قال الله تعالى
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم تحقیقات شاهرود

دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه براي دريافت درجه كارشناسي ارشد « M.Sc. »

گرایش: قدرت

عنوان:

باز آرایی شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم های جستجوی شکار و بهینه سازی اجتماع ذرات

استاد راهنما:

دکتر علی کرمی ملایی

استاد مشاور:

دکتر نسرین صالحی

نگارش:

رسول گرزین

زمستان ۱۳۹۳

معاونت پژوهش و فناوری

به نام خدا

منشور اخلاق پژوهش

با یاری از خداوند سبحان واعتقاد به این که عالم محضرخداست وهمواره ناظر براعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه دراعتلای فرهنگ وتمدن بشری ، مادانشجویان واعضاء هیأت علمی واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را درانجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرارداده وازآن تخطی نکنیم:

۱- اصل حقیقت جویی: تلاش درراستای پی جویی حقیقت و و فاداری به آن ودوری ازهرگونه پنهان سازی حقیقت

۲- اصل رعایت حقوق : التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان ، حیوان ونبات) وسایرصاحبان حق .

۳- اصل مالکیت مادی ومعنوی : تعهد به رعایت مصالح ملی ودرنظر داشتن پیشبرد وتوسعه کشور درکلیه مراحل پژوهش

٤-اصل منافع ملی : تعهد به رعایت مصالح ملی و درنظر داشتن پیشبرد وتوسعه کشور درکلیه مراحل پژوهش

۵- اصل رعایت انصاف وامانت : تعهد به اجتناب ازهرگونه جانبداری غیرعلمی وحفاظت ازاموال ، تجهیزات ومنابع دراختیار

٦-اصل راز داری : تعهد به صیانت ازاسرار واطلاعات محرمانه افراد ، سازمان ها وکشوروکلیه افراد ونهادهای مرتبط با تحقیق.

۷- اصل احترام : تعهد به رعایت حریم ها وحرمت ها درانجام تحقیقات ورعایت جانب نقد وخودداری ازهرگونه حرمت شکنی .

۸-اصل ترویج : تعهد به رواج دانش واشاعه نتایج تحقیقات وانتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر ازمواردی که منع قانونی دارد .

۹- اصل برائت : التزام به برائت جویی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای واعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم وپژوهش ر ا به شائبه های غیرعلمی می آلایند .

فرم تعهد نامه اصالت رساله یا پایان نامه

اینجانب رسول گرزین **دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته مهندسی** برق **گرایش** قدرت **که در تاریخ**۱۳۹۳/۱۲/۲۱**از پایان نامه خود با عنوان:** باز آرایی شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم های جستجوی شکار و بهینه سازی اجتماع ذرات **با نمره ۱۵ودرجه خوب دفاع نموده ام ،بدین وسیله متعهد می شوم:**

۱. **این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده ودر مواردی که از دستاوردهای علمی وپژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ،کتاب ،ومقاله) استفاده نموده ام ، مطابق ضوابط و رویه موجود ، نام منبع مورد استفاده وسایر مشخصات آن را در فهرست مربوطه ذکر ودرج کرده ام.**

۲. **این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر)در سایر دانشگاهها وموسسات عالی ارائه نشده است.**

۳. **چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده یا هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت واختراع و... از این پایان نامه را داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد محلات مجوز های مربوطه را اخذ نمایم و در صورت ارائه مقاله در همایشها و مجلات با ذکر نام دانشگاه آزاد اسلامی واحدمحلات در کنار نام نویسندگان به نحوی که تعلق اثر به دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات کامل مسجل باشد حقوق دانشگاه را رعایت نماییم.**

٤. **چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را می پذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق با ضوابط ومقررات رفتار نموده ودر صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.**

تاریخ و امضاء:

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمّد و خاندان پاك او.

سعی ناکرده در این راه به جایی نرسی مزد اگر می طلبی طاعت استاد ببر

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.
اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین :

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر علی کرمی ملایی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛
از استاد صبور ، سرکار خانم دکتر نسرین صالحی ، که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدندکمال تشکر و قدردانی را دارم
باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم ، دستان پدرم
به سبزترین نگاه زندگیم ، چشمان مادرم

که هرچه آموختم در مکتب شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما
ره آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم ، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پرمهرتان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده..... ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۳
۱-۲ شبکه‌های توزیع ۴
۱-۳ تلفات شبکه توزیع..... ۷
۱-۳-۱ خازن گذاری در شبکه های توزیع برای کاهش تلفات..... ۸
۱-۳-۲ بکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع برای کاهش تلفات..... ۹
۱-٤ بازآرایی شبکه های توزیع ۱۰
۱-۵ تعریف پایان نامه ۱۱

فصل دوم: مروری بر کارهای انجام شده

۲-۱ مقدمه..... ۱۳
۲-۲ بازآرایی شبکه های توزیع ۱۳
۲-۳ اهداف بازآرایی..... ۱۴
۲-٤ اهمیت بازآرایی ۱۵
۲-۵ فرمولاسیون مساله بازآرایی..... ۱۶
۲-٦ روش های بهینه سازی اکتشافی ۱۶
۲-٦-۱ استراتژی سوئیچ تبادل..... ۱۶
۲-٦-۲ استراتژی باز کردن همه کلید ها..... ۱۶
۲-٦-۳ استراتژی بستن همه کلید ها..... ۱۷
۲-۷ مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه بازآرایی شبکه های توزیع..... ۱۷
۲-۷-۱ بازآرایی سیستم توزیع با استفاده از الگوریتم اصلاح شده جستجوی تابو..... ۱۷
۲-۷-۲ بازآرایی سیستم توزیع با استفاده از الگوریتم بهینه سازی اصلاح شده اجتماع ذرات..... ۱۷
۲۲
۲۵

۲-۷-۳ بازآرایی شبکه توزیع با هدف کاهش تلفات با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان..... ۲۹
۲-۷-٤ الگوریتم جدید برای بازآرایی و روش‌های عملکرد در سیستم‌های توزیع الکتریکی..... ۳۰
۲-۷-۵ بازآرایی فیدر توزیع تصادفی چندهدفه از دیدگاه قابلیت اطمینان..... ۳۲
۲-۷-٦ بازآرایی سیستم توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک مبتنی بر گراف‌های بسته..... ۳۷
۲-۷-۷ بازآرایی سیستم قدرت و کمینه سازی تلفات سیستم های توزیع با استفاده از الگوریتم بهینه سازی جستجوی غذای باکتری..... ۳۹
۲-۷-۸ سیستم هوشمند برای بازآرایی لحظه ای و خودکار شبکه توزیع..... ۴۰
۲-۷-۹ بازآرایی چند هدفه و احتمالاتی فیدر توزیع با درنظر گرفتن نیروگاههای بادی..... ۴۲
۲-۷-۱۰ بکارگیری الگوریتم ژنتیک بهبود یافته در بازآرایی سیستم توزیع با هدف حداقل سازی تلفات توان حقیقی..... ۴۵
فصل سوم: الگوریتم های جستجوی شکار و بهینه سازی اجتماع ذرات ۴۶
۳-۱ مقدمه..... ۴۷
۳-۲ الگوریتم فرا-اکتشافی جستجوی شکار(HUS)..... ۵۱
۳-۲-۱ مراحل الگوریتم جستجوی شکار..... ۵۱
۳-۳ الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات(PSO)..... ۵۳
۳-۳-۱ الگوریتم بهینه سازی اجتماع ذرات پایه..... ۵۶
۳-۳-۲ الگوریتم PSO بهبود یافته..... ۵۶
فصل چهارم: روش حل، سیستم مورد مطالعه و نتایج شبیه سازی ۵۷
٤-۱ مقدمه..... ۵۸
٤-۲ فرمولاسیون مساله بهینه سازی..... ۶۰
٤-۲-۱ قیود مساله بهینه سازی..... ۶۱
٤-۳ روش حل مساله بازآرایی..... ۶۴
٤-٤ سیستم مورد مطالعه.....
٤-٤-۱ سیستم ۳۳ باسه .....

٤-٤-٢ سیستم ٦٩ باسه.....

٤-٥ پروفیل بار ۶۹
۶۹
٤-٦ نتایج شبیه سازی ۶۸
٤-٦-١ نتایج شبیه سازی سیستم ٣٣ باسه..... ۶۹
۷۲
٤-٦-١-١ نتایج دوره کم باری سیستم ٣٣ باسه..... ۷۴
٤-٦-١-٢ نتایج دوره میان باری سیستم ٣٣ باسه..... ۷۷
۷۷
٤-٦-١-٣ نتایج دوره پر باری سیستم ٣٣ باسه..... ۷۹
۸۱
٤-٦-٢ نتایج سیستم ٦٩ باسه.....
٤-٦-٢-١ نتایج دوره کم باری سیستم ٦٩ باسه..... ۸۵
٤-٦-٢-٢ نتایج دوره میان باری سیستم ٦٩ باسه..... ۸۶
۸۸
٤-٦-٢-٣ نتایج دوره پر باری سیستم ٦٩ باسه.....

فصل پنجم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات ۹۰

٥-١ مقدمه..... 91

٥-٢ نتیجه گیری کلی و بحث.....

٥-٣ پیشنهادات.....

منابع

منابع.....

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱: تلفات در شبکه های توزیع (درصد) ۸
جدول ۲-۱ : نتایج بازآرایی (شبکه ۱۶ باسه) ۱۹
جدول ۲-۲ : نتایج بازآرایی (شبکه ۶۹ باسه، شرایط بار نرمال) ۲۰
جدول ۲-۳ : نتایج بازآرایی (شبکه ۶۹ باسه، شرایط پرباری) ۲۰
جدول ۲-۴ : نتایج بازآرایی (شبکه ۶۹ باسه، شرایط کم باری) ۲۴
جدول ۲-۵ : نتایج بازآرایی سیستم ۳۲ باسه ۲۴
جدول ۲-۶ : بازآرایی سیستم ۶۹ باسه ۲۸
جدول ۲-۷ : نتایج بازآرایی در شبکه ۳ باسه ۲۸
جدول ۲-۸ : نتایج بازآرایی در شبکه ۱۱ باسه ۲۹
جدول ۲-۹ : نتایج مقایسه روش DSSHA با روش پیشنهادی با مطالعه دیگر ۳۱
جدول ۲-۱۰: مقایسه روش پیشنهادی با روش های متداول برای کمینه کردن توابع هدف مذکور ۳۷
جدول ۲-۱۱: مقایسه مقایسه روش SOReco با روش های متداول ۳۸
جدول ۲-۱۲ : نتایج تلفات توان با استفاده از الگوریتم جستجوی غذای باکتری در مقایسه با دیگر روش های بهینه سازی (تلفات شبکه ۳۳ باسه در حالت پایه یعنی قبل از بازآرایی برابر ۲۰۲/۷۱ کیلووات) ۴۰
جدول ۲-۱۳: نتایج نهایی آنالیز بازآرایی ۴۱
جدول ۲-۱۴: مقادیر بهینه سازی دارای یک تابع هدف با در نظر گرفتن توربین های بادی برای ۲۵ بار تکرار شبیه سازی ۴۳
جدول ۲-۱۵ : نتایج بازآرایی، تلفات سیستم بوسیله روش پیشنهادی ۶۰
جدول ٤-۱: پارامترهای الگوریتم PSO ۶۰
جدول ٤-۲: پارامترهای الگوریتم HUS ۶۲
جدول ٤-۳: داده های شبکه ۳۳ باسه ۶۳
جدول٤-٤ : اطلاعات مربوط به tie line ها ۶۵
جدول ٤-۵ : اطلاعات شبکه ۶۹ باسه IEEE ۶۸

جدول٤-٦ : اطلاعات مربوط به tie line ها ٧١
جدول ٤-٧ : نتایج بهینه سازی قبل و پس از بازآرایی با روش های PSO و HUS در حالت کم باری سیستم ۳۳ باسه ٧٤
جدول ٤-٨ : نتایج بهینه سازی قبل و پس از بازآرایی با روش های PSO و HUS در حالت میان باری سیستم ۳۳ باسه ٧٦
جدول ٤-٩: نتایج بهینه سازی قبل و پس از بازآرایی با روش های PSO و HUS در حالت پر باری سیستم ۳۳ باسه ٧٨
جدول ٤-١٠ : نتایج بهینه سازی قبل و پس از بازآرایی با روش های PSO و HUS در حالت کم باری سیستم ٦٩ باسه ٨٠
جدول ٤-١١ : نتایج بهینه سازی قبل و پس از بازآرایی با روش های PSO و HUS در حالت میان باری سیستم ٦٩ باسه ٨٣
جدول ٤-١٢ : نتایج بهینه سازی قبل و پس از بازآرایی با روش های PSO و HUS در حالت پر باری سیستم ٦٩ باسه ٨٦
جدول ٥-١: نتایج حاصل از حل مساله بازآرایی با هدف کاهش تلفات شبکه ۳۳ باسه با استفاده از روش های بهینه سازی اجتماع ذرات و جستجوی شکار ٨٨
جدول ٥-٢: نتایج حاصل از حل مساله بازآرایی با هدف کاهش تلفات شبکه ٦٩ باسه با استفاده از روش های بهینه سازی اجتماع ذرات و جستجوی شکار .....

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: شبکه با ساختار خطی ۴
شکل ۱-۲: شبکه با ساختار شعاعی ۵
شکل ۱-۳: شبکه با پیکره بندی حلقوی ۶
شکل ۱-٤: شبکه با پیکره بندی غربالی ۷
شکل ۱-۵ : شبکه ساده شعاعی a) بدون حضور DG و b) با حضور DG ۹
شکل ۲-۱: فلوچارت روش پیشنهادی تابو ۱۸
شکل ۲-۲ : شبکه تست ۱٦ باسه ۱۸
شکل ۲-۳ : شبکه تست ٦۹ باسه ۱۹
شکل ۲-٤: پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی (شبکه ۱٦ باسه) ۱۹
شکل ۲-۵: پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی (شبکه ٦۹ باسه، بار نرمال) ۲۱
شکل ۲-٦: پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی (شبکه ٦۹ باسه، پرباری) ۲۱
شکل ۲-۷ : پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی (شبکه ٦۹ باسه، کم باری) ۲۱
شکل ۲-۸ : الگوریتم اصلاح شده اجتماع ذرات ۲۲
شکل ۲-۹ : سیستم توزیع ۳۲ باسه ۲۳
شکل ۲-۱۰ : سیستم توزیع ٦۹ باسه ۲۳
شکل ۲-۱۱ : وضعیت پروفیل ولتاژ سیستم توزیع ۳۲ باسه ۲۵
شکل ۲-۱۲ : وضعیت پروفیل ولتاژ سیستم توزیع ٦۹ باسه ۲۵
شکل ۲-۱۳: شبکه مورد مطالعه ۳ باسه ۲۶
شکل ۲-۱٤: شبکه عملی ۱۱ باسه ۲۶
شکل ۲-۱۵ : فلوچارت روش پیشنهادی کلونی مورچگان ۲۷
شکل ۲-۱٦ : مشخصه های همگرایی روش های متفاوت ۲۹
شکل۲-۱۷: بررسی سرعت همگرایی روش پیشنهادی ۳۱
شکل ۲-۱۸: الگوریتم فلوچارت روشSOReco ۳۳
شکل ۲-۱۹: روش حل مسئله SOReco ۳۴

شکل ۲-۲۰: سیستم مورد مطالعه A ۳۴
شکل ۲-۲۱: سیستم مورد مطالعه B ۳۵
شکل ۲-۲۲: سیستم مورد مطالعه C ۳۵
شکل ۲-۲۳: سیستم مورد مطالعه D ۳۶
شکل ۲-۲٤: سیستم مورد مطالعه E ۳۶
شکل ۲-۲۵ : شبکه شعاعی ۳۳ باسه تست توزیع ۳۸
شکل ۲-۲٦: شبکه قدرت مورد مطالعه (شبکه کشور برزیل) ۳۹
شکل ۲-۲۷: دیاگرام تک خطی سیستم ۳۲ شینه (دایره های قرمز نشان دهنده مکان توربینهای بادی هستند) ٤۱
شکل ۲-۲۸ : سیستم توزیع تست نمونه ٤۲
شکل ۲-۲۹ : فلوچارت روش پیشنهادی ٤۳
شکل۳-۱: فلوچارت روش بهینه سازی HUS ۵۰
شکل ۳-۲: فلوچارت روش بهینه سازی اجتماع ذرات ۵۴
شکل ٤-۱: روال حل مساله بازآرایی ۵۹
شکل ٤-۲: سیستم ۳۳ باسه شعاعی استاندارد IEEE دارای پنج tie line ٦۱
شکل ٤-۳ : سیستم ٦۹ باسه شعاعی استاندارد IEEE دارای پنج tie line ٦۴
شکل ٤-٤: منحنی های همگرایی الگوریتم PSO در دوره کم باری (سیستم ۳۳ باسه) ۷۱
شکل ٤-۵: منحنی های همگرایی الگوریتم HUS در دوره کم باری (سیستم ۳۳ باسه) ۷۰
شکل ٤-٦: پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ باسه قبل و بعد از بازآرایی در دوره کم باری ۷۲
شکل ٤-۷: منحنی های همگرایی الگوریتم PSO در دوره میان باری (سیستم ۳۳ باسه) ۷۲
شکل ٤-۸: منحنی های همگرایی الگوریتم HUS در دوره میان باری (سیستم ۳۳ باسه) ۷۳
شکل ٤-۹: پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ باسه قبل و بعد از بازآرایی دوره میان باری ۷۴
شکل ٤-۱۰: منحنی های همگرایی الگوریتم PSO در دوره پر باری (سیستم ۳۳ باسه) ۷۵
شکل ٤-۱۱: منحنی های همگرایی الگوریتم HUS در دوره پر باری (سیستم ۳۳ باسه) ۷۵
شکل ٤-۱۲: پروفیل ولتاژ شبکه ۳۳ باسه قبل و بعد از بازآرایی دوره پر باری ۷۶
شکل ٤-۱۳: منحنی های همگرایی الگوریتم PSO در دوره کم باری سیستم ٦۹ باسه ۷۷
شکل ٤-۱٤: منحنی های همگرایی الگوریتم HUS در دوره کم باری سیستم ٦۹ باسه ۷۸

شکل ٤-١٥: پروفیل ولتاژ شبکه ٦٩ باسه قبل و بعد از بازآرایی دوره کم باری..... ٧٩
٧٩
شکل ٤-١٦: منحنی های همگرایی الگوریتم PSO در دوره میان باری سیستم ٦٩ باسه..... ٨٠
شکل ٤-١٧: منحنی های همگرایی الگوریتم HUS در دوره میان باری سیستم ٦٩ باسه..... ٨١
٨٢
شکل ٤-١٨: پروفیل ولتاژ شبکه ٦٩ باسه قبل و بعد از بازآرایی دوره میان باری..... ٨٢
شکل ٤-١٩: منحنی های همگرایی الگوریتم PSOدر دوره پر باری سیستم ٦٩ باسه..... ٨٣
شکل ٤-٢٠: منحنی های همگرایی الگوریتم HUS در دوره پر باری سیستم ٦٩ باسه.....
شکل ٤-٢١: پروفیل ولتاژ شبکه ٦٩ باسه قبل و بعد از بازآرایی دوره پر باری.....

چکیده

از عمده روش هاي كاهش تلفات در شبكه توزيع مي توان به خازن‌گذاری ، بكارگيري منابع توليد پراكنده در شبكه‌هاي توزيع و همچنين بازآرايی شبكه اشاره كرد. بازآرايی شبكه توزيع روشي ارزان و بدون نياز به هزينه تجهيزات اضافي می‌باشد. در اين پايان نامه بازآرايي شبكه توزيع۳۳ و ۶۹ باسه استاندارد IEEE با هدف كمينه سازي تلفات با استفاده از الگوريتم هاي اجتماع ذرات و جستجوي شكار انجام شده است. در اين مطالعه بار شبكه بصورت يك بار سه سطحي با دوره هاي كم باري، ميان باري و پرباري در حل مساله بهينه سازي بكار گرفته شده است. نتايج شبيه سازي در دوره هاي مختلف بار نشان داده است كه با انجام بازآرايي بهينه شبكه توزيع، تلفات شبكه را بطور چشمگيري كاهش مي دهد. همچنين پروفيل ولتاژ باس هاي شبكه پس از بازآرايي بهبود داده مي شود. مقايسه نتايج حاصل از دو روش بهينه سازي نشان داد كه روش اجتماع ذرات نسبت به روش جستجوي شكار، قابليت بهتري در يافتن آرايش بهينه شبكه توزيع دارد.

كلمات كليدي: شبكه توزيع، بازآرايي، تلفات توان اكتيو، پروفيل ولتاژ، الگوريتم اجتماع ذرات، الگوريتم جستجوي شكار

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

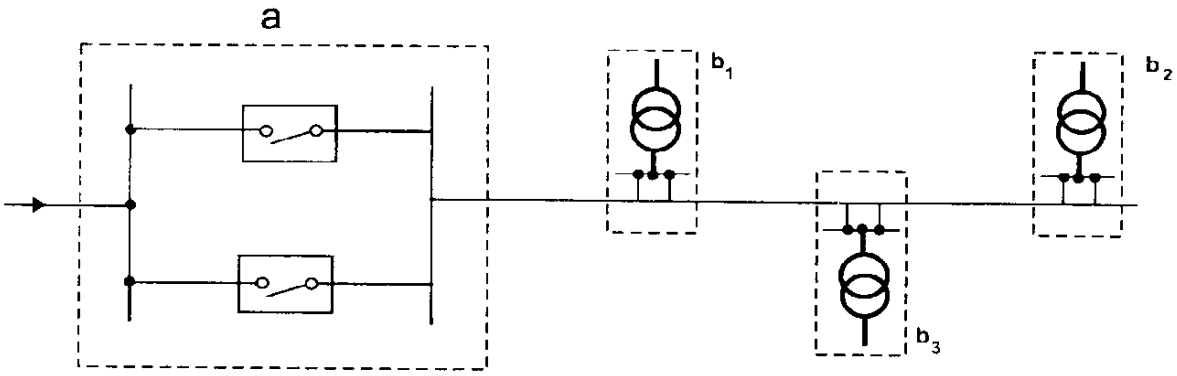
طی دهه‌های اخیر جوامع بشری همواره با سه بحران مالی، انرژی و زیست محیطی روبرو بوده است که سیاست‌های کلی و پیشرفت‌های تکنولوژی را تحت تاثیر قرار داده است. انرژی الکتریسیته یکی از انواع انرژی است که کاربرد وسیعی در صنایع دارد و رشد روز افزون جمیت، افزایش تقاضا برای این حامل انرژی را در بر داشته است. از طرفی تولید قسمت اعظم این انرژی با استفاده از سوخت‌های فسیلی انجام می‌گیرد که نه تنها انرژی گرانی هستند و منابع آن رو به اتمام است؛ بلکه تولید آن تولید حجم وسیعی از گازهای گلخانه‌ای را به همراه دارد. انرژی الکتریکی تولیدی پس از خروج از نیروگاه تا زمانی که به مصرف کننده برسد تقریباً ۱۰ تا ۲۰ درصد مقدار خود را به دلیل تلفات در خطوط و تجهیزات از دست می‌دهد که با توجه به بحران‌های یاد شده مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. قسمت بیشتر این تلفات در شبکه-های توزیع رخ می‌دهد و از این رو روش‌های زیادی برای کاهش تلفات در این نوع شبکه‌ها عنوان شده است. از جمله روش‌ها می‌توان به خازن گذاری در شبکه های توزیع، نصب منابع تولید پراکنده در این شبکه‌ها و همچنین بازآرایی شبکه توزیع اشاره کرد. در بین این روش‌ها، بازآرایی شبکه توزیع یک روش کاملاً ارزان و بدون نیاز به هزینه اضافه می‌باشد و لذا بهره‌برداران شبکه از این روش به عنوان یکی از بهترین روش‌های کاهش تلفات یاد می‌کنند.

در این بخش ابتدا ساختارهاي گوناگون شبکه هاي توزیع به همراه مزیت ها و معایب آن ها ارائه شده است. سپس به بررسي تلفات در شبکه هاي توزیع و روش هاي کاهش آن پرداخته شده است. در ادامه نیز مساله بازآرایي و روش هاي حل آن معرفي شده است.

۱-۲ شبکه‌هاي توزيع

سيستم توزيع، انرژي الكتريكي مورد نياز مشتركين را از پست‌هاي انتقال دريافت كرده و به آن ها تحويل ميدهد. از طرفي در صورتي كه نياز باشد با تغيير به يک سطح ولتاژ مناسب، انرژي را به مشتركين انتقال مي دهد. شبكه هاي توزيع را مي‌توان با در نظر گرفتن ساختار و سطح ولتاژ، به دو بخش فشار متوسط و فشار ضعيف طبقه بندي كرد. ۱) سيستم توزيع فشار متوسط كه وظيفه آن انتقال انرژي الكتريكي به وسيله خطوط فشار متوسط از پست‌هاي فوق توزيع به پست‌هاي توزيع مي باشد و ۲) سيستم توزيع فشار ضعيف كه وظيفه آن انتقال انرژي الكتريكي از پست‌هاي توزيع به مشتركين مي باشد [۱].

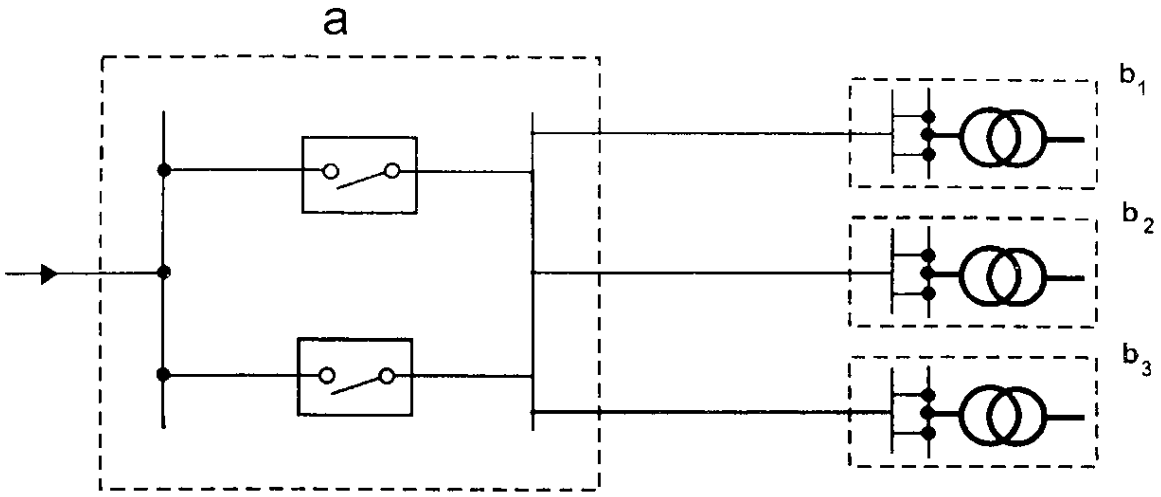
ساختار خطي شبكه توزيع در شكل ۱-۱ نشان داده شده است. در ساختار خطي شبكه، كليه پست‌ها (b1 تا b3) از طريق يک مسير تغذيه مي‌شوند كه همان مسير پست پاساژ (a) است.



شكل ۱-۱: شبكه با ساختار خطی

از مزاياي اين ساختار مي توان به كمتر بودن تجهيزات، محاسبات ساده‌تر و امكان عيب‌يابي آسان‌تر در هنگام خطا اشاره كرد. همچنين عيب اين ساختار شامل ضريب اطمينان كمتر در مقابل خطاهاي قطع كننده شبكه و افت ولتاژ زياد مي باشد.

ساختار شعاعي شبكه در شكل ۱-۲ ارائه شده است. در ساختار شعاعي شبكه كليه پست‌ها از طريق مسير مستقل به پست پاساژ وصل مي‌شوند. از جمله مزاياي اين ساختار ضريب اطمينان نسبتا بالا، ارزان و ساده بودن از نظر بهره برداری و حفاظت آسان و كم هزينه مي باشد. همچنين يكي از مزاياي عمده اين ساختار، خارج نشدن پست از مدار بدليل رخداد خطا در مسير تغذيه است.

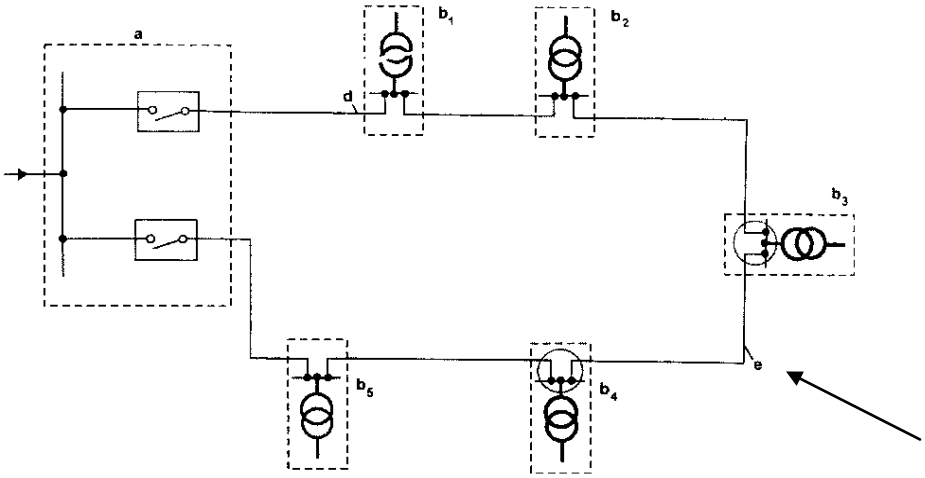


شکل ۱-۲: شبکه با ساختار شعاعی

معمولاً انشعابات فرعی از طریق فیوز به مدارهای فشارمتوسط اصلی متصل می‌شوند، به طوری که یک اتصالی در انشعابات فرعی، نمی‌تواند باعث قطع برق در سراسر فیدر شود. اگر فیوز از رفع اتصالی خط عاجز بماند یا اتصالی در فیدر اصلی توسعه یابد، کلید قدرت در پست باز خواهد شد و سرتاسر فیدر را بی‌برق خواهد کرد. برای پایین نگه‌داشتن وسعت و مدت قطعی برق و به حداکثر رساندن سرعت برق‌دار کردن مجدد ، در هنگام طراحی و ساخت از ارتباط اضطراری به فیدرهای مجاور استفاده می‌شود. بنابراین هر قسمتی از تغذیه‌کننده که مشکلی نداشته باشد می‌تواند به تغذیه کننده مجاور متصل شود. اغلب برای جلوگیری از اضافه بار درفیدرها در زمانی که قسمت‌هایي از فیدرهای مجاور و معیوب به آن‌ها وصل می‌شود در آن‌ها ظرفیت ذخیره پیش‌بینی می‌شود. در بیشتر حالات، غیرهمزمانی بارها بین فیدرهای مجاور به اندازه کافی موجود بوده تا نیازی به نصب ظرفیت اضافی برای مواقع اضطراری نباشد.

قطعی طولانی برق بیمارستان‌ها، تاسیسات نظامی و دیگر مصرف‌کننده‌های حساس قابل تحمل نمی‌باشد. در چنین شرایطی فیدر دوم پیش‌بینی می‌شود که گاهی در مسیر جداگانه‌ای قرار می‌گیرد تا از منبع دیگری تغذیه شود. اتصال از فیدر عادی به فیدر جایگزین به وسیله قطع و وصل کننده تبدیلی (که ممکن است یک کلید قدرت باشد) انجام می‌گیرد و امکان دارد به صورت دستی یا خودکار عمل نماید. در بیشتر حالات، دو دستگاه کلید قدرت مجزا نصب می‌شوند تا در هر فیدر یک کلید قدرت با اتصالات الکتریکی (قفل‌های الکتریکی) به منظور جلوگیری از اتصال فیدر سالم به معیوب استفاده شود که در آن کنترل خودکار به وسیله رله‌ها انجام می‌شود.

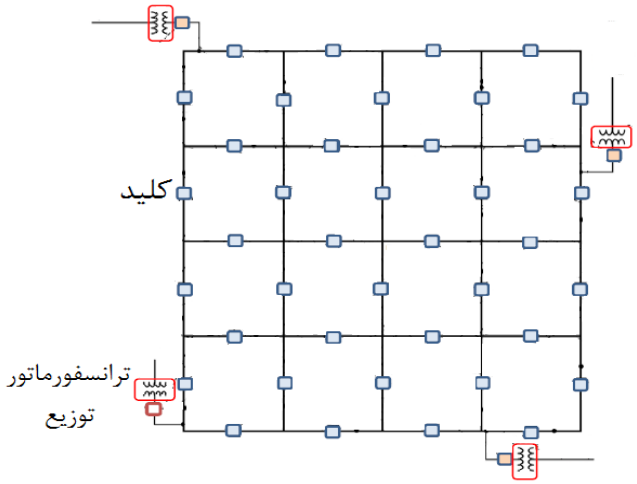
ساختار حلقوي شبكه توزيع در شكل ۱-۳ نشان داده شده است. در ساختار حلقوي همه ي پست‌هاي داخلي و پست پاساژ روي يک مسير حلقوي بسته قرار دارند و پست داخلي از دو مسير تغذيه مي‌شود. شبكه حلقوي بهترين و مناسب‌ترين ساختار براي واحدهاي صنعتي و توزيع ۲۰ كيلوولت است. ضريب اطمينان بالاي شبكه در هنگام خطا و قطع خطي از شبكه و افت ولتاژ كمتر در طول شبكه از مزاياي اين نوع ساختار و گران‌تر بودن تجهيزات نسبت به ساير ساختارها و بالا بودن حجم محاسبات از معايب ساختار حلقوي مي باشد.



شكل ۱-۳: شبكه با ساختار حلقوي

در ساختار حلقوی باز، بخش‌های متعدد تغذیه‌کننده از طریق وسایل جدا کننده به یکدیگر متصل مي گردند. بارها نیز به بخش‌های فوق متصل شده و همچنین دو سر فیدر به منبع تغذیه متصل مي شود. در یک نقطه ي از پیش تعیین شده از فیدر، وسیله جدا کننده به صورت باز نصب می‌گردد. اساساً سیستم حلقوی باز از دو فیدر تشکیل می‌شود که انتهای آن‌ها به وسیله جدا کننده‌ای مانند فیوز، کلید و یا کلید قدرت به هم مرتبط شده باشد. در زمان وقوع اتصالی، بخشی از مدار فشار متوسط که اتصالی در آن جا رخ داده است، از مدار خارج می‌شود و تداوم سرویس‌دهی به قسمت سالم به این صورت انجام می‌شود که ابتدا حلقه در موقعی که در حالت عادی باز گذاشته شده است، بسته می‌شود و سپس کلید قدرت در پست وصل می گردد. در جایی که درجه بالاتری از قابلیت اطمینان مورد نظر است، فیدر به صورت حلقوی بسته مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

ساختار غربالي شبكه توزيع در شكل ۱-۴ نشان داده شده است. در اين شكل پست‌هاي داخلي توسط يک شبكه غربالي تغذيه مي شوند. در ساختار غربالي اين امكان وجود دارد كه هر بار از چند مسير تغذيه گردد. ضريب اطمينان بالا در مقابل خطاها و قطع خطي از شبكه، افت ولتاژ پايين و كاهش تلفات ترانسفورماتورها با كاهش و يا افزايش بار و خارج كردن چند ترانسفورماتور در پيك بار از مزاياي ساختار غربالي است. همچنين افزايش هزينه هاي شبكه به واسطه افزايش تجهيزات و پيچيدگي محاسبات اتصال كوتاه از معايب اين ساختار مي باشد.



شكل ۱-۴: شبكه با ساختار غربالي

۱-۳ تلفات شبكه توزيع

تلفات شبكه توزيع در حدود ۵ تا ۱۳ درصد كل توان توليدي توسط نيروگاه ها مي باشد [۲]. مقدار تلفات در شبكه هاي توزيع بر حسب درصد در جدول ۱-۵ آورده شده است. با توجه به جدول ۱-۵ مشاهده مي شود كه بخش اعظم تلفات در سيستم هاي توزيع براي ترانسفورماتورها و برابر ۵۵/۱ درصد است و بعد از ترانسفورماتورها بيشترين تلفات مربوط به شبكه‌هاي فشار متوسط است كه برابر ۱۹/۱ درصد مي باشد.

جدول۱-۱: تلفات در شبكه هاي توزيع (درصد) [۲]

محل تلفات	درصد تلفات
پست	۱۷/۱
ترانس‌هاي توزيع	**۵۵/۱**