

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

١٥٥٥٣



دانشگاه مازندران  
دانشکده فنی و مهندسی

موضوع:

## بازآرایی شبکه موجود توزیع برق مشهد جهت کاهش تلفات

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد  
رشته مهندسی برق گرایش قدرت

۱۳۸۲ / ۷ / ۲۰

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی

استاد مشاور:

دکتر سیدعلی نبوی نیاکی

نگارش:

محمد فخرالدین بیلاقی اشرفی

فاز اطلاعات آمادگی علمی این  
تیم سپیدار

۴۹۵۵۳

خرداد ۱۳۸۲

باسمه تعالی



دانشگاه مدینه  
معاونت آموزشی  
تحصیلات تکمیلی

**ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه**

استاد فنی و مهندسی

نام و نام خانوادگی دانشجو: محمد فخرالدین بیلاقی انصاری  
شماره دانشجویی: ۷۹۵۱۳۶۱۰۱۳  
رشته تحصیلی: مهندسی برق - قدرت  
مقطع: کارشناسی ارشد  
سال تحصیلی: نیمه اول دوم ۱۳۸۱-۸۲

عنوان پایان نامه:

"بازآرایی شبکه موجود توزیع برق مشهد جهت کاهش تلفات"

تاریخ دفاع: ۱۳۸۲/۴/۱۶

نمره پایان نامه (به عدد): ۱۷/۱

نمره پایان نامه (به حروف): هفدهم

هات داوران:

استاد راهنما: دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی

استاد مشاور: دکتر سید علی نبوی نیکی

استاد مدعو: دکتر رضا قاضی

استاد مدعو: دکتر عبدالصالح طحانی

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی: دکتر محمد رضا کریمی ملانی

*(Handwritten signatures and names of the committee members)*

من له يشكر المخلوق له يشكر الخالق

با سپاس بی‌کران از خداوند متعال که توفیق اتمام پروژه و نگارش پایان نامه را نصیب نمود.

در اینجا لازم می‌دانم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر شیخ‌الاسلامی که با راهنماییهای ارزنده خود، چه در طول اجرای پروژه و چه در امر نگارش و بازنگری پایان‌نامه، مرا در این مهم یاری نمودند نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر نبوی که با نقد و بررسی موجبات اغنای پروژه را فراهم نمودند سپاسگزاری نمایم.

در ضمن از جناب آقای مهندس عطار مدیر مرکز دیسپاچینگ شمال شرق و مهندس جواهری مدیر دیسپاچینگ توزیع مشهد که امکان دستیابی به اطلاعات شبکه توزیع مشهد را جهت اجرای پروژه فراهم نمودند تشکر می‌کنم.

همچنین لازم است مراتب سپاس و تشکر فراوان از دوست گرامی ام آقای مهندس حسن صادقیپور (رئیس گروه نظارت مرکز دیسپاچینگ شمالشرق) به جهت راهنمایی‌هایشان در طول اجرای پروژه و نیز بررسی و نقد پایان‌نامه ابراز نمایم.

# پیشگویی است به:

آینه عشق و صداقت، مادر و به دامن سبز و مقدسی که جوانه وجودشان را از رویدن و شکفتن آکنده کرد.

به او که تمام هستی اش ما هستیم و اینکه وجود گرم و مهربانش بزرگترین پشتوانه زندگی ما است.

و به نگاه تکیده و سفاومتند پدری که در یکایک لمضات زندگی اش، تلاش فستگی ناپذیر را به من آموخت. به او که وزین ترین کلام در دیباچه هستی است، او که توانش رفت تا به توانایی رسم، مویش سپیدی گرفت تا روی سپید بماند.

امید آنکه این تمفه بتواند تنها سپاسی باشد از همه مهربانی شان.

به همسر همیشه همراهم

که تجلیگاه آرزوهای آینده روشن و سعادت مند من است.

## بازآرایی شبکه موجود توزیع برق مشهد جهت کاهش تلفات

### چکیده

بازآرایی شبکه‌های توزیع جهت کاهش تلفات، عبارتست از جستجوی آرایش شعاعی از شبکه، بگونه‌ای که تلفات آن حداقل باشد. با تغییر مناسب در وضعیت کلیدهای شبکه می‌توان به چنین هدفی دست یافت. در این تحقیق روشی برای حل مسئله کاهش تلفات، با تغییر آرایش شبکه ارائه شده است. در این روش ابتدا از میان تعداد آرایش‌های مشخصی، بهترین آرایش انتخاب می‌شود، سپس در مرحله دوم بر اساس این آرایش، حالت‌های جدیدی جستجو شده و تلفات آن با آرایش قبل مقایسه می‌شود و نهایتاً آرایش بهینه مطلق یا نزدیک به آن بدست می‌آید. این روش ابتدا بر روی یک شبکه ۳۳ باس آزمایش شده، سپس بر روی شبکه توزیع ناحیه مرکزی مشهد اعمال می‌شود. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که علاوه بر کاهش تلفات، ولتاژ باس‌ها نیز بهبود می‌یابد.

## فهرست

چکیده	۰
مقدمه	۳
فصل ۱ مروری بر ساختار شبکه‌های توزیع	
۱-۱ مقدمه	۶
۲-۱ شبکه‌های توزیع	۶
۳-۱ شبکه‌های توزیع زمینی و هوایی	۱۱
۴-۱ تلفات در شبکه‌های توزیع	۱۴
فصل ۲: بازآرایی در شبکه‌های توزیع	
۱-۲ مقدمه	۱۹
۲-۲ تعریف	۱۹
۳-۲ اهداف تغییر آرایش	۲۱
۴-۲ الگوریتم‌های بازآرایی شبکه توزیع	۲۷
۵-۲ محدودیت‌های شبکه	۳۷
فصل ۳: روش پیشنهادی	
۱-۳ مقدمه	۳۹
۲-۳ روش پیشنهادی	۳۹
۳-۲-۱ مرحله اول: شناسایی آرایش‌های اولیه	۴۰
۳-۲-۲ مرحله دوم: محاسبه تلفات شبکه با روش Simplified Distflow	۴۶
۳-۲-۳ مرحله سوم: شناسایی آرایش بهینه با مینیم تلفات	۴۹
فصل ۴: جمع‌آوری اطلاعات و تهیه برنامه کامپیوتری	
۱-۴ مقدمه	۵۲
۲-۴ جمع‌آوری و سازماندهی اطلاعات	۵۲
۳-۴ برنامه کامپیوتری اجرای پروژه	۵۷
۴-۴ خروجی برنامه	۶۲

فصل ۵ : اجرای پروژه و اعمال به شبکه آزمایشی و عملی

- ۱-۵ مقدمه ..... ۶۳
- ۲-۵ اعمال شبکه آزمایش به برنامه ..... ۶۳
- ۳-۵ اعمال شبکه توزیع مشهد به برنامه ..... ۷۳

فصل ۶ : بحث و نتیجه

- ۱-۶ بحث و نتیجه ..... ۸۳
- ۲-۶ پیشنهادات ..... ۸۷
- منابع و مأخذ ..... ۸۸
- چکیده ..... ۹۱
- ضمیمه ..... ۹۲



## مقدمه

سیستمهای قدرت به لحاظ ساختاری به چهار قسمت عمده تولید، انتقال، توزیع و بار تقسیم بندی و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند [۱]. انرژی برق پس از تولید در منابع انرژی - نیروگاهها - از طریق خطوط انتقال انرژی به سراسر شبکه انتقال می یابد. شبکه توزیع نیز انرژی دریافتی از بخش انتقال را در سطوح ولتاژی مشخصی در اختیار مصرف کننده - بار - قرار می دهد.

براساس آمار اعلام شده حدود ۳۰٪ از کل سرمایه گذاری صنعت برق به سیستم توزیع اختصاص می یابد [۲۷]، روند رشد شبکه های توزیع نیز - بخصوص در کشورهای در حال توسعه - بالا می باشد. با این حال تکنولوژی فنی این بخش نسبت به تولید و انتقال بسیار پایین است. بنا به نظر اکثر صاحب نظران، سیستم توزیع از رشد کیفی پایینی برخوردار است و وجود عواملی نظیر طرحهای غیرمهندسی، بالا بودن تلفات، نبود آمار و اطلاعات دقیق، عدم استفاده از ابزارهای مدیریتی نوین و ... از جمله دلایل اصلی عقب ماندگی آن است [۹].

بسیاری از شبکه های توزیع با حداقل سیستم مونیتورینگ، بهره برداری می شوند و در اغلب آنها بریکرها، خازنها، رگولاتورهای ولتاژ و دیگر تجهیزات بطور دستی کنترل می شوند. با اینحال گرایش به سمت اتوماسیون سازی سیستم های توزیع رو به رشد است. ایجاد یک مرکز کنترل به منظور مونیتورینگ سیستم، و امکان کنترل از راه دور تجهیزات با استفاده از تکنولوژی ارتباطات و کنترل، قدم مؤثری در این جهت است. در چنین شرایطی دیگر لازم نیست اپراتورها تنها به تجارب خود تکیه کنند، بلکه به کمک چنین سیستمی امکان نمایش وضعیت پستها و فیدرها، کنترل ولتاژ، کنترل توان راکتیو و نیز تغییر آرایش شبکه<sup>۱</sup> وجود خواهد داشت و اپراتورها قادر خواهند بود که سیستم را

از مرکز کنترل تحت نظر داشته باشند.

امروزه با توجه به تمایل به بهبود وضعیت سیستم توزیع تلاشهای زیادی در جهت بهینه سازی آن در ابعاد مختلف صورت می گیرد. پیشرفت علم ارتباطات و نیز کامپیوتر و بکارگیری آن در صنعت برق به عنوان ابزاری مؤثر در بهبود سیستم موجب شده تا شرکت های توزیع برق تلاش همه جانبه ای در جهت اتوماسیون توزیع انجام دهند.

همواره تلفات بالاتر از حد استاندارد، از جمله امتیازهای منفی در شبکه های توزیع بوده است، روشهای زیادی نیز در جهت کاهش آن ارائه و اجرا شده است. تغییر آرایش سیستم به کمک نقاط مانور، از روشهای مؤثر در بهبود شبکه است که در طی چند سال اخیر به آن توجه شده است. به کمک چنین عملیاتی در شرایط بهره برداری عادی از شبکه، می توان آن را به منظور کاهش تلفات و یا تعدیل بار بین فیدرها بکار گرفت، و در شرایط بروز یک خطای دائمی، می توان جهت کاهش نواحی بی برق تا زمان رفع عیب سود جست [۱۷].

این روش به لحاظ اجرایی بسیار ساده و تقریباً بدون هزینه است. در این بحث ضمن معرفی یکی از روشهای بازآرایی، نرم افزار تهیه شده بر مبنای این روش را بر روی یک شبکه استاندارد آزمایش و سپس به شبکه توزیع مرکزی شهر مشهد اعمال نموده و آنگاه نتایج آن را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

مرکز اطلاعات مدرن علمی ایران  
همیشه در آرزوی شما

## فصل اول

### مروری بر ساختار شبکه‌های توزیع

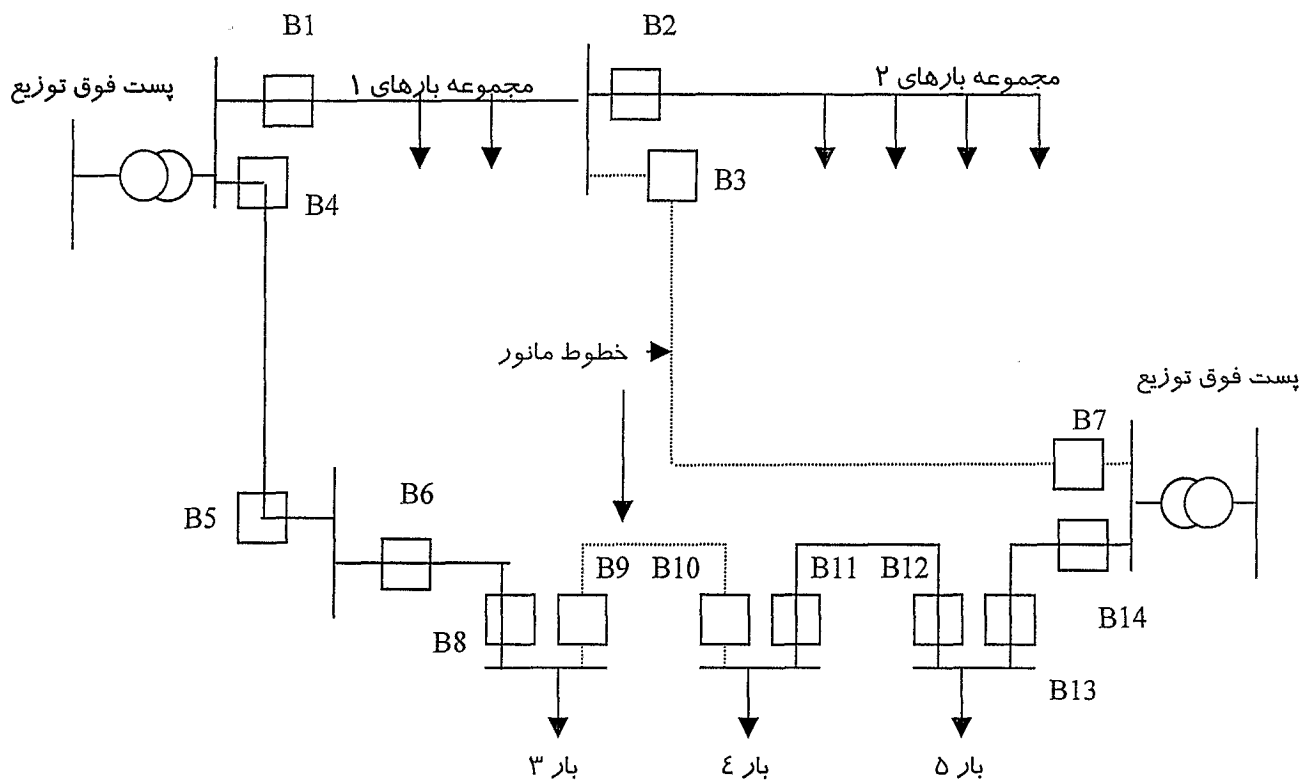
شبکه‌های توزیع نسبت به بخش تولید و انتقال از ساختار ساده‌تری برخوردار است، و علی‌رغم هزینه‌های زیادی که در آن انجام می‌گیرد هنوز نتوانسته است به لحاظ کیفی به موازات بخش‌های دیگر رشد کند. وجود تلفات بالا و عدم توجه به کنترل آن از عوامل عمده این مسئله است. در این مبحث نگاهی گذرا بر ساختار شبکه‌های توزیع خواهیم داشت و سپس عوامل ایجاد تلفات و راههای مقابله با آن را مرور می‌کنیم.

## ۲-۱ شبکه‌های توزیع

توزیع نیروی برق به عنوان مرحله نهایی از زنجیره برق عبارتست از دریافت برق از مرحله تولید یا انتقال با ولتاژی معین، تبدیل آن به ولتاژ مورد نیاز مصرف کنندگان و تامین برق آنها از طریق شبکه‌های توزیع [۱۴]. سیستم‌های توزیع، انرژی برق را از تعدادی پست فوق توزیع دریافت نموده و از طریق چندین فیدر مصرف کنندگان را تغذیه می‌کنند. عموماً دارای سطح ولتاژ بین  $0/4\text{KV}$  تا  $33\text{KV}$  بوده و بار را در مناطق جغرافیایی کاملاً تعریف شده‌ای تامین می‌کند. منطقه تغذیه شده توسط کل فیدرهای یک پست را منطقه «سرویس پست» گویند [۱۳]. شبکه توزیع توان مورد نیاز مصرف بار را از طریق خطوط فشار متوسط و ضعیف منتقل می‌کند. این خطوط به دو شکل زمینی و هوایی اند که سهم خطوط زمینی در مناطق با ساخت و سازهای مسکونی ۷۰ درصد می‌باشد [۱]. البته نسبت استفاده از این دو سیستم، به عوامل گوناگونی بستگی دارد که مسائل فنی و اقتصادی تعیین کننده نوع این استفاده است. در بخش ۱-۳ مقایسه‌ای بین این دو نوع شبکه خواهیم داشت. عملیات مانور در خطوط هوایی و زمینی به دلیل تفاوت ماهیت آنها و نیز عدم تشابه پستها، متفاوت است.

ساختار سیستم‌های توزیع بر خلاف شبکه‌های انتقال که - به دلیل افزایش قابلیت اطمینان سیستم - به صورت غربالی بهره‌برداری میشوند، بصورت حلقوی ضعیف، طراحی و ساخته می‌شوند و به شکل کاملاً شعاعی بهره‌برداری می‌شوند و این از جهت برقراری هماهنگی مناسب بین سیستم‌های حفاظتی و تجهیزات می‌باشد.

شکل (۱-۱) شمایل ساده‌ای از یک سیستم توزیع را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱) - دیاگرام تک‌خطی یک شبکه توزیع

سیستم حفاظتی آن بدین شکل است که در پست فوق توزیع یک کلید ریکلوزر به همراه رله‌های OC و EF نصب می‌شود. از فیوز cutout برای حفاظت ترانس‌های هوایی و از سکسیونر برای ترانس‌های زمینی استفاده می‌شود.

کلیدها نیز از اجزای اصلی شبکه توزیع به شمار می‌روند، و با دوهدف مورد استفاده قرار می‌گیرند: حفاظت در برابر اتصال کوتاه، و مدیریت شبکه جهت تغییر آرایش شبکه. براین اساس می‌توان کلیدها را به دو دسته تقسیم کرد [۱۷]: (الف) کلید جداساز<sup>۱</sup>، (ب) کلید مانور<sup>۲</sup>. در شرایط بهره‌برداری عادی، کلیدهای جداساز بسته، و کلیدهای مانور باز هستند. با باز نمودن کلیدهای جداساز بخشی از شبکه دچار خاموشی خواهد شد، در حالیکه با بستن کلید مانور حلقه ایجاد می‌شود.

در شکل (۱-۱) کلیدهای (B3, B7, B9, B10)، از نوع مانوری هستند و بقیه کلیدها جداسازاند. مثلاً باز کردن کلید (B2) موجب قطع مجموعه بارهای ۲ می‌گردد. در اثر بستن کلیدهای (B9, B10) یک حلقه به همراه دو پست فوق توزیع ایجاد می‌شود، که از لحاظ دیدگاه توزیع مجاز نیست.

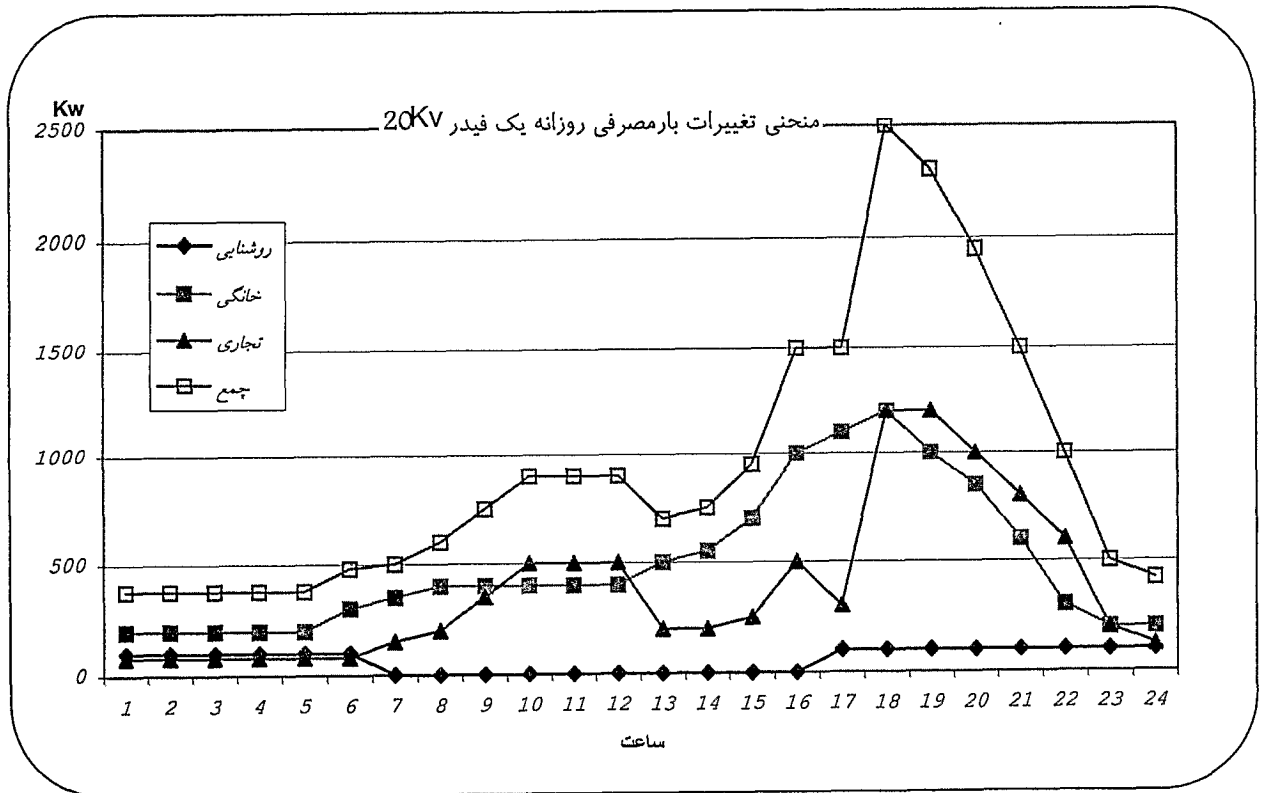
چنانکه در شکل (۱-۱) نمایش داده شده، شبکه‌های توزیع دارای چند خط مانوری<sup>۳</sup> هستند که تحت شرایط بهره‌برداری عادی از مدار خارج اند. این خطوط نقش بسزایی در بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم دارند و در شرایط مختلف و با اهداف خاصی جایگزین خطوط دیگری می‌شوند. به عنوان نمونه چنانچه در اثر وقوع خطایی در سیستم، بخشی از شبکه دچار خاموشی گردد، با باز و بسته کردن برخی از کلیدها و جدا نمودن بخش معیوب، ضمن اینکه شبکه شعاعی خواهد بود، خاموشی تا رفع کامل خط حداقل می‌شود.

فیدرهای منشعب از پستهای اصلی، بارهای متفاوتی را تغذیه می‌کنند این بارها عموماً شامل مصارف مسکونی، تجاری، صنعتی، کشاورزی و روشنایی بوده که هر یک دارای منحنی تغییرات

- 
- 1- Sectionalizing-switch
  - 2- Tie-switch
  - 3- Tie-branch

مخصوص به خود است. بعلاوه آنها دارای منحنی تغییرات روزانه و فصلی متفاوتی هستند. این تنوع مکانی و زمانی بار موجب می شود پروفیل بار از فیدری به فیدر دیگر تغییر کند و در نتیجه بارگذاری روی فیدرها نامتعادل باشد [۳۰].

در شکل (۲-۱) منحنی تغییرات یک فیدر توزیع را که سه نوع بار مسکونی، تجاری و روشنایی را تغذیه می کند ترسیم شده است [۷].



شکل (۲-۱) - منحنی تغییرات بار یک فیدر توزیع با سه نوع بار مسکونی، تجاری و

روشنایی [۷]