بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی تطبیقی پارامترهای اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده شبکه توزیع برق شهر آشتیان و یافتن علل عدم تطابق بین آن‌ها

استاد راهنما :

دکتر فرزاد رضوی - دکتر علی اصغر قدیمی

استاد مشاور:

مهندس علی اکبر بصیری

دانشجو:

پیمان صلاح

۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر،

توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند،

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های جاودانی زندگی من است،

آنان که راستی قامتم در شکستی قامتشان تجلی یافت و قنفوس جوانی شان به پای روشنی حیات من سوخت،

در برابر وجود گرامیشان زانوی ادب بر زمین می زنم و با دلی مملو از عشق، محبت و خضوع بر دستان پر مهرشان بوسه می زنم.

و

تقدیم به همسر مهربانم

که بیش از همه محبت های بی کرانش، رهین فراگیری درس بردباری بر مرارت های فرارو

از او یم و ناتوان از قدردانی، جبران آن را از

پروردگار خواستارم.

تشکر و قدردانی

وظیفه خود می‌دانم از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر فرزاد رضوی، که با نقطه نظرات سودمند و سازنده خود، اینجانب را راهنمایی نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از جناب آقای دکتر قدیمی که همچون برادری بزرگوار در طول انجام این پروژه، اینجانب را راهنمایی نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. همواره تلاش خواهم کرد تا در زندگی خصوصیات بارز ایشان همچون مهربانی و احترام به دیگران را سرلوحه کارهای خود قرار دهم. هر چند این تشکر و قدردانی اندک، قطره‌ایست در برابر دریای راهنمایی‌ها و محبت‌های ایشان.

از مهندس علی اکبر بصیری نیز که در طول پروژه از راهنمایی‌هایشان بسیار بهره بردم کمال تشکر را دارم.

در پایان بر خود واجب می‌دانم از جناب آقای دکتر همایون مشگین کلک که با دلسوزی‌های زائدالوصف خود تلاش در جهت ارتقای گروه و پیشرفت دانشجویان داشتند، جناب دکتر مجتبی پیشوایی که معلم اخلاق اینجانب در طول دوره بودند و جناب دکتر علی مددی که از محضر علمیشان بسیار استفاده نمودم کمال تشکر را داشته باشم.

از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر همایون مشکین کلک و جناب آقای دکتر مجید گندمکار که زحمت مطالعه و داوری پایان نامه حقیر را برعهده داشتند نیز، کمال تشکر را دارم.

چکیده

امروزه مهندسین برق به علت افزایش پیچیدگی‌های سیستم قدرت به استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی جهت طراحی‌هایشان روی آورده‌اند و ابزارهای شبیه‌سازی تقریباً به تنها ابزارهای فهم مشخصات دینامیکی سیستم‌ها تبدیل شده‌اند. شبکه‌های توزیع نیز از این موضوع مستثنی نیستند و امروزه جهت بررسی رفتار این سیستم‌ها از نرم‌افزارهای مختلفی استفاده می‌شود تا بتوان برنامه‌ریزی و طراحی مناسبی را در این زمینه انجام داد. با این وجود عدم تطابق نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقادیر واقعی باعث عدم اطمینان به نتایج شبیه‌سازی‌ها و شکست راهکارهای آن‌ها جهت امور گوناگونی چون حفاظت سیستم‌ها، کاهش تلفات، بهبود کیفیت توان، تعادل بار و ... شده است.

در شرکت توزیع برق استان مرکزی جمع‌آوری اطلاعات و پیاده‌سازی شبکه توزیع در نرم‌افزار Cyme از سال گذشته آغاز شده و شبکه توزیع شهر آشتیان به عنوان یکی از اوّلین مناطقی است که اطلاعات آن برداشت و شبکه‌اش وارد نرم‌افزار شده است. اما مشکلی که در این زمینه به وجود آمده است، عدم تطابق نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در شبکه ذکر شده می‌باشد. این پروژه بمنظور یافتن دلایل این عدم تطابق و ارائه راهکار در این زمینه تعریف شده است.

در این راستا، ابتدا تمامی پارامترهای مؤثر در عدم این تطابق شناسایی و در قالب دو دسته پارامترهای استاتیکی و دینامیکی معرفی شدند(این پارامترها نیز خود به سه بخش پست‌ها، خطوط و مشترکین تفکیک گردیدند). سپس میزان اثر هر یک از پارامترهای شناسایی شده در ایجاد اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی و مقادیر واقعی مورد ارزیابی قرار گرفته است و پارامترهای مؤثر در این عدم انطباق به ترتیب اهمیت معرفی شده‌اند که می‌تواند به عنوان راهنمایی برای سایر شبکه‌ها نیز باشد.

با اصلاح پارامترهای معرفی شده در مدلسازی، مشاهده می‌گردد که نتایج حاصل از شبیه‌سازی کامپیوتری و اندازه‌گیری تا حد زیادی به هم نزدیک شده و مشکل مرتفع گردیده است.

کلمات کلیدی: اعتبارسنجی شبیه‌سازی‌ها، اندازه‌گیری، الگوی رفتار بار، تلفات، شبکه‌های توزیع

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه و اهداف پروژه ۱
۱-۱ پیشگفتار ۱
۱-۲ طرح مسئله ۲
۱-۳ بررسی فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه اعتبارسنجی شبیه‌سازی‌ها ۲
۱-۴ توضیح کلی درباره فعالیت‌های صورت گرفته در این پایان‌نامه ۳
۱-۵ ساختار پایان‌نامه ۴

فصل دوم: بررسی شبکه توزیع شهر آشتیان و شرح مشکل ۵
۲-۱ آشنایی با شبکه برق آشتیان ۵
۲-۱-۱ اداره برق آشتیان ۵
۲-۱-۲ شبکه فشار متوسط آشتیان ۵
۲-۱-۲-۱ پست‌های $63kV$ شهرستان ۶
۲-۱-۲-۲ خطوط فشار متوسط ۷
۲-۱-۳ شبکه فشارضعیف شهر آشتیان ۷
۲-۱-۳-۱ پست‌های فشار ضعیف ۷
۲-۱-۳-۲ خطوط ۷
۲-۱-۳-۳ مصرف‌کننده‌ها ۸
۲-۲ شرح مشکلات موجود ۱۰
۲-۲-۱ انتخاب شبکه نمونه ۱۰
۲-۲-۲ اندازه‌گیری پارامترهای مؤثر در پست هدف ۱۳
۲-۲-۳ انجام پخش‌بار با استفاده از نرم‌افزار Cyme با اطلاعات فعلی ۱۵
۲-۲-۴ مقایسه نتایج پخش‌بار و اندازه‌گیری‌ها ۱۵
۲-۲-۵ خلاصه فصل ۱۶

فصل سوم: روش ارائه شده در این پایان‌نامه (معرفی پارامترهای تأثیرگذار در عدم تطابق نتایج) ۱۷
۳-۱ مقدمه ۱۷
۳-۲ شناسایی پارامترهای مؤثر در عدم تطابق ۱۷
۳-۳ پارامترهای استاتیکی مؤثر در عدم تطابق ۱۸
۳-۳-۱ پارامترهای استاتیکی پست‌ها ۱۸
۳-۳-۱-۱ در نظر نگرفتن کابل اتصال خروجی ترانسفورماتور به تابلو ۱۸
۳-۳-۱-۲ خطا در ورود اطلاعات ترانسفورماتور ۱۸
۳-۳-۱-۳ در نظر نگرفتن وضعیت تپ ترانسفورماتور ۲۰
۳-۳-۱-۴ ورود نادرست اطلاعات سیستم زمین ۲۰

۳-۳-۱-۵ رعایت نکردن توالی فاز بین خروجی تابلوها و سرکابل روی تیر ۲۱
۳-۳-۱-۶ عدم ورود اطلاعات صحیح کابل‌های خروجی ترانسفورماتور ۲۱
۳-۳-۲ پارامترهای استاتیکی خطوط ۲۱
۳-۳-۲-۱ خطا در تشخیص نقاط مانور ۲۱
۳-۳-۲-۲ جابجایی فازها در طول خطوط ۲۲
۳-۳-۲-۳ به روز نبودن نقشه‌ها (عدم ورود تیرهای جدید در نقشه‌ها) ۲۳
۳-۳-۲-۴ عدم تشخیص صحیح ابعاد هادی‌ها ۲۳
۳-۳-۲-۵ عدم همخوانی مقطع جامپرها با هادی‌ها ۲۳
۳-۳-۲-۶ ورود نامناسب ابعاد کابل سرویس‌ها ۲۳
۳-۳-۳ پارامترهای استاتیکی مشترکین ۲۳
۳-۳-۳-۱ عدم ورود تعداد دقیق مشترکین ۲۴
۳-۳-۳-۲ تشخیص نامناسب تعرفه مشترکین ۲۴
۳-۳-۳-۳ فازیابی نادرست مشترکین ۲۴
۳-۳-۳-۴ در نظر نگرفتن مصارف غیر رایج ۲۴
۳-۴ پارامترهای دینامیکی مؤثر در عدم تطابق ۲۶
۳-۴-۱ پارامترهای دینامیکی پست‌ها ۲۶
۳-۴-۱-۱ عدم توجه به وضعیت ولتاژ سمت اولیه ۲۶
۳-۴-۱-۲ نادیده گرفتن اثرات طول عمر ترانسفورماتور ۲۶
۳-۴-۱-۳ چشم پوشی کردن از اثرات دمای محیط ۲۶
۳-۴-۲ پارامترهای دینامیکی خطوط ۲۷
۳-۴-۲-۱ در نظر نگرفتن اثرات دمای محیط در هادی‌ها و کابل‌ها ۲۷
۳-۴-۲-۲ نادیده گرفتن اثر فرسودگی اجزا ۲۸
۳-۴-۲-۳ وجود اتصالات نامناسب و عدم مدلسازی آن ۲۹
۳-۴-۲-۴ خطا در مدلسازی صحیح خازن‌ها ۳۰
۳-۴-۲-۵ در نظر نگرفتن نشتی جریان بوسیله شاخه درختان ۳۰
۳-۴-۳ پارامترهای دینامیکی مشترکین ۳۱
۳-۴-۳-۱ عدم بالانس بار مشترکین سه‌فاز ۳۱
۳-۴-۳-۲ خطا در ورود ضریب توان بارها ۳۱
۳-۴-۳-۳ خطا در مدلسازی مصرف ماهیانه مشترکین ۳۲
۳-۴-۳-۴ شبیه‌سازی نامناسب الگوی رفتار بار ۳۲
۳-۴-۳-۵ اشتباه در مدل کردن صحیح بارها ۳۳
۳-۵ خلاصه فصل ۳۳
فصل چهارم: پیاده سازی روش ارائه شده ۳۵
۴-۱ مقدمه ۳۵
۴-۲ الگوریتم کلی به منظور یکسان‌سازی نتایج حاصل از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی ۳۵

۳-۴ اصلاح پارامترهای استاتیکی ۳۷
۴-۳-۱ پارامترهای استاتیکی پست‌ها ۳۷
۴-۳-۱-۱ کابل اتصال خروجی ترانسفورماتور به تابلو ۳۸
۴-۳-۱-۲ اطلاعات ترانسفورماتور ۳۸
۴-۳-۱-۳ تشخیص وضعیت تپ ترانسفورماتور ۳۸
۴-۳-۱-۴ اطلاعات سیستم زمین ۳۸
۴-۳-۱-۵ توالی فاز بین خروجی تابلوها و سرکابل روی تیر ۳۹
۴-۳-۱-۶ اطلاعات کابل‌های خروجی ترانسفورماتور ۴۰
۴-۳-۲ پارامترهای استاتیکی خطوط ۴۰
۴-۳-۲-۱ تشخیص نقاط مانور ۴۰
۴-۳-۲-۲ جابجایی فازها در طول خطوط ۴۱
۴-۳-۲-۳ به روزرسانی نقشه‌ها (ورود تیرهای جدید در نقشه‌ها) ۴۱
۴-۳-۲-۴ اطلاعات هادی‌های هوایی ۴۱
۴-۳-۲-۵ عدم همخوانی مقطع جامپرها با هادی‌ها ۴۲
۴-۳-۲-۶ اطلاعات کابل سرویس مشترکین ۴۲
۴-۳-۳ پارامترهای استاتیکی مشترکین ۴۲
۴-۳-۳-۱ تعداد دقیق مشترکین ۴۲
۴-۳-۳-۲ تعرفه مشترکین ۴۳
۴-۳-۳-۳ فاز تغذیه مشترکین ۴۳
۴-۳-۳-۴ مصارف غیر رایج ۴۴
۴-۴ اصلاح پارامترهای دینامیکی ۴۴
۴-۴-۱ پارامترهای دینامیکی پست‌ها ۴۵
۴-۴-۱-۱ نحوه تعیین ولتاژ سمت فشار قوی ترانسفورماتور ۴۵
۴-۴-۱-۲ پیری ترانسفورماتور ۴۶
۴-۴-۱-۳ دمای محیط ۴۶
۴-۴-۲ پارامترهای دینامیکی خطوط ۴۶
۴-۴-۲-۱ دمای محیط ۴۶
۴-۴-۲-۲ فرسودگی اجزا ۴۶
۴-۴-۲-۳ اتصالات نامناسب ۴۶
۴-۴-۲-۴ جبرانسازهای توان راکتیو ۴۷
۴-۴-۲-۵ تداخل شاخه‌های درختان با هادی‌ها ۴۸
۴-۴-۳ پارامترهای دینامیکی مشترکین ۴۸
۴-۴-۳-۱ عدم بالانس بار مشترکین سه‌فاز ۴۸
۴-۴-۳-۲ ضریب توان بارها ۴۸
۴-۴-۳-۳ چگونگی مدلسازی مصرف ماهیانه نرمالایز شده مشترکین ۴۹

۴-۴-۳-۴ چگونگی تعیین الگوی رفتار بار مشترکین ۴۹
۴-۴-۳-۴-۱ الگوی مصرف بارهای خانگی ۵۰
۴-۴-۳-۴-۲ الگوی مصرف مشترکین عمومی ۵۶
۴-۴-۳-۵ نحوه اصلاح مدل بارها ۵۸
۴-۵ خلاصه فصل ۵۹
فصل پنجم: تأثیر هر پارامتر در عدم تطابق نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری و تصحیح مدل‌ها ۶۰
۵-۱ مقدمه ۶۰
۵-۲ اشکالات مشاهده شده در شبکه نمونه ۶۰
۵-۳ مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی پس از اصلاح پارامترها ۶۷
۵-۴ مقایسه مقادیر شبیه‌سازی قبل و بعد از اصلاح پارامترها ۶۸
۵-۵ علل یکسان نشدن صددرصدی نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری ۶۹
۵-۶ بررسی حساسیت نتایج شبیه‌سازی به تغییر پارامترها ۷۰
۵-۷ تأثیر پارامترهای استاتیکی در نتایج پخش بار ۷۰
۵-۷-۱ تأثیر پارامترهای استاتیکی پست‌ها در نتایج پخش بار ۷۱
۵-۷-۱-۱ تأثیر در نظر نگرفتن کابل اتصال خروجی ترانسفورماتور به تابلو در نتایج پخش بار ۷۱
۵-۷-۱-۲ تأثیر خطا در ورود مشخصات ترانسفورماتور در نتایج پخش بار ۷۱
۵-۷-۱-۳ تأثیر تغییر وضعیت تپ ترانسفورماتور در نتایج پخش بار ۷۳
۵-۷-۱-۴ تأثیر رعایت نکردن توالی فاز بین خروجی تابلوها و سرکابل روی تیر در نتایج پخش بار ۷۴
۵-۷-۱-۵ تأثیر در نظر نگرفتن کابل اتصال خروجی تابلو به تیر ۷۴
۵-۷-۲ تأثیر پارامترهای استاتیکی خطوط در نتایج پخش بار ۷۵
۵-۷-۲-۱ تأثیر تشخیص اشتباه نقاط مانور در نتایج پخش بار ۷۶
۵-۷-۲-۲ تأثیر جابجایی فازها در طول خطوط در نتایج پخش بار ۷۶
۵-۷-۲-۳ تأثیر عدم تشخیص صحیح ابعاد هادی‌ها در نتایج پخش بار ۷۷
۵-۷-۲-۴ تأثیر عدم همخوانی مقطع جامپرها با هادی‌ها در نتایج پخش بار ۷۸
۵-۷-۲-۵ تأثیر تغییر در ابعاد کابل سرویس‌های مشترکین در نتایج پخش بار ۷۹
۵-۷-۳ تأثیر پارامترهای استاتیکی مشترکین در نتایج پخش بار ۷۹
۵-۷-۳-۱ تأثیر خطا در ورود تعداد دقیق مشترکین در نتایج پخش بار ۷۹
۵-۷-۳-۲ تأثیر خطا در تشخیص تعرفه مشترکین در نتایج پخش بار ۸۰
۵-۷-۳-۳ تأثیر خطا در فازیابی دقیق مشترکین در نتایج پخش بار ۸۱
۵-۷-۳-۴ تأثیر در نظر نگرفتن مصارف غیر رایج در نتایج پخش بار ۸۳
۵-۸ تأثیر پارامترهای دینامیکی در نتایج پخش بار ۸۳
۵-۸-۱ تأثیر پارامترهای دینامیکی پست‌ها در نتایج پخش بار ۸۳
۵-۸-۱-۱ تأثیر تغییر ولتاژ سمت فشار قوی ترانسفورماتور در نتایج پخش بار ۸۴
۵-۸-۱-۲ تأثیر نادیده گرفتن اثر طول عمر ترانسفورماتور در نتایج پخش بار ۸۴
۵-۸-۱-۳ تأثیر چشم‌پوشی کردن از اثرات دمای محیط روی ترانسفورماتور در نتایج پخش بار ۸۴

۵-۸-۲ تأثیر پارامترهای دینامیکی خطوط در نتایج پخش بار ۸۴
۵-۸-۲-۱ تأثیر اثرات دمای محیط روی خطوط در نتایج پخش بار ۸۵
۵-۸-۲-۲ تأثیر فرسودگی خطوط در نتایج پخش بار ۸۵
۵-۸-۲-۱-۱ تأثیر فرسودگی کابل‌ها در نتایج پخش بار ۸۵
۵-۸-۲-۲-۲ تأثیر فرسودگی سیم‌ها در نتایج پخش بار ۸۶
۵-۸-۲-۳ تأثیر اتصالات سست در نتایج پخش بار ۸۷
۵-۸-۲-۴ تأثیر جبرانسازهای توان راکتیو در نتایج پخش بار ۸۷
۵-۸-۲-۵ تأثیرجریان نشتی ایجاد شده به وسیله شاخه درختان در نتایج پخش بار ۸۷
۵-۸-۳ تأثیر پارامترهای دینامیکی مشترکین در نتایج پخش بار ۸۷
۵-۸-۳-۱ تأثیر عدم بالانس بار مشترکین سه فاز در نتایج پخش بار ۸۸
۵-۸-۳-۲ تأثیر تغییر ضریب توان در نتایج پخش بار ۸۸
۵-۸-۳-۳ تأثیر مدلسازی اشتباه مصرف مشترکین در نتایج پخش بار ۸۹
۵-۸-۳-۴ تأثیر الگوی رفتار بار نامناسب در نتایج پخش بار ۹۰
۵-۸-۳-۵ تأثیر مدل بارها در نتایج پخش بار ۹۱
۵-۹ خلاصه فصل ۹۲
۶ فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۴
۶-۱ نتیجه‌گیری ۹۴
۶-۱-۱ پارامترهای مؤثر در عدم تطابق ۹۴
۶-۱-۲ تحلیل حساسیت نتایج شبیه‌سازی ۹۵
۶-۲ پیشنهاد برای ادامه کار ۹۶
۷ فهرست مراجع و مآخذ ۹۷
۸ پیوست‌ها ۹۹
۸-۱ معرفی پست‌های شبکه آشتیان ۹۹
۸-۲ آشنایی با دیتالاگرهای نصب شده در شبکه ۱۰۲
۸-۳ تقسیم بندی مصارف عمومی مطابق با آئین نامه: ۱۰۴
۸-۴ تعدادی از نرم‌افزارهای موجود جهت تحلیل شبکه‌های قدرت ۱۰۵
۸-۵ آشنایی با نرم‌افزار Cyme ۱۰۷
۸-۵-۱ معرفی نرم‌افزارهای خانواده Cyme ۱۰۷
۸-۵-۲ خلاصه مزایای نرم‌افزار Cyme نسبت به نرم‌افزارهای دیگر ۱۰۷
۸-۵-۳ معرفی و بررسی کلی نرم‌افزار Cymdist ۱۰۸
۸-۵-۴ پیاده سازی شبکه نمونه ۱۰۹
۸-۵-۵ ورود و حذف تجهیزات از شبکه توزیع ۱۱۰
۸-۵-۶ نحوه به روزرسانی شبکه ۱۱۰
۸-۵-۷ نحوه گزارش‌گیری و مشاهده خروجی‌ها ۱۱۰

۸-۵-۸ محاسبات افت ولتاژ ۱۱۳
۸-۶ اطلاعات مورد نیاز در خصوص پست‌ها ۱۱۵
۸-۶-۱ تقسیم بندی ترانسفورماتورها از نظر سیستم خنک کننده، ساختمان و قدرت ۱۱۵
۸-۶-۱-۱ تقسیم بندی ترانسفورماتورها از نقطه نظر سیستم خنک کننده ۱۱۵
۸-۶-۱-۲ تقسیم‌بندی ترانسفورماتورها از نظر ساختمان و قدرت ۱۱۵
۸-۶-۲ تشخیص ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع شرکت ایران‌ترانسفو از روی شکل ظاهری ۱۱۵
۸-۶-۳ مشخصات فنی ترانسفورماتورهای توزیع شرکت ایران ترانسفو ۱۱۶
۸-۶-۴ آشنایی با سیستم زمین پست‌های $20kV$ ۱۱۷
۸-۷ لینک اطلاعات بین billing و فایل دیتابیس cyme ۱۱۸
۸-۸ اطلاعات نرمالیزه شده مصرف ۶ ماهه نخست سال ۸۹ مشترکین پست مورد مطالعه ۱۲۰

فهرست جداول

جدول۲-۱: فیدرهای پست گرکان ۶
جدول۲-۲: فیدرهای پست کمپکت مزرعه نو ۶
جدول۲-۳: مشترکین شهری به تفکیک نوع بار ۸
جدول۲-۴: طبقه بندی پست‌های آشتیان از نظر نوع بار ۹
جدول۲-۵: تعداد مشترکین به تفکیک فاز در فیدرهای پست مورد مطالعه ۱۲
جدول۲-۶: مشخصات مشترکین سه فاز در فیدرهای پست مورد مطالعه ۱۲
جدول۲-۷: نتایج پخش‌بار از شبکه مورد مطالعه قبل از اصلاح پارامترها ۱۵
جدول۲-۸: مقایسه نتایج حاصل از پخش‌بار و اندازه‌گیری در شبکه مورد مطالعه ۱۵
جدول۳-۱: تغییر ظرفیت ترانسفورماتورها در اثر افزایش دما ۲۷
جدول۳-۲: تغییر مقاومت سیم‌ها و کابل‌ها در اثر فرسودگی ۲۹
جدول۳-۳: تغییر مقاومت اتصالات در اثر شل شدن ۳۰
جدول۴-۱: قبض برق خوانده شده یک مشترک ۴۹
جدول۴-۲: قبض برق نرمالیزه شده به ساعت ۱۲ روز اول هر ماه ۴۹
جدول۴-۳: مقدارK به دست آمده برای دو روز نمونه ۵۵
جدول۴-۴: متوسط، ماکزیمم و مینیمم توان مشترک نماینده در دو روز تعطیل و غیر تعطیل ۵۵
جدول۴-۵: مصارف ساعتی یک، تک مشترک با داشتن قبض ماهانه و الگوی مصرف بدست آمده ۵۶
جدول۵-۱: تفاوت‌های مشاهده شده بین شبکه واقعی و مدل نرم‌افزاری ۶۱
جدول۵-۲: طول و ضخامت واقعی کابل‌ها از ترانسفورماتور تا سر تیر ۶۲
جدول۵-۳: تغییر مشخصات سیم‌ها به مقدار استاندارد ۶۲
جدول۵-۴: معرفی مشترکین غیر خانگی در پست مورد مطالعه ۶۳
جدول۵-۵: مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژها در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور در حالت بارداری و بی‌باری ۶۴
جدول۵-۶: تغییر مقاومت سیم‌ها در اثر فرسودگی ۶۴
جدول۵-۷: تغییر مقاومت کابل‌ها در اثر فرسودگی ۶۴
جدول۵-۸: جریان فازهای مشترکین سه‌فاز پر مصرف ۶۵
جدول۵-۹: مقایسه نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری بعد از اصلاح پارامترها در پیک بار سه‌شنبه ۸۹/۴/۱۵ ۶۷
جدول۵-۱۰: مقایسه نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری بعد از اصلاح پارامترها در پیک بار جمعه ۸۹/۴/۱۱ ۶۷
جدول۵-۱۱: مقایسه خطا بین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری قبل و بعد از اصلاح پارامترها در کلید مادر ۶۸
جدول۵-۱۲: مقایسه خطا بین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری قبل و بعد ازاصلاح پارامترها در فیدراداره‌برق ۶۸
جدول۵-۱۳: مقایسه خطا بین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری قبل و بعد ازاصلاح پارامترها در فیدرکوهپایه ۶۹
جدول۵-۱۴: مقایسه خطا بین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری قبل و بعد از اصلاح پارامترها در فیدر مدرسه ۶۹
جدول۵-۱۵: نتایج پخش‌بار با در نظر نگرفتن کابل خروجی ترانسفورماتور تا کلید در نتایج پخش بار ۷۱
جدول۵-۱۶: نتایج پخش‌بار با تغییر ظرفیت ترانسفورماتور ۷۲
جدول۵-۱۷: نتایج پخش‌بار با تغییر نسبت X_1 به R_1 ۷۲

جدول۵-۱۸: نتایج پخش‌بار با تغییر تلفات بی‌باری ترانسفورماتور ۷۳
جدول۵-۱۹: نتایج پخش‌بار با تغییر تپ ترانسفورماتور ۷۳
جدول۵-۲۰: نتایج پخش‌بار با تغییر فاز a و c ترانسفورماتور در فیدر کوهپایه ۷۴
جدول۵-۲۱: نتایج پخش‌بار با تغییر طول کابل‌های ارتباط دهنده ترانسفورماتور تا سر تیر ۷۵
جدول۵-۲۲: نتایج پخش‌بار با تغییرابعاد کابل ارتباط دهنده ترانسفورماتور تا سر تیرکوهپایه ۷۵
جدول۵-۲۳: نتایج پخش‌بار با تغییر نقاط مانور ۷۶
جدول۵-۲۴: نتایج پخش‌بار با تغییر نقاط چرخش فاز ۷۷
جدول۵-۲۵: نتایج پخش‌بار با تغییر مقاومت سیم‌ها به مقدار استاندارد ۷۷
جدول۵-۲۶: نتایج پخش‌بار در اثر تغییر ابعاد سیم‌ها ۷۸
جدول۵-۲۷: نتایج پخش‌بار در اثر وجود جامپرهایی با مقاطعی متفاوت از هادی‌ها ۷۸
جدول۵-۲۸: نتایج پخش‌بار با تغییر ابعاد کابل سرویس مشترکین ۷۹
جدول۵-۲۹: نتایج پخش‌بار با حذف ۶ مشترک ۸۰
جدول۵-۳۰: نتایج پخش‌بار با حذف ۱۲ مشترک ۸۰
جدول۵-۳۱: نتایج پخش‌بار با اصلاح تعرفه مشترکین ۸۱
جدول۵-۳۲: نتایج پخش‌بار با تغییر فاز ۶ مشترک ۸۲
جدول۵-۳۳: نتایج پخش‌بار با تغییر فاز ۲۹ مشترک در فیدر کوهپایه ۸۲
جدول۵-۳۴: نحوه تغییر فاز ۲۹ مشترک در فیدر کوهپایه ۸۳
جدول۵-۳۵: نتایج پخش‌بار با تغییر ولتاژ سمت فشار قوی ترانسفورماتور ۸۴
جدول۵-۳۶: نتایج پخش‌بار با تغییر مقاومت سیم‌ها در اثر دمای محیط ۸۵
جدول۵-۳۷: نتایج پخش‌بار با در نظر گرفتن اثر پیری کابل‌ها ۸۶
جدول۵-۳۸: نتایج پخش‌بار با تغییر مقاومت سیم‌ها در اثر فرسودگی ۸۶
جدول۵-۳۹: نتایج پخش‌بار در اثر حذف خازن ۸۷
جدول۵-۴۰: نتایج پخش‌بار در اثر تأثیر دادن عدم بالانس بار بین فازهای مشترکین ۸۸
جدول۵-۴۱: نتایج پخش‌بار با تغییر ضرایب توان ۸۹
جدول۵-۴۲: نتایج پخش‌بار با ورود مصرف ماهیانه دو ماه متفاوت ۸۹
جدول۵-۴۳: نتایج پخش‌بار با الگوهای رفتار بار متفاوت ۹۱
جدول۵-۴۴: نتایج پخش‌بار با تغییر مدل بار ۹۱
جدول۵-۴۵: نتایج پخش‌بار با تغییر ولتاژ سمت فشار قوی ترانسفورماتور در مدل‌های مختلف بار ۹۲
جدول۸-۱: پست‌های شهر آشتیان ۹۹
جدول۸-۲: مشخصات دیتالاگرهای شبکه آشتیان ۱۰۲
جدول۸-۳: نحوه تشخیص ترانسفورماتورها از روی شکل ظاهریشان ۱۱۶
جدول۸-۴: مشخصات فنی ترانسفورماتورهای توزیع شرکت ایران‌ترانسفو ۱۱۶
جدول۸-۵: مصرف شش ماهه نخست سال ۸۹ مشترکین پست مورد مطالعه ۱۲۰

فهرست شکل‌ها

شکل۲-۱ : شمای مداری دو ساختار ۷
شکل۲-۲ : نمونه‌های واقعی دو ساختار ۸
شکل۲-۳ : نقشه کلی پست هدف در Cyme ۱۱
شکل۲-۴: پست مورد مطالعه ۱۲
شکل۲-۵: موقعیت کلیدهای تابلوی پست هوایی دشت ۱۳
شکل۲-۶ : خروجی‌های دیتالاگرهای استفاده شده در پست هدف ۱۴
شکل۲-۷ : خروجی‌های دیتالاگر نصب شده در کلید مادر، در دو روز تعطیل و غیرتعطیل در تیر ماه ۱۴
شکل۳-۱ : انواع اتصال ترانسفورماتورهای سه‌فاز ۱۹
شکل۳-۲ : نقطه مانور شبکه ۲۲
شکل۳-۳ : شمای مداری چرخش فاز در شبکه ۲۲
شکل۳-۴ : مشکل چرخش فاز در شبکه ۲۲
شکل۳-۵ : تشخیص فاز اتصال مشترکین ۲۴
شکل۳-۶ : نمونه‌ای از روشنایی غیر رایج ۲۵
شکل۳-۷ : نمونه‌ای از کنتورهای موقت در شبکه ۲۵
شکل۳-۸ : نمونه‌ای از تداخل شاخه‌های درختان با هادی‌ها ۳۱
شکل۳-۹ : تغییرات ضریب توان در طول یک شبانه روز ۳۲
شکل۳-۱۰ : پارامترهای تأثیرگذار در عدم تطابق نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری ۳۴
شکل۴-۱: فلوچارت کلی به منظور یکسان‌سازی نتایج حاصل از اندازه‌گیری و شبیه‌سازی ۳۶
شکل۴-۲: اصلاح پارامترهای استاتیکی ۳۷
شکل۴-۳: نحوه اصلاح تپ ترانسفورماتور در نرم‌افزار ۳۸
شکل۴-۴: نحوه ورود مقاومت زمین پست در نرم‌افزار ۳۹
شکل۴-۵: تغییر فازهای a و c در یک فیدر نمونه ۳۹
شکل۴-۶: نحوه یافتن یک تجهیز جدید، جهت افزودن به شبکه ۴۰
شکل۴-۷: اصلاح نقاط مانور ۴۱
شکل۴-۸ : اصلاح ابعاد هادی‌های هوایی ۴۲
شکل۴-۹: اصلاح فاز مشترکین از محیط Cyme ۴۳
شکل۴-۱۰: ساخته شدن مشترکین اضافه در اکسس، به روش اصلاح فاز مشترکین در Cyme ۴۳
شکل۴-۱۱: نتیجه اصلاح فاز مشترکین از طریق فایل اکسس ۴۴
شکل۴-۱۲: اصلاح پارامترهای دینامیکی ۴۵
شکل۴-۱۳: مشخصات پست ۲۰ کیلوولت استفاده شده در نرم‌افزار ۴۵
شکل۴-۱۴ : تعریف یک خازن جدید در شبکه ۴۷
شکل۴-۱۵ : اصلاح مشخصات خازن تعریف شده ۴۷
شکل۴-۱۶: منحنی بار دو مشترک خانگی در دو روز مختلف از روی اطلاعات ثبت شده از لاگر ۵۱

شکل۴-۱۷: منحنی بار کلید مادر با روشنایی معابر و بدون روشنایی معابر ۵۲
شکل۴-۱۸: منحنی بار به دست آمده برای مشترکین در دو ماه مختلف ۵۳
شکل۴-۱۹: محاسبه تقریبی انرژی مصرفی مشترکین در طول یک شبانه روز ۵۳
شکل۴-۲۰: فلوچارت تعیین الگوی بار مشترک نمونه ۵۴
شکل۴-۲۱: فلوچارت محاسبه تقریبی انرژی مصرفی مشترکین در طول یک شبانه روز ۵۵
شکل۴-۲۲: الگوی رفتار بار تک مشترک خانگی در دو روز تعطیل و غیر تعطیل در تیرماه ۵۶
شکل۴-۲۳: منحنی مصرف یک مشترک اداری در طول یک هفته ۵۷
شکل۴-۲۴: منحنی مصرف یک مشترکین اداری در یک روز کاری ۵۷
شکل۴-۲۵: منحنی الگوی مصرف مصلای اراک در طول هفته و روز جمعه ۵۸
شکل۴-۲۶: نحوه اصلاح مدل بارها در نرم‌افزار ۵۸
شکل۵-۱ : موقعیت خازن مشاهده شده در شبکه ۶۵
شکل۵-۲: نمونه‌ای ازکنتورهای سه فار پلمپ شده ۶۵
شکل۵-۳: منحنی توان و ضریب توان به دست آمده از لاگر فیدرکوهپایه ۶۶
شکل۵-۴: الگوی رفتار بار مشترکین خانگی در شبکه مورد مطالعه در آشتیان در دو فصل مختلف ۹۰
شکل۵-۵: مقایسه الگوی رفتار بار مشترکین خانگی درآشتیان و اراک در فصل پاییز ۹۰
شکل۸-۱: تابلوهای نصب شده در پست هدف جهت قرارگرفتن لاگرها ۱۰۳
شکل۸-۲: محیط کلی نرم‌افزار Cymdist ۱۰۹
شکل۸-۳: نحوه به روزرسانی نرم‌افزار Cymdist ۱۱۰
شکل۸-۴: نمونه‌ای از گزارش افت ولتاژ ۱۱۱
شکل۸-۵: پنجره Result Box ۱۱۱
شکل۸-۶: تنظیمات نوار وضعیت ۱۱۲
شکل۸-۷: پنجره Display option بخش تعریف لایه جدید Tooltip ۱۱۲
شکل۸-۸: انتخاب کلمات کلیدی از پنجره Keyword Selection ۱۱۳
شکل۸-۹: انتخاب فیدر و نوع محاسبات در پنجره Network Calculation ۱۱۳
شکل۸-۱۰: تفاوت ظاهری ترانسفورماتورهای ساخت شرکت ایران ترانسفو ۱۱۶
شکل۸-۱۱: ارتباط دو جدول در Query ۱۱۸
شکل۸-۱۲: تبدیل Query به table ۱۱۹

فصل اول

مقدمه و اهداف پروژه

۱-۱ پیشگفتار

تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریسیته سه مرحله پیاپی برق‌رسانی به مصرف‌کننده‌ها می‌باشند. در این میان در حالی که توجه زیادی به واحدهای تولید توان الکتریکی و خطوط انتقال انرژی می‌شود، سیستم توزیع انرژی الکتریکی مورد توجه کمتری قرار گرفته است. دلیل اصلی این بی‌توجهی عبور مقدار زیاد توان از یک خط انتقال انرژی در مقایسه با یک خط توزیع انرژی است. این مسئله باعث می‌شود که قطع یک خط انتقال، منطقه وسیعی را دچار خاموشی کند در صورتی که قطع یک خط توزیع انرژی، بخش کوچکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و قابل توجه نیست. این در حالی است که بخش قابل توجهی از تلفات کل سیستم برق رسانی مربوط به شبکه توزیع است. بر اساس آمارهای ارائه شده بین ۵ تا ۱۳ درصد از کل انرژی تولیدی، در سرتاسر شبکه برق به صورت تلفات از دست می‌رود[۱]. در این میان سهم شبکه توزیع بیش از بخش‌های دیگر است و حدود ۷۵ درصد تلفات را شامل می‌شود[۲]. پس باید توجه کارشناسان و محققین به مسائل فنی این بخش بیشتر معطوف گردد.

از طرفی امروزه مهندسین برق به علت افزایش پیچیدگی‌های سیستم قدرت به طور زیادی به ابزارهای شبیه‌سازی جهت طراحی‌هایشان استناد می‌کنند و ابزارهای شبیه‌سازی تقریباً تنها ابزارهای فهم مشخصات دینامیکی سیستم‌ها شده‌اند. شبکه‌های توزیع نیز از این موضوع مستثنی نیستند و امروزه جهت بررسی رفتار این سیستم‌ها از نرم‌افزارهای مختلفی استفاده می‌شود تا بتوان برنامه‌ریزی و طراحی مناسبی را در این زمینه انجام داد. این نرم‌افزارها این امکان را فراهم می‌کنند تا بتوان مقادیر ولتاژ و جریان را در هر نقطه از شبکه در اختیار داشته و بتوان در جهت کاهش تلفات، متعادل‌سازی شبکه، افزایش قابلیت اطمینان و افزایش کیفیت توان قدم‌هایی برداشت.

مسئله مهم هنگام بکارگیری نرم‌افزارها، جمع‌آوری دقیق اطلاعات و مدلسازی دقیق شبکه در نرم‌افزار و هم‌چنین استفاده از نرم‌افزار استاندارد و قابل اطمینان می‌باشد. با داشتن این پارامترها امکان انجام مطالعات فنی دقیق و ارتقا سیستم به وجود خواهد آمد.

۱-۲ طرح مسئله

در راستای بهبود مشخصات فنی شبکه و نیل به یک شبکه قابل اعتماد و با حداقل تلفات، گروه مطالعات سیستم شرکت توزیع برق استان مرکزی اقدام به جمع‌آوری اطلاعات دقیق شبکه توزیع نموده است. نرم‌افزار مطالعات شبکه Cyme که یکی از معروف‌ترین و قابل‌ترین نرم‌افزارها در تحلیل شبکه‌های توزیع می‌باشد توسط شرکت خریداری و اطلاعات شبکه در آن وارد شده است. اما مشکلی که در این زمینه به وجود آمده این است که در شبکه توزیع شهر آشتیان (به عنوان پایلوت[۱] استان)، نتایج حاصل از شبیه‌سازی (خروجی‌های حاصل از پخش بار) نرم‌افزار Cyme و اندازه‌گیری (نتایج حاصل از دیتالاگرهای[۲] نصب شده در فیدرهای خروجی ترانسفورماتورها)، با هم یکی نیستند و گاهی تفاوت‌های بسیار فاحشی بین آن‌ها دیده می‌شود. این مسئله باعث می‌شود که نتوان به نتایج نرم‌افزار (که هزینه‌های بسیاری بابت تهیه آن شده است) اعتماد کرد. از این‌رو مطالعات سیستم، قابل اعمال در شبکه واقعی نخواهد بود.

برای حل مشکل یعنی یافتن دلایل اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده و ارائه راهکار جهت حل آن‌ها پروژه جاری تعریف و با همکاری دانشگاه و متخصصین شرکت توزیع به انجام رسید. انجام این پروژه علاوه بر حل مشکل مذکور، باعث تقویت دانش فنی سیستم توزیع در دانشگاه نیز خواهد شد. چرا که بخش دانشگاهی توجه کمتری به مسائل سیستم توزیع دارد.

۱-۳ بررسی فعالیت‌های صورت گرفته در زمینه اعتبارسنجی شبیه‌سازی‌ها

امروزه مهندسین برق به علت افزایش پیچیدگی‌های سیستم قدرت به استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی جهت طراحی‌هایشان روی آورده‌اند و ابزارهای شبیه‌سازی تقریباً به تنها ابزارهای فهم مشخصات دینامیکی سیستم‌ها تبدیل شده‌اند. شبکه‌های توزیع نیز از این موضوع مستثنی نیستند و امروزه جهت بررسی رفتار این سیستم‌ها از نرم‌افزارهای مختلفی استفاده می‌شود تا بتوان برنامه‌ریزی و طراحی مناسبی را در این زمینه انجام داد. با این وجود عدم تطابق نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقادیر واقعی باعث عدم اطمینان به نتایج شبیه‌سازی‌ها و شکست راهکارهای آن‌ها جهت امور گوناگونی چون حفاظت سیستم‌ها، کاهش تلفات، بهبود کیفیت توان، تعادل بار و ... شده است.

این موضوع بعد از خاموشی سراسری سال ۱۹۹۶ که در شمال‌غرب آمریکا اتفاق افتاد بیشتر مطرح شد و برای این منظور مطالعاتی تحت عنوان اعتبارسنجی شبیه‌سازی‌ها در خطوط انتقال به انجام رسید[۳]. اما از آن‌جایی که به علت پیچیدگی و بزرگی سیستم قدرت و وجود مؤلفه‌ها و تجهیزات بسیار زیاد امکان تحلیل‌ها بسیار مشکل بود، راهکارهایی ارائه شد تا سیستم قدرت به زیرسیستم‌هایی تبدیل شود تا اعتبارسنجی شبیه‌سازی به مناطق کوچکتری با تعداد تجهیزات کمتر محدود و یافتن پارامترهای مؤثر در عدم تطابق نتایج ساده‌ترگردد. برای این منظور در شبیه‌سازی‌ها قسمت‌های حذف شده شبکه با یک شیفت‌دهنده فاز ایده‌آل[۴] و [۵]، یک ژنراتور سنکرون بزرگ که به صورت یک منبع ولتاژ ثابت استفاده می‌شود[۶] و یا یک امپدانس متغیر که مقدار آن توسط اندازه‌گیری‌های بهنگام تنظیم می‌شود جایگزین گردید[۷]. ایراد دو روش اول در این است که

---

[۱] Pilot

[۲] Data logger

مؤلفه‌های دینامیکی به سیستم مدلسازی شده اضافه می‌کنند و پارامترهای این تجهیزات اضافه شده، خود روی درستی شبیه‌سازی‌ها تأثیر می‌گذارند. روش ارائه شده در مرجع [۷] نیز در شبکه‌های توزیع به علت نبود وسایل اندازه‌گیری آنلاین[۱] یا به‌هنگام قابل استفاده نیست. لذا در شبکه‌های توزیع که شعاعی بوده و حذف یک پست تأثیری در سایر بخش‌های شبکه ندارد، می‌توان جهت انجام مطالعات، یک قسمت از شبکه را (یک پست فشار ضعیف به همراه تمامی فیدرها) از کل شبکه جدا کرده تا شبکه کوچکتر شده و یافتن پارامترهای تأثیرگذار در اختلاف نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری ساده‌تر شود. تنها نکته‌ای که در این جداسازی باید مدنظر قرار گیرد این است که ولتاژ سمت فشار قوی ترانسفورماتور، به یک منبع ولتاژ (ولتاژ تونن) وصل شود که مقدار آن هم برابر ولتاژ فاز به فاز سمت فشار قوی ترانسفورماتور در حالت بی‌باری باشد. اضافه نمودن یک منبع ولتاژ مشکلی را که اضافه کردن ژنراتور سنکرون (با اضافه کردن مؤلفه‌های دینامیکی به سیستم مدلسازی شده) در خطوط انتقال ایجاد می‌نمود، نخواهد کرد.

۱-٤ توضیح کلی درباره فعالیت‌های صورت گرفته در این پایان‌نامه

مطابق آنچه گفته شد هدف این پروژه یافتن دلایل عدم تطبیق نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در شبکه توزیع شهر آشتیان می‌باشد. اطلاعات این شبکه جمع‌آوری شده و در نرم‌افزار و همینطور سیستم اطلاعات جغرافیایی[۲] موجود است، اما نیاز به بازبینی دارد. در این پروژه جهت حل مشکل کارهای زیر انجام شده است:

ابتدا با انتخاب قسمتی از شبکه که مناسب برای تحلیل و نتیجه‌گیری باشد، مقایسه بین نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری انجام شده و میزان انحراف معلوم شده است. در ادامه، پارامترهای مؤثر در این انحراف شناسایی و در دو طبقه پارامترهای استاتیکی و دینامیکی، قرار گرفته‌اند. در مرحله بعد نحوه تشخیص این پارمترها و چگونگی تصحیح آن‌ها در نرم‌افزار ارائه شده است. سرانجام تحلیل حساسیت انجام شده و میزان اثرگذاری هر یک از پارامترها در انحراف نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری معلوم شده است.

در نهایت و با انجام این پروژه اهداف زیر حاصل خواهد گردید:

- ✓ *تکمیل اطلاعات شبکه موجود*
- ✓ *مدلسازی دقیق شبکه توزیع*
- ✓ *تحلیل سیستم موجود و یافتن اشکالات موجود در شبیه‌سازی‌ها و نتایج عملی*
- ✓ *واقعی شدن گزارشات گرفته شده از نرم‌افزار و تطابق آن با مقادیر واقعی شبکه*
- ✓ *ارائه دستورالعمل و گزارش مهندسی مستند و متکی به مطالعات میدانی از شبکه برق شهر آشتیان و راهنمایی برای سایر شبکه‌ها*

[۱] Online
[۲] GIS

۱-۵ ساختار پایان‌نامه

با توجه به اهداف تعیین شده برای پایان نامه، گزارش پیش‌رو در شش فصل ارائه گردیده است. در فصل جاری کلیاتی در مورد موضوع پروژه، مروری بر فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در زمینه موضوع تحقیقاتی ارائه شده است، در فصل دوم ابتدا شبکه آشتیان، که شبکه مورد مطالعه در این پروژه می‌باشد معرفی و مشکل پیش آمده در پروژه به صورت واضح با مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اندازه‌گیری تشریح خواهد شد. در فصل سوم به معرفی و دسته‌بندی دقیق تمام پارامترهای مؤثر در عدم تطابق نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری پرداخته شده است.

نحوه تشخیص دلایل ایجاد خطا و الگوریتم‌های لازم جهت اعمال روش‌های پیشنهادی به شبکه، در فصل چهارم ارائه شده است. در فصل پنجم ابتدا در شبکه نمونه تحت مطالعه تمامی مشکلات یافت شده معرفی و با اعمال آن‌ها میزان نزدیک شدن نتایج به یکدیگر بررسی می‌شود. سپس با تغییر یک به یک متغیرها و پارامترهای مؤثر میزان اثرگذاری هر یک از آن‌ها در نتایج پخش بار به دست خواهد آمد. سرانجام در فصل ششم نتایج حاصل از تحقیق ارائه و پیشنهاداتی برای ادامه کار ارائه خواهد شد.

فصل دوم

بررسی شبکه توزیع شهر آشتیان و شرح مشکل

۲-۱ آشنایی با شبکه برق آشتیان

آشتیان یکی از شهرهای استان مرکزی و مرکز شهرستان آشتیان است. این شهر در موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه خاوری و ۳۴ درجه و ۳۱دقیقه پهنای شمالی قرار دارد. وسعت این شهرستان ۱۳۴۸ کیلومتر مربع می‌باشد و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۰۹۰ متر می‌باشد. جمعیت این شهرستان ۲۱۱۵۰ نفر می‌باشد، که از این تعداد ۱۰۶۸۳ در روستاها و ۱۰۴۶۷ نفر در شهر آشتیان زندگی می‌کنند. این شهر در منطقه‌ای سردسیر در حاشیه کوه‌های اراک و مشرف به ارتفاعات زاگرس از طرف غرب واقع گشته است. بالاترین دما در این شهر ۴۷ و کمترین دمای این شهر ۲۰- درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین میانگین سالیانه تعداد روزهای یخبندان در این شهر ۹۵ روز است[۸].

۲-۱-۱ اداره برق آشتیان

اداره برق این شهر عهده‌دار تعمیرات، نگه‌داری و بهره‌برداری شبکه توزیع (شامل خطوط ۲۰ کیلوولت و فشار ضعیف از خروجی پست‌های ۶۳ کیلوولت به ۴۰۰ ولت تا مشترکین) می‌باشد. تعداد پرسنل آن ۲۲ نفر بوده که ۱۷ نفر آن‌ها پرسنل خدماتی بوده (شرکتی) و ۵ نفر آن‌ها پرسنل رسمی (استخدام رسمی) می‌باشند، که از این تعداد ۳ نفر در قسمت بهره برداری، ۸ نفر به عنوان سیم‌بان، دو نفر در قسمت مشترکین، یک نفر به عنوان مأمور نصب کنتور و یک نفر به عنوان مأمور قرائت و مابقی در سایر قسمت‌های اداری مشغول به کار هستند[۹]. مناطق تحت پوشش این اداره شامل شهر آشتیان و ۳۱ روستای تابعه با طول شبکه ۲۸۰ کیلومتر می‌باشد[۱۰].

۲-۱-۲ شبکه فشار متوسط آشتیان

منظور از شبکه فشار متوسط، خطوط و ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت می‌باشد که از پست‌های $63/20kV$ شروع شده و تا پست‌های فشار ضعیف ادامه یافته است.