دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

شماره پایان نامه : ۹۳۳۱۸۰۲

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش قدرت

عنوان :

بازآرایی شبکه‌ی توزیع به‌منظور بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات توان

استاد راهنما:

دکتر محسن صنیعی

استاد مشاور:

دکتر الهه مشهور

نگارنده :

حمید مظلومی ۹۱۳۱۸۰۳

بهمن ماه سال۱۳۹۳

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه دکتری / ارشد)

پایان‌نامه آقای حمید مظلومی دانشجوی رشته: مهندسی برق گرایش: قدرت

دانشکده مهندسی به شماره دانشجویی ۹۱۳۱۸۰۳

با عنوان :

بازآرایی شبکه‌ی توزیع به‌منظور بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات توان

جهت اخذ مدرک :کارشناسی ارشد در تاریخ : ۱۳۹۳/۱۱/۵ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

	رتبه علمی	امضاء
۱. اعضا ی هیأت داوران :		
استاد راهنما: دکتر محسن صنیعی	استادیار	.....
استاد مشاور: دکتر الهه مشهور	استادیار	.....
استاد داور: دکتر سید سعیداله مرتضوی	دانشیار	.....
استاد داور: دکتر رضا کیانی‌نژاد	دانشیار	.....
نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر محمد رضا صفاریان	استادیار	.....
۲. مدیرگروه: دکتر ابراهیم فرشیدی	دانشیار	.....
۳. معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر علی حقیقی	دانشیار	.....
۴. مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر عبدالرحمن راسخ	استاد	.....

چکیده

نام خانوادگی: مظلومی	نام: حمید	شماره دانشجویی: ۹۱۳۱۸۰۳

عنوان پایان‌نامه: بازآرایی شبکه‌ی توزیع به‌منظور بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات توان

استاد/ اساتیدراهنما: دکتر محسن صنیعی

استاد/ اساتید مشاور: دکتر الهه مشهور

درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی برق	گرایش: قدرت
دانشگاه: شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی	گروه: برق

تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۳/۱۱/۵ **تعداد صفحه:**

کلید واژه ها: شبکه‌ی توزیع، بازآرایی، تلفات توان، قابلیت اطمینان، انرژی تأمین نشده، BPSO، MOPSO

چکیده: بازآرایی شبکه‌ی توزیع الکتریکی یک فرآیند بهینه‌سازی ترکیبی پیچیده جهت یافتن ساختاری با عملکرد بهینه برای شبکه‌ی توزیع الکتریکی می‌باشد. عمده‌ترین هدفی که اغلب برای بازآرایی شبکه‌ی توزیع در نظر گرفته می‌شود کاهش تلفات توان حقیقی سیستم توزیع می‌باشد، که در این پایان‌نامه با توجه به اهمیت موضوع قابلیت اطمینان شبکه‌های قدرت در سطح توزیع و تأثیر آرایش شبکه بر قابلیت اطمینان شبکه، مسأله‌ی بازآرایی علاوه بر کاهش تلفات با هدف افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع پیاده‌سازی شده است. در این پایان‌نامه سه مسأله‌ی مختلف در نظر گرفته شده است؛ بازآرایی تک‌هدفه با هدف مینیمم‌سازی تلفات توان، بازآرایی تک‌هدفه با هدف ماکزیمم‌سازی قابلیت اطمینان، و بازآرایی چند هدفه که با هدف کاهش تلفات توان و افزایش قابلیت اطمینان بصورت همزمان انجام می‌شود. شاخص قابلیت اطمینان مورد استفاده در این پایان‌نامه شاخص انرژی تأمین نشده‌ی سیستم می‌باشد. وضعیت بهینه‌ی کلیدها به‌منظور ماکزیمم کردن قابلیت اطمینان و مینیمم کردن تلفات توان با استفاده از یک الگوریتم جستجوی مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات باینری حاصل می‌شوند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها روی سیستم استاندارد ۳۳ شینه‌ی IEEE، نشان از کارایی روش بازآرایی در بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع، علاوه بر کاهش تلفات توان دارد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- بررسی تلفات توان در شبکه‌های توزیع ۲

۱-۳- معرفی قابلیت اطمینان ۳

۱-۳-۱- بررسی اهمیت قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع ۳

۱-۴- تجدید آرایش شبکه‌ی توزیع ۵

۱-۵- طرح مسأله و اهداف پایان‌نامه ۷

۱-۶- رئوس مطالب پایان‌نامه ۷

فصل دوم: بازآرایی شبکه‌ی توزیع و مروری بر پژوهش‌های پیشین ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- تعریف مسأله‌ی بازآرایی ۱۰

۲-۳- مروری بر پژوهش‌های پیشین ۱۲

۲-۳-۱- بررسی توابع هدف به‌کار رفته برای مسأله‌ی بازآرایی ۱۳

۲-۳-۲- بررسی روش‌های حل مسأله‌ی بازآرایی ۱۵

۲-۳-۲-۱- روش‌های مبتنی بر فنون ابتکاری ۱۶

۲-۳-۲-۲- روش‌های ریاضی ۱۷

۲-۳-۲-۳- روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ۱۸
۲-۳-۳- بررسی قیود اعمال شده در پژوهش‌های پیشین ۱۸

فصل سوم: الگوریتم پیشنهادی برای بازآرایی شبکه‌ی توزیع ۲۰

۳-۱- مقدمه ۲۰
۳-۲- قابلیت اطمینان ۲۱
۳-۲-۱- روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع ۲۲
۳-۲-۱-۱- شاخص‌های مبتنی بر مشترک ۲۴
۳-۲-۱-۲- شاخص‌های مبتنی بر بار و انرژی ۲۵
۳-۳- شاخص قابلیت اطمینان به‌کار رفته در این پایان‌نامه ۲۶
۳-۳-۱- محاسبه‌ی انرژی تأمین نشده‌ی سیستم ۲۷
۳-۴- الگوریتم پخش بار و محاسبه‌ی تلفات استفاده شده در این پایان‌نامه ۳۰
۳-۵- بیان ریاضی مسأله ۳۲
۳-۵-۱- توابع هدف ۳۲
۳-۵-۲- قیود مسأله ۳۳
۳-۶- روش حل مسأله ۳۳
۳-۶-۱- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات ۳۴
۳-۶-۲- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه (MOPSO) ۳۸
۳-۶-۳- کاربرد PSO در حل مسأله‌ی بازآرایی ۳۹

فصل چهارم: نتایج شبیه‌سازی‌ها و تحلیل..... ۴۴

۴-۱- مقدمه ۴۴

۴-۲- اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی ۴۵
۴-۳- سناریوی ۱ ..... ۴۷
۴-۳-۱- مسأله‌ی الف ۵۳
۴-۳-۲- مسأله‌ی ب ۵۷
۴-۳-۳- مسأله ج ۶۰
۴-۴- سناریوی ۲ ..... ۶۲
۴-۴-۱- مسأله‌ی الف ۶۴
۴-۴-۲- مسأله‌ی ب ۶۶
۴-۴-۳- مسأله ج ۶۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهاد برای مطالعات آینده ۷۱

۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۱
۵-۲- ارائه‌ی پیشنهاد برای مطالعات آینده ۷۲

فهرست منابع ۷۴

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل (۲-۱- الف): آرایش شبکه توزیع نمونه قبل از بازآرایی..... ۱۱

شکل (۲-۱- ب): آرایش شبکه توزیع نمونه بعد از بازآرایی..... ۱۲

شکل (۳-۱): شبکه توزیع شعاعی ساده..... ۲۹

شکل (۳-۲): سیستم دو شینه‌ی ساده..... ۳۱

شکل (۳-۳): فلوچارت الگوریتم PSO..... ۳۷

شکل (۳-۴): ساختار ذرات در پیاده‌سازی الگوریتم PSO برای حل مسأله بازآرایی..... ۴۱

شکل (۳-۵): فلوچارت روش حل پیشنهادی برای بازآرایی با هدف کاهش تلفات..... ۴۲

شکل (۳-۶): فلوچارت الگوریتم پیشنهادی برای حل مسأله بازآرایی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان..... ۴۳

شکل (۴-۱): سیستم مورد مطالعه در سناریوی ۳ مرجع [۲۴]..... ۴۶

شکل (۴-۲): شمای شبکه‌ی IEEE 33 BUS مورد مطالعه در سناریوی ۱..... ۴۸

شکل (۴-۳): نمودار تلفات توان به تفکیک شاخه‌ها قبل و بعد از بازآرایی..... ۵۵

شکل(۴-۴): روند همگرایی الگوریتم BPSO در مسأله الف- سناریوی ۱..... ۵۶

شکل(۴-۵): روند همگرایی الگوریتم BPSO برای مسأله ب- سناریوی ۱..... ۵۹

شکل (۴-۶): نمودار انرژی تأمین نشده به تفکیک شین‌ها-سناریوی ۱ ..... ۵۹

شکل (۴-۷): نمودار پارتوفرانت حاصل از شبیه‌سازی مسأله ج-سناریوی ۱.....۶۱

شکل (۴-۸): سیستم مورد مطالعه در سناریوی ۲.....۶۲

شکل (۴-۹): روند همگرایی الگوریتم BPSO برای حل مسأله الف- سناریوی ۲.....۶۵

شکل (۴-۱۰): نمودار انرژی تأمین نشده سیستم به تفکیک شین‌ها-سناریوی۲.....۶۷

شکل (۴-۱۱): نمودار میانگین مدت زمان خاموشی سیستم سناریوی۲.....۶۸

شکل (۴-۱۲): روند همگرایی الگوریتم BPSO برای حل مسأله ب- سناریوی ۲.....۶۸

شکل (۴-۱۳): نمودار پارتوفرانت حاصل از شبیه‌سازی مسأله ج-سناریوی۲.....۶۹

فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۱): آمارهای عدم دسترسی به سرویس برای مشترکین نوعی..... ۴

جدول (۴-۱): مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی و مرجع [۲۴]..... ۴۷

جدول (۴-۲): اطلاعات ساختار سیستم مورد مطالعه..... ۴۹

جدول (۴-۳): اطلاعات بارگذاری سیستم مورد مطالعه..... ۵۱

جدول (۴-۴): نتایج حاصل از شبیه‌سازی مسأله‌ی الف-سناریوی ۱..... ۵۴

جدول (۴-۵): مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی با مرجع [۴۰]..... ۵۶

جدول (۴-۶): نتایج حاصل از شبیه‌سازی مسأله‌ی ب-سناریوی ۱..... ۵۸

جدول (۴-۷): نتایج حاصل از شبیه‌سازی مسأله‌ی الف-سناریوی۲..... ۶۴

جدول (۴-۸): نتایج حاصل از شبیه‌سازی مسأله‌ی ب-سناریوی۲..... ۶۶

جدول (۴-۹): جدول کلی نتایج شبیه‌سازی سناریوها و مسائل مطرح شده..... ۷۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

سیستم توزیع آخرین مرحله از انتقال توان الکتریکی به مصرف‌کنندگان می‌باشد که نوعاً از ثانویه‌ی ترانسفورماتورهای ایستگاه فوق توزیع شروع می‌شود و معمولا دو سطح ولتاژ را شامل می‌شود؛ توزیع اولیه یا سطح ولتاژ متوسط (MV) و توزیع ثانویه یا سطح ولتاژ ضعیف (LV). شبکه‌های توزیع اغلب به صورت حلقوی طراحی می‌شوند اما در زمان بهره‌برداری، این شبکه‌ها معمولاً بصورت شعاعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از ویژگی‌های شبکه‌ی توزیع عبارتند از:

- گستردگی زیاد
- ارتباط مستقیم با مشترکین فراوان و متفاوت
- بهره‌برداری شعاعی
- سطح پایین ولتاژ
- عدم تعادل بین خطوط
- تلفات زیاد

همواره عملکرد در نقطه‌ی کار بهینه‌ی سیستم توزیع، جهت داشتن بهترین عملکرد و کاهش هزینه‌های جاری، دغدغه‌ی مهندسان طراح و بهره بردار بوده است، که کاهش تلفات و همچنین افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع به عنوان دو نمونه از مهم‌ترین این دغدغه‌ها مطرح می‌باشند.

۱-۲- بررسی تلفات توان در شبکه‌های توزیع

به دلیل پایین بودن ولتاژ و در نتیجه بالا بودن جریان، شبکه‌های توزیع مقدار تلفات توان قابل توجهی دارند بطوریکه درصد زیادی از تلفات کل سیستم قدرت مربوط به این بخش از سیستم می‌باشد. از اینرو، فعالیت در جهت کاهش تلفات در بخش توزیع دارای اثرگذاری بیشتری نسبت به سایر بخش‌های سیستم قدرت می‌باشد. مرور مقالات نشان می‌دهد که راه حل‌های مختلفی جهت مدیریت و کاهش تلفات شبکه‌های توزیع ارائه و مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- جایابی خازن [۱]
- استفاده از واحدهای تولید پراکنده (DG[1]) [۲]
- استفاده از تجهیزات FACTS[2] [۳]

1- Distributed Generation
2- Flexible AC Transmission Systems

۱-۳- معرفی قابلیت اطمینان

منظور از میزان قابلیت اطمینان یک سیستم قدرت، میزان توانایی آن سیستم در برق‌دار نگه‌داشتن بارها می‌باشد. هر زمان که بحث قابلیت اطمینان سیستم قدرت پیش می‌آید، همواره حالت‌هایی از سیستم مطرح می‌شود که می‌تواند شامل حالات کفایت[1] و امنیت[2] باشد. مفهوم کفایت معمولاً به وجود امکانات مناسب و کافی در سیستم جهت رساندن انرژی مورد تقاضای مشترکین اشاره دارد. این امکانات شامل تولید انرژی کافی، پیوستگی شبکه‌های انتقال و توزیع جهت انتقال انرژی به نقاط بار مشترکین می‌باشد. بنابراین کفایت به حالتی از سیستم که در شرایط استاتیکی و بدون وجود اغتشاش‌هاست، مرتبط می‌شود. از طرف دیگر امنیت به توانایی سیستم جهت پاسخ به اغتشاش‌های رخ داده بین سیستم عنوان می‌گردد. بنابراین، امنیت، به پاسخ سیستم به اغتشاش‌های مربوطه مربوط می‌شود [۴].

۱-۳-۱- بررسی اهمیت قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع

در سال‌های اخیر صنعت برق به سمت محیط رقابتی پیش می‌رود که در آن به مصرف-کنندگان حق انتخاب بیش‌تری داده می‌شود. بطور کلی مشترکین برق خواهان کاهش قیمت و افزایش قابلیت اطمینان برق مصرفی خود هستند. ویژگی مهم سیستم‌های توزیع ارتباط مستقیم با مصرف‌کنندگان برق است و میزان رضایت مشترکین برق از سرویس ارائه شده وابستگی زیادی به قابلیت اطمینان سیستم توزیع دارد. از اینرو، ارزیابی صحیح و بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع، کلیدی برای افزایش رضایت مشترکین می‌باشد.

1- Adequacy
2- Security

اگرچه خطاهایی که در شبکه‌ی توزیع اتفاق می‌افتند در مقایسه با خطاهای بخش‌های انتقال و تولید، تعداد کمتری از مشترکین را تحت تاثیر خاموشی قرار می‌دهند، لیکن به دلیل تعداد دفعات بیشتر وقوع خطا و تعداد بیشتر وقفه‌های ناشی از خطاهای به وقوع پیوسته در این بخش، بررسی و بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرف دیگر، تحلیل آمار خرابی مشترک‌های اکثر شرکت‌های برق نشان می‌دهد که سیستم توزیع بیشترین سهم را در عدم دسترسی منبع تغذیه به مشترک دارد. این موضوع به صورت آماری [۴] در جدول (۱-۱) که مربوط به یک شرکت توزیع در کشور انگلستان است، نشان داده شده است.

جدول (۱-۱)- آمارهای عدم دسترسی به سرویس برای مشترکین نوعی [۴]

متوسط عدم دسترسی بر حسب مشترک سال		
(٪)	(دقیقه)	سهم مشارکت
۰,۵	۰,۵	تولید/انتقال
۲,۴	۲,۳	۱۳۲ kV
۸,۳	۸,۰	۳۳ kV و ۶۶ kV
۶۰,۷	۵۸,۸	۶,۶ kV و ۱۱ kV
۱۱,۹	۱۱,۵	فشار ضعیف
۱۶,۲	۱۵,۷	خاموشی‌های با برنامه
٪۱۰۰	۹۶,۸ دقیقه	کل

چنین آمارهایی، نیاز به توجه به ارزیابی صحیح و بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع را نشان می‌دهند. همچنین با توجه به تأثیرگذاری مستقیم این پارامتر بر میزان رضایت مشترکین و افزایش حق انتخاب مشترکین در محیط رقابتی جدید صنعت برق، این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد.

برخی موارد که می‌توانند در افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع مؤثر باشند عبارتند از:

- احداث پست، خطوط جدید و توسعه‌ی شبکه‌ی موجود
- نصب تجهیزات حفاظتی مناسب و هماهنگ نمودن آنها
- نصب کلیدها در مکان‌های مناسب
- اتوماتیک کردن کلیدها جهت تسریع کلیدزنی بعد از بروز خطا
- استفاده از تولیدات پراکنده جهت تأمین توان مورد نیاز قسمتی از مشترکین در صورت قطع تغذیه از بالادست.
- بازآرایی[1] یا تجدید آرایش شبکه

۱-۴- تجدید آرایش شبکه‌ی توزیع

در بخش‌های قبل، ویژگی‌های شبکه‌های توزیع، اهمیت افزایش قابلیت اطمینان و کاهش تلفات در این بخش از سیستم قدرت و روش‌های بهبود این دو پارامتر بطور مختصر بیان شد. با مرور مجدد این روش‌ها مشاهده می‌شود که تقریباً در تمام روش‌ها نیاز به سرمایه-گذاری اولیه‌ی بالایی برای خرید تجهیزات می‌باشد. اما یکی دیگر از روش‌هایی که می‌تواند با هزینه‌ی اقتصادی بسیار کمتر، جهت کاهش تلفات و افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع مورد استفاده قرار گیرد، تجدید آرایش یا بازآرایی شبکه‌ی توزیع می‌باشد.

1- Reconfiguration

بازآرایی شبکه به معنی تغییر آرایش شبکه‌ی توزیع با تغییر وضعیت کلیدهای حالت عادی باز[1] و کلیدهای حالت عادی بسته[2] موجود در شبکه می‌باشد به‌گونه‌ای که ساختار شعاعی شبکه حفظ شود. بنابراین، در فرآیند بازآرایی بدون استفاده از هیچ‌گونه تجهیز اضافه و صرفا با تغییر وضعیت کلیدهای موجود در شبکه، می‌توان به آرایش بهینه (مثلا پیکربندی با حداقل تلفات) دست یافت. از اینرو، این راه حل کم هزینه می‌تواند بطور جدی مورد توجه بهره‌برداران شبکه قرار گیرد.

با توجه به کم‌هزینه بودن فرآیند بازآرایی، این مسأله مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته و در ابعاد مختلفی از جمله تابع هدف، روش حل و افق زمانی، این مسأله تبیین و حل شده است. در بعد تابع هدف، بازآرایی شبکه عمدتاً با هدف کاهش تلفات سیستم توزیع در پژوهش‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است [۵-۹]. اگرچه اهداف دیگری چون متعادل-سازی بار [۱۰-۱۲] و کاهش هزینه‌ی تلفات انرژی شبکه‌ی توزیع [۱۳, ۱۴] نیز مورد توجه برخی محققین قرار گرفته است. از بعد روش‌های حل مسأله‌ی بازآرایی نیز این روش‌ها در سه گروه کلی روش‌های ریاضی، روش‌های ابتکاری و روش‌های هوشمند دسته‌بندی می‌شوند که در فصل بعد بطور مفصل در مورد آن‌ها توضیح داده می‌شود. در بعد افق زمانی نیز مسأله‌ی بازآرایی با توجه به زیرساخت‌های شبکه‌های توزیع، می‌تواند به‌صورت فصلی، روزانه و یا حتی در شبکه‌هایی که از اتوماسیون بهتری برخوردار هستند، به‌صورت ساعتی انجام پذیرد.

1- Normally Open
2- Normally Closed

۱-۵- طرح مسأله و اهداف پایان‌نامه

با توجه به اهمیت کاهش تلفات و همچنین افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع، که در بخش‌های قبل به آنها اشاره شد، بررسی و بهبود این دو پارامتر تأثیر به‌سزایی در بهبود عملکرد کل شبکه‌ی قدرت و رضایت مشترکین دارد. بازآرایی یا تجدید آرایش به عنوان یک راه حل کم هزینه برای کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع، در تحقیقات فراوانی مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این تحقیقات بیش از آنکه به مسأله‌ی آرایش شبکه در بعد قابلیت اطمینان نگریسته شود بهبود پروفیل ولتاژ و تلفات مد نظر بوده است، اما تأثیر آرایش شبکه بر قابلیت اطمینان شبکه غیر قابل انکار است که با توجه به قیمت بالای انرژی توزیع نشده این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از اینرو در این پایان‌نامه، تأثیر تغییر آرایش شبکه بر قابلیت اطمینان شبکه نیز مد نظر قرار گرفته و حل مسأله‌ی بازآرایی به‌صورت فصلی با هدف کاهش تلفات توان پیک بار و افزایش قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع در دستور کار قرار گرفته است.

۱-۶- رئوس مطالب پایان‌نامه

رئوس مطالب این پایان‌نامه در فصل‌های بعدی به‌صورت زیر می‌باشد:

فصل دوم به معرفی کلی مسأله‌ی بازآرایی و مروری بر پژوهش‌های پیشین در این زمینه می‌پردازد.

در فصل سوم توابع هدف، قیود و الگوریتم پیشنهادی پایان‌نامه جهت حل مسأله‌ی بازآرایی بطور مختصر ارائه شده است.

فصل چهارم پایان‌نامه مشتمل بر ارائه و تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام شده می‌باشد.

فصل پنجم نیز نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده را در بر می‌گیرد.

فصل دوم

بازآرایی شبکه‌ی توزیع و مروری بر پژوهش‌های پیشین

۲-۱- مقدمه

تحت شرایط عملکرد عادی، هر شبکه‌ی توزیع باید توان الکتریکی را برای همه‌ی مشترکین متصل به آن فراهم کند، در حالی که بطور همزمان از اضافه بار ترانسفورماتورها، اضافه بار حرارتی فیدرها و ولتاژ غیرعادی در خطوط اجتناب شود. همچنین تلفات توان حقیقی مینیمم شود و ساختار شعاعی شبکه حفظ شود. با توجه به اینکه تقاضای توان مشترکین در طول زمان متغیر است، بنابراین یک ساختار عملیاتی بدست آمده برای یک شرایط کاری معین ممکن است برای یک شرایط بهره‌برداری جدید بهینه نباشد.

بنابراین با توجه به تغییرات دائمی بار فیدرهای توزیع به صورت فصلی، روزانه و حتی ساعتی، شاخص‌های بهره‌برداری شبکه ممکن است از حالت بهینه دور شوند. به عنوان مثال، پربار شدن فیدرها می‌تواند باعث افزایش تلفات، افزایش افت ولتاژ، احتمال وقوع خاموشی و کم شدن قابلیت اطمینان شبکه شود. از طرفی کم‌باری فیدرها نیز ممکن است منجر به وقوع اضافه ولتاژ در شبکه و همچنین کم‌بار شدن ترانسفورماتورهای فوق توزیع و در نتیجه پایین آمدن راندمان ترانسفورماتور شود. از اینرو، توانایی یک شبکه‌ی توزیع در وفق دادن ساختارش با وضعیت‌های در حال تغییر، یک ویژگی مطلوب برای آن محسوب می‌شود.

با توجه به وجود کلیدهای حالت عادی بسته (NC) موسوم به کلیدهای سکشنالایزر[1]، و همچنین کلیدهای حالت عادی باز (NO) موسوم به کلیدهای ارتباطی[2] در شبکه‌های توزیع، با کمک این کلیدها می‌توان ساختار شبکه را متناسب با تغییر بار مورد تقاضای آن، برای داشتن عملکرد بهینه تغییر داد. در واقع به منظور رفع ناکارآمدی مربوط به بهره‌برداری تحت یک آرایش ثابت، می‌توان با انتقال بار از فیدرهای پربارتر به فیدرهای کم‌بارتر، ضمن متعادل سازی بار شبکه، تلفات و سایر شاخص‌های بهره‌برداری از جمله پروفیل ولتاژ و قابلیت اطمینان شبکه را نیز بهبود بخشید.

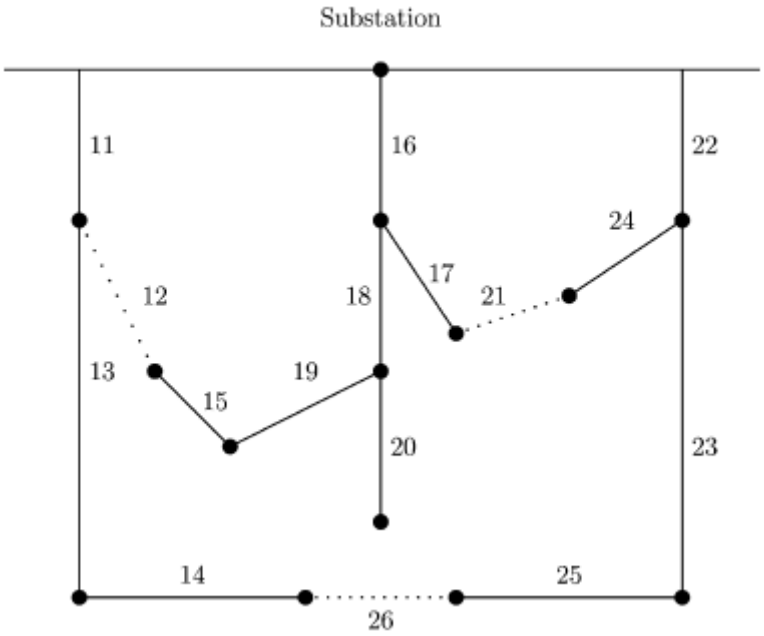
در بخش‌های بعدی این فصل به معرفی مسأله‌ی بازآرایی شبکه‌ی توزیع، پیشینه‌ی این مسأله و روش‌های حل آن پرداخته شده است.

۲-۲- تعریف مسأله‌ی بازآرایی

به منظور سهولت در بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع الکتریکی و همچنین ایجاد امکان برخورداری از مزایای شبکه‌های حلقوی، در سیستم‌های توزیع شعاعی تعدادی کلید حالت عادی باز و تعدادی کلید حالت عادی بسته در نظر گرفته می‌شود. به طوری که برای برق‌رسانی مستمر و قابل اطمینان به مصرف‌کننده‌ها به هنگام قطع شدن قسمتی از شبکه و همچنین تغییر فیدر تغذیه کننده، به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ، با استفاده از این کلیدها بتوان انشعابات حلقوی در شبکه ایجاد کرد. بکارگیری این کلیدها به منظور تغییر ساختار توپولوژی شبکه، با تغییر وضعیت باز یا بسته بودن آنها، و با اهداف مختلف را بازآرایی شبکه گویند. شکل (۲-۱- الف) یک شبکه‌ی توزیع شعاعی نمونه را نشان می‌دهد که در آن کلیدهای

1- Sectionalizing Switches
2- Tie Switches

NC با خط پر و کلیدهای NO با خطچین نشان داده شده‌اند. کلیدهای باز در این آرایش کلیدهای ۱۲، ۲۱ و ۲۶ هستند. شکل (۲-۱- ب) همان شبکه را پس از بازآرایی نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است در این حالت آرایش شبکه تغییر کرده و کلیدهای ۱۹، ۲۳ و۲۴ به وضعیت باز تغییر وضعیت داده‌اند.



شکل (۲-۱- الف)- آرایش شبکه توزیع نمونه قبل از بازآرایی [۱۵]