تقریبی بنحوی انتخاب می گردد که تلفات حداقل شود. تعویض شاخه تا وقتی که کاهش تلفات بیشتری رخ دهد ادامه می یابد.
Civanlar روش حل محاسباتی ابتکاری ساده ای برای محاسبه تلفات از طریق تجدید آرایش شبکه ارائه کرد که مبتنی بر برخی ساده سازی ها بود، به نحوی که بتوان تغییرات تلفات در انتقال بار از یک فیدر به فیدر دیگر را بدست آورد.

$$\Delta p = \mathrm{Re}\left\{(\Sigma_{i\in D'} I_i)(V_{m_n} - V_{n_n})^*\right\} + R_{loop}\left|\Sigma_{i\in D} I_i\right|^2 \qquad (۱-۱)$$

که در آن:

D' : مجموعه باس های جدا شده از فیدر قبلی و وصل شده به فیدر بعدی

m_n : شماره باس فیدر بعدی که بار به آن منتقل می شود

n_p : شماره باس فیدر قبلی که بار آن منتقل می شود

I_i :جریان باس:

R_{loop}: ماتریس مقاومت های سری مسیرهای اتصالی بین فیدرها

V_m: ولتاژ باس m

V_n: ولتاژ باس n

در رابطه فوق جمله دوم همواره مثبت است. لذا برای کاهش تلفات (Δp منفی)، لازم است جمله اول منفی و بیشتر از جمله دوم باشد. لذا کاهش تلفات وقتی اتفاق می‌افتد که اولاً اختلاف ولتاژ قابل ملاحظه‌ای بین دو طرف کلید "در حالت عادی باز" وجود داشته باشد و ثانیا بار از باس با ولتاژ کمتر به سمت باس با ولتاژ بیشتر منتقل شود. بعدها دیگران از جمله Shirmohammadi [۳] دقت و راندمان روش مذکور را با اصلاحاتی بالا بردند. در این روش صرفاً هدف کاهش تلفات مدنظر قرار گرفته و به شعاعی ماندن شبکه بعنوان یک قید پرداخته شده است به نحوی که در هر حلقه با باز شدن یک کلید "در حالت عادی بسته" وضعیت شعاعی شبکه حفظ شود. همچنین هیچ تضمینی برای رسیدن به نقطه بهینه مطلق و یا نزدیک به آن وجود ندارد. علاوه بر این روش تعویض شاخه که در اینجا بکار گرفته شده نیازمند زمان بسیار زیادی برای یک شبکه واقعی است. مشکل دیگر این روش وابستگی ترکیب نهائی شبکه به وضعیت ابتدائی کلیدهای آن می‌باشد، ضمن اینکه محدودیت های مسئله منظور نشده است.
بعدها Wu و Baran [۱] نیز از قاعده دوم Civanlar استفاده کردند و دو روش مختلف برای انجام پخش بار تقریبی بعد از انتقال بار از یک باس به باس دیگر ارائه کردند .
در[۴] Q. Zhou، از یک روش ابتکاری برای حداقل کردن هزینه تلفات انرژی در یک بازه زمانی بهمراه کاهش هزینه های سوئیچینگ استفاده کرد. در این روش برای انتخاب زوج کلید برای بستن یکی و باز کردن دیگری از روش Civanlar استفاده شده و سپس برای تک تک حالات تابع هدف بدست آمده و در نهایت برای هر

انتخاب پخش بار انجام شده و در هر بار که قیود مسئله رعایت نشده باشد انتخاب مورد نظر کنار گذاشته شده است. در نهایت آرایشی که در آن هم هزینه بیشترین کاهش را داشته و هم قیود مسئله نیز رعایت شده باشد انتخاب شده است.

اولین بار Roytelman [۵] تابع هدف را بصورت یک مسئله بهینه سازی چند منظوره مطرح نمود که شامل الف) حداقل کردن کاهش تلفات، ب) تعادل بار در خروجی ترانسفورماتورها، ج) حداقل کردن افت ولتاژ، د) حداقل کردن تعداد قطعیها و ه) متعادل کردن بار مشترکین مهم (با اطمینان از اینکه مشترکین مهم همگی از یک ترانسفورماتور تغذیه نمی شوند) بود. برای هر کدام از اهداف وزنی تعیین و از یک روش دو مرحله ای استفاده کرد. در مرحله اول با استفاده از روش [۶] توپولوژی شعاعی شبکه را تعیین و سپس با استفاده از بستن یک کلید و باز کردن کلید متناظر آن تغییرات تابع هدف را برای بهبود جوابها ملاحظه نمود. در نهایت نیز از رابطه Civanlar برای تعیین تغییر در تلفات ناشی از تعویض شاخه استفاده کرد. در [۷]، Peponis مسئله تجدید آرایش را با کنترل توان راکتیو (با نصب خازن) ترکیب نمود و روشهای Civanlar وShirmohamadi را با هم مقایسه کرد. وی دریافت که روش Civanlar تقریباً چهار برابر سریعتر بوده ولی جواب نهائی شدیداً به توپولوژی اولیه شبکه بستگی دارد .

Baran [۱]، روشی را ارائه داد که به روش ***جستجوی حلقه ، حذف شاخه***، معروف است. در این روش هدف یافتن زوج کلیدی است که با بستن یکی و بازکردن دیگری تلفات شبکه کاهش می یابد. در این روش ابتدا کلیهٔ حلقه هایی که در صورت بستن کلیدهای "در حالت عادی باز" در شبکه قابل ایجاد هستند، تعیین می شوند. سپس حلقه ای که در صورت ایجاد آن بصورت مجازی بیشترین کاهش تلفات در شبکه بوجود می آید، تعیین و سپس در آن حلقه شاخه ای که باز شدن آن حداکثر کاهش تلفات را ایجاد می کند مشخص می گردد.

روش فوق را می توان طبق مراحل زیر معرفی نمود:

- پخش بار شبکه شعاعی و محاسبه تلفات شاخه های شبکه و تلفات کل شبکه،
- تعیین کلیه حلقه های قابل تشکیل در صورت بستن کلیدهای حالت عادی باز شبکه،
- محاسبه میزان کاهش تلفات در حلقه های مختلف و انتخاب حلقه ای که بیشترین کاهش تلفات در صورت تشکیل آن ایجاد می شود،
- انتخاب شاخه ای که بازکردن آن بیشترین کاهش تلفات را در حلقه انتخاب شده در مرحله سوم ایجاد می کند.

Sarfi [۸] از ***روش تقسیم بندی شبکه به چند جزء*** استفاده نموده و شبکه توزیع را به چند گروه تقسیم و سپس از روش Civanlar برای کاهش تلفات هر گروه استفاده نموده است. این کار روی شبکه نمونه Civailar انجام شده و در یک حالت تقسیم بندی شبکه جواب درست داده است ولی در یک تقسیم بندی دیگر، کاهش تلفاتی صورت نپذیرفت و نشان داده است که کیفیت راه حل ارائه شده بشدت وابسته به نحوه تقسیم بندی باس ها و فیدرها می باشد.

Shirmohammadi، [۹] روشی را که به ***روش بستن تمام کلیدهای "درحالت عادی باز" و سپس بازکردن تک تک آنها*** معروف است ارائه داد. در این روش کلیه کلیدهایی که در حالت عادی باز هستند، بسته می شوند و یک شبکه غربالی به وجود می آید. برای این شبکه غربالی پخش بار انجام شده و یکی از کلیدها با یک الگوی مناسب که مثلاً می تواند شاخه با کمترین جریان عبوری باشد، انتخاب و باز می شود. آنگاه مجدداً پخش بار انجام شده و روند فوق تا تبدیل شبکه به یک شبکه ی شعاعی ادامه می یابد. در این