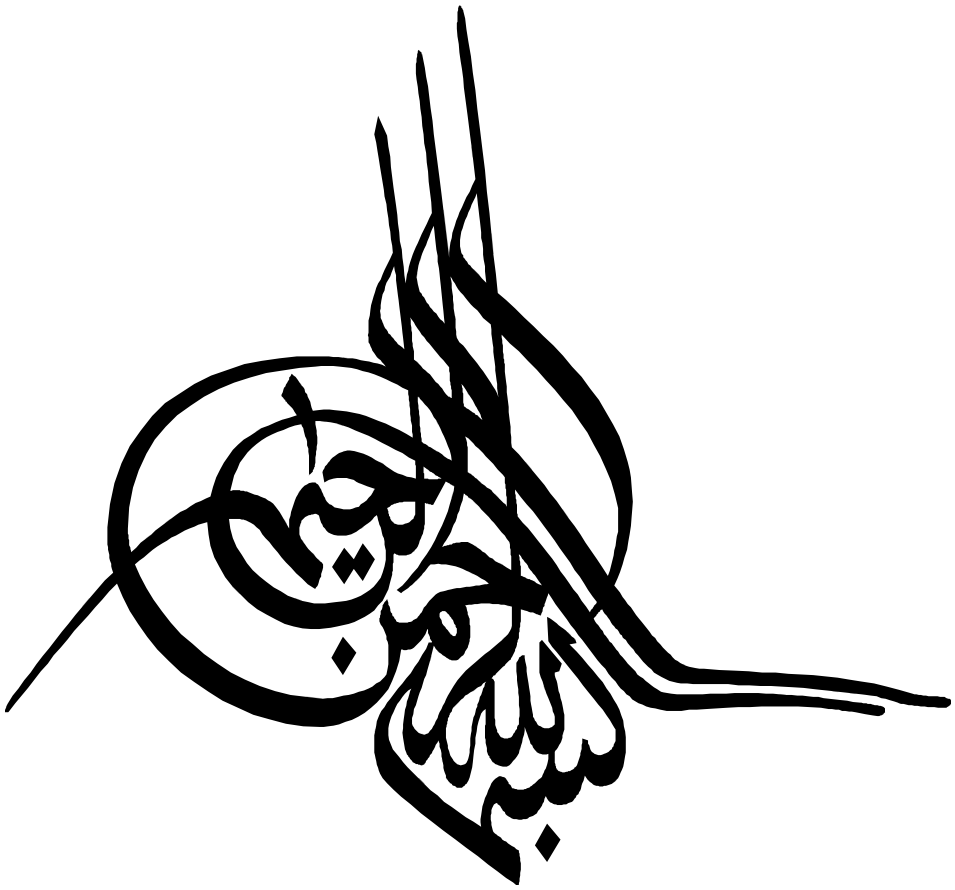

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد برق - قدرت

موضوع:

بازآرایی سیستم توزیع به منظور کاهش تلفات با استفاده از نظریه گراف

نگارش:

حجت مویدی راد

استاد راهنما:

آقای دکتر محسن فرشاد

استاد مشاور:

آقای دکتر حمید فلقی

شهریور 89

دانشگاه سیرجند
مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

فرم شماره ۱۰

با تاییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد خانم / آقای حجت مویدی راد
به شماره دانشجویی : ۸۷۱۳۳۰۲۰۱۵ رشته: مهندسی برق گرایش: قدرت دانشکده: فنی مهندسی برق

تحت عنوان: بازآرایی سیستم توزیع به منظور کاهش تلفات با استفاده از نظریه گراف

به ارزش : ۶ واحد در ساعت: ۱۰:۰۰ روز : چهارشنبه مورخ:۸۹/۶/۲۴

با حضور اعضای محترم جلسه دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی به شرح ذیل تشکیل گردید:

سمت	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنمای اول	**آقای دکتر محسن فرشاد**	**استادیار**	
استاد راهنمای دوم	----------		
استاد مشاور اول	**آقای دکتر حمید فلقی**	**استادیار**	
استاد مشاور دوم	----------		
داور اول	**آقای دکتر حمید رضا نجفی**	**استادیار**	
داور دوم	**خانم دکتر مریم رمضانی**	**استادیار**	
نماینده تحصیلات تکمیلی	**آقای دکتر ناصر مهرشاد**	**استادیار**	

نتیجه ارزیابی دفاع که منوط به ارائه اصلاحات پیشنهادی توسط هیئت داوران حداکثر ظرف مدت یکماه پس از تاریخ دفاع می باشد، به شرح زیر مورد تایید قرار گرفت:

☑ قبول (با درجه : عالی و امتیاز ۱۹/۲) ☐ دفاع مجدد ☐ غیر قابل قبول

۱- عالی (۲۰- ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹- ۱۸) ۳- خوب (۱۷/۹۹- ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹- ۱۴)

(بدیهی است عواقب آموزشی ناشی از عدم ارائه به موقع اصلاحات مزبور به عهده دانشجو می باشد)

تقدیم به

مادر و پدر عزیزم

تشکر و قدردانی

خدا را شاکرم از اینکه این توفیق را به من ارزانی داد تا بتوانم در مقطع کارشناسی ارشد وارد شوم و در محضر اساتید و دوستان عزیزم درس علم و اخلاق تلمذ نمایم.

اکنون که این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر محسن فرشاد و آقای دکتر حمید فلقی که هم در دوران تحصیلم و هم در طول مدّت اجرای این تحقیق همواره از نظرات و راهنمایی‌های ارزنده‌شان بهره‌مند شده‌ام تشکر و قدردانی نمایم.

از فرد فرد اعضای خانواده‌ام که آسودن من به قیمت فرسودن آنها تمام شد، نهایت سپاسگزاری را دارم. امیدوارم بتوان با سعی و تلاش بیشتر خود در این راه پاسخگوی ذره‌ای از زحمات آنها باشم.

از تمام دوستانم در دانشگاه بیرجند که باعث شدند دوران تحصیل من در این دانشگاه به فصلی به یاد ماندنی دردفتر زندگی‌ام تبدیل شود تشکر می‌نمایم.

حجت مویدی راد - شهریور 1389

چکیده:

یکی از راه‌های کاهش تلفات اهمی در شبکه‌های توزیع استفاده از تجدید آرایش فیدرهای فشار متوسط به ازای سطوح بار مختلف است. در هر شبکه‌ی توزیع تعدادی کلید وجود دارد که برخی از آنها در حالت عادی باز و برخی دیگر در حالت عادی بسته می‌باشند. با بستن بعضی از این کلیدهای باز و باز کردن همان تعداد از کلیدهای بسته، می‌توان مسیر شارش توان در شبکه‌های توزیع را به گونه‌ای تغییر داد که تلفات اهمی سیستم کاهش یابد. عملیات تجدید آرایش سیستم توزیع، با مجموعه‌ای از عملیات کلیدزنی صورت می‌گیرد که یک روش ساده و کم هزینه است و نیازی به افزودن تجهیزات اضافی در شبکه ندارد. از آنجایی که تعداد آرایش‌های ممکن یک شبکه توزیع بسیار زیاد است و امکان بررسی تمام آرایش‌ها (مخصوصاً در شبکه‌های مقیاس بزرگ) برای یافتن آرایش بهینه به راحتی میسر نیست، لذا در این پایان‌نامه الگوریتم‌های جدیدی، مبتنی بر نظریه‌ی گراف برای تجدید آرایش شبکه‌های توزیع ارائه شده است. با توجه به ماهیت عملیات تجدید آرایش، مهم‌ترین فاکتور در شبکه‌های توزیع رسیدن به آرایش بهینه‌ی مطلوب در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. در الگوریتم‌های پیشنهادی ابتدا همه‌ی کلیدها بسته فرض می‌شوند، لذا این الگوریتم‌ها به شرایط اولیه‌ی شبکه وابسته نخواهند بود. با بسته شدن تمامی کلیدها، سیستم توزیع به صورت یک ابرگراف مدل می‌شود و وزن‌هایی به هر یک از شاخه‌های این گراف نسبت داده می‌شود. وزن‌ها براساس شاخص تلفات توان سیستم توزیع و توان عبوری خطوط تعیین شده‌اند. در تجدید آرایش مبتنی بر نظریه‌ی گراف، هدف یافتن یک درخت بهینه‌ی مطلق است. در روش‌های ارائه شده، این امر با استفاده از الگوریتم‌های توسعه یافته‌ی نظریه‌ی گراف، شامل الگوریتم‌های کروسکال حافظه‌دار، دایجکسترای اصلاح شده و همچنین مفاهیم اغتشاش و نقطه‌های بحرانی انجام شده است. در این پایان‌نامه دو الگوریتم ابتکاری مبتنی بر نظریه‌ی گراف پیشنهاد شده است. در الگوریتم اول با انتخاب شدن هر کلید بهینه، وزن‌های نسبت داده شده به خطوط با انجام دوباره‌ی محاسبات پخش‌بار به‌روز می‌شوند. در این الگوریتم باس بحرانی، باسی است که کمترین ولتاژ را در یک حلقه با کمترین تلفات دارا می‌باشد. در الگوریتم دوم برای کاهش هرچه بیشتر زمان، محاسبات پخش بار برای تعیین وزن‌ها نسبت داده شده به خطوط یکبار و آن هم در حالت غربالی انجام می‌شود و باس بحرانی با توجه به جهت شارش توان‌های اکتیو و راکتیو تعیین می‌شود. الگوریتم‌های پیشنهادی بر روی چهار سیستم توزیع نمونه اجرا شده‌اند. نتایج به دست آمده برتری الگوریتم‌های پیشنهادی را در مقایسه با روش‌های دیگر نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی - الگوریتم کروسکال حافظه‌دار، الگوریتم دایجکسترای اصلاح شده، تئوری گراف، تجدید آرایش، شبکه‌ی توزیع، کاهش تلفات اهمی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

1- 1- مقدمه 2

1- 2- اتوماسیون شبکه‌ی توزیع و کارکردهای کنترل 2

1- 3- انواع آرایش‌های شبکه‌ی توزیع فشار متوسط 6

1- 3- 1- تغذیه کننده‌ی فشار متوسط نوع شعاعی 6

1- 3- 2- تغذیه کننده‌ی فشار متوسط نوع حلقوی 7

1- 3- 3- تغذیه کننده فشار متوسط نوع شبکه‌ای (غربالی) 8

1- 4- تعریف تجدید آرایش 8

1- 5- تاریخچه‌ی تجدید آرایش 10

1- 6- ساختار پایان نامه 12

فصل دوم: بررسی و مقایسه‌ی روش‌های تجدید آرایش شبکه‌های توزیع فشار متوسط

2- 1- مقدمه 14

2- 2- انواع روش‌های تجدید آرایش 14

2- 2– 1- تجدید آرایش مبتنی بر الگوریتم‌های ابتکاری و کلاسیک با بکارگیری قوانین و الگوریتم‌های ریاضی 14

2- 2– 1- 1- روش جابجایی کلید 15

2- 2– 1- 2- روش کلیدگشایی ترتیبی 16

2- 2– 1- 3- روش‌های ابتکاری دیگر تجدید آرایش 17

2- 2– 2- تجدید آرایش مبتنی بر تلفیق هوش مصنوعی و الگوریتم‌های زیستی با الگوریتم‌های ابتکاری 22

2- 2– 2- 1- الگوریتم ژنتیک 22

2- 2– 2- 2- الگوریتم هجومی پرندگان 22

2- 2– 2- 3- الگوریتم کلونی مورچه‌ها.....23
2- 2– 2- 4- الگوریتم‌های مبتنی بر نظریه‌ی فازی 24
2- 2– 2- 5- شبکه‌های عصبی مصنوعی 30
2- 2– 2- 6- سخت کاری (باز پخت) شبیه‌سازی شده فلزات 30
2- 3- مقایسه‌ی چند روش پیشنهادی کارآمد برای تجدید آرایش شبکه‌ی توزیع 31
2- 4- نتیجه‌گیری 33

فصل سوم: نظریه‌ی گراف و الگوریتم‌های توسعه یافته‌ی آن

3- 1- مقدمه.....35
3- 2- تاریخچه 35
3- 3- تعریف گراف و انواع آن 35
3- 4- انواع روش‌های نمایش گراف.....38
3- 4- 1- ماتریس وقوع.....38
3- 4- 2- ماتریس مجاورت.....38
3- 4- 3- ماتریس وزن.....39
3- 5- زیرگراف‌ها.....39
3- 6- درجه‌ی رأس‌ها.....40
3- 7- مسیرها 40
3- 8- دورها.....41
3- 9- درخت‌ها.....41
3- 10- مسأله‌ی ارتباط دهی 41
3- 11- الگوریتم کروسکال.....42
3- 12- مسأله‌ی کوتاهترین مسیر 44
3- 13- الگوریتم دایجکسترا 45
3- 14- گراف‌های جهت‌دار 47

3- 14- 1- نمایش گراف‌های جهت‌دار 48

3- 15- شبکه‌ها 49

3- 16- فضای دورها، گردش‌ها و اختلاف پتانسیل‌ها 50

3- 17- رابطه‌ی بین نظریه‌ی گراف و شبکه‌ی توزیع 51

فصل چهارم: روش‌های پیشنهادی مبتنی برگراف و جزئیات پیاده سازی آنها بر روی یک شبکه‌ی نمونه

4- 1- مقدمه 53

4- 2- تعیین وزن‌ها در گراف 53

4- 3- تعریف مسأله‌ی بازآرایی 54

4- 4- روش پیشنهادی (1) برای تجدید آرایش شبکه‌ی توزیع 54

4- 5- پیاده سازی روش پیشنهادی (1) بر روی یک شبکه‌ی نمونه 60

4- 6- روش پیشنهادی (2) برای تجدید آرایش شبکه‌ی توزیع 63

4- 6- 1- نحوه‌ی تعیین باس‌های بحرانی 63

4- 6- 2- فلوچارت روش پیشنهادی (2) 65

4- 7- پیاده سازی روش پیشنهادی (2) بر روی یک شبکه‌ی نمونه 68

فصل پنجم: نتایج پیاده سازی الگوریتم‌های (1) و (2) بر روی 4 سیستم نمونه و مقایسه‌ی آنها با روش‌های دیگر

5- 1- مقدمه 74

5- 2- سیستم نمونه 16 باسه سیوانلار 74

5- 3- سیستم نمونه 33 باسه Baran و Wu 75

5- 4- سیستم نمونه 70 باسه 77

5- 5- سیستم نمونه 94 باسه Taiwan 80

5- 6- نتیجه گیری 82

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

6- 1- نتیجه‌گیری 84

6- 2- پیشنهادات 84

مراجع 86

پیوست

پیوست الف- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 16 باسه 94

پیوست ب- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 33 باسه 95

پیوست ج- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 70 باسه 97

پیوست د- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 94 باسه 100

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

شکل 1- 1- شماتیکی از نحوه‌ی رسیدن برق به مصرف کننده‌ها.....3

شکل 1- 2- بخش‌های مهم یک شبکه‌ی توزیع (سیستم فشار متوسط نوع شعاعی) 6

شکل 1- 3- دیاگرام تک خطی سیستم فشار متوسط نوع حلقوی.....7

شکل 1- 4- دیاگرام تک خطی سیستم فشار متوسط نوع شبکه‌ای (غربالی) 8

شکل 1- 5- دیاگرام تک خطی یک شبکه‌ی توزیع سه فیدره 9

فصل دوم: بررسی و مقایسه‌ی روش‌های تجدید آرایش شبکه‌های توزیع فشار متوسط

شکل 2- 1- دیاگرام تک خطی شبکه توزیع 16 باسه سیوانلار.....15

شکل 2- 2- الگوریتم پیشنهادی توسط Gomes و همکارانش.....18

شکل 2- 3- تابع عضویت برای کاهش تلفات 25

شکل 2- 4- تابع عضویت برای حداکثر انحراف ولتاژ گره‌ها.....26

شکل 2- 5- تابع عضویت برای حداکثر جریان شاخه‌ها.....27

شکل 2- 6- تابع عضویت برای متعادل کردن بار فیدرها 28

شکل 2- 7- دیاگرام تک خطی شبکه‌ی توزیع 33 باسه Baran و Wu 32

فصل سوم: نظریه‌ی گراف و الگوریتم‌های توسعه یافته‌ی آن

شکل 3- 1- نمایش اجزای یک گراف ساده 36

شکل 3- 2- نمایش یک گراف طوقه‌دار (غیر ساده) 36

شکل 3- 3- نمایش انواع گراف‌ها 37

شکل 3- 4- نمایش یک زیرگراف از گراف G شکل (3- 1) 39

شکل 3- 5- نمایش یک گراف ساده.....40

شکل 3- 6- نمایش یک درخت از گراف شکل (3- 5) 41
شکل 3- 7- درخت بهینه در یک گراف وزن‌دار 42
شکل 3- 8- فلوچارت الگوریتم کروسکال 43
شکل 3- 9- نمایش کوتاهترین مسیر بین دو رأس در یک گراف وزن‌دار 44
شکل 3- 10- فلوچارت الگوریتم دایجکستر.....46
شکل 3- 11- گراف جهت‌دار D.....47
شکل 3- 12- یک گراف جهت‌دار وزن‌دار 48
شکل 3- 13- گراف جهت‌دار D با دو منبع و سه چاهک.....49
شکل 3- 14- نمایش یک گردش وابسته به دور در گراف جهت‌دار D.....50
شکل 3- 15- نمایش یک اختلاف پتانسیل در گراف شبکه‌ی الکتریکی D.....51

فصل چهارم: روش‌های پیشنهادی مبتنی برگراف و جزئیات پیاده سازی آنها بر روی یک شبکه‌ی نمونه

شکل 4- 1- الگوریتم پیشنهادی (1) برای تجدید آرایش شبکه‌های توزیع 56
شکل 4- 2- الگوریتم پیشنهادی (1) برای تجدید آرایش شبکه‌های توزیع بدون بررسی محدودیت ولتاژ و جریان 59
شکل 4- 3- یک حلقه با 10 رأس از گراف جهت‌دار مدل شده از یک شبکه‌ی توزیع غربالی فرضی برای توان اکتیو 64
شکل 4- 4- یک حلقه با 10 رأس از گراف جهت‌دار مدل شده از یک شبکه‌ی توزیع غربالی فرضی برای توان راکتیو 65
شکل 4- 5- الگوریتم پیشنهادی (2) برای تجدید آرایش شبکه‌های توزیع 66
شکل 4- 6- الگوریتم پیشنهادی (2) برای تجدید آرایش شبکه‌های توزیع بدون بررسی محدودیت ولتاژ و جریان 67
شکل 4- 7- نمایش شارش توان اکتیو در شبکه‌ی توزیع 16 باسه 68
شکل 4- 8- نمایش شارش توان راکتیو در شبکه‌ی توزیع 16 باسه 68
شکل 4- 9- حلقه‌ی انتخابی از گراف جهت‌دار ناشی از شارش توان اکتیو در شبکه‌ی 16 باسه، برای اجرای اول الگوریتم پیشنهادی (2) 69
شکل 4- 10- حلقه‌ی انتخابی از گراف جهت‌دار ناشی از شارش توان راکتیو در شبکه‌ی 16 باسه، برای اجرای اول الگوریتم پیشنهادی (2) 70
شکل 4- 11- حلقه‌ی انتخابی از گراف جهت‌دار ناشی از شارش توان اکتیو در شبکه‌ی 16 باسه، برای اجرای دوم الگوریتم

پیشنهادی (2) 70

شکل 4- 12- حلقه‌ی انتخابی از گراف جهت‌دار ناشی از شارش توان راکتیو در شبکه‌ی 16 باسه، برای اجرای دوم الگوریتم پیشنهادی (2) 71

شکل 4- 13- حلقه‌ی انتخابی از گراف جهت‌دار ناشی از شارش توان اکتیو در شبکه‌ی 16 باسه، برای اجرای سوم الگوریتم پیشنهادی (2) 71

شکل 4- 14- حلقه‌ی انتخابی از گراف جهت‌دار ناشی از شارش توان راکتیو در شبکه‌ی 16 باسه، برای اجرای سوم الگوریتم پیشنهادی (2) 72

فصل پنجم: نتایج پیاده سازی الگوریتم‌های (1) و (2) بر روی 4 سیستم نمونه و مقایسه‌ی آنها با روش‌های دیگر

شکل 5- 1- پروفیل ولتاژ شبکه‌ی توزیع 33 باسه در سه وضعیت قبل و بعد از تجدید آرایش و نیز حالت غربالی 77

شکل 5- 2- دیاگرام تک خطی شبکه‌ی توزیع 70 باسه 78

شکل 5- 3- پروفیل ولتاژ شبکه‌ی توزیع 70 باسه در سه وضعیت قبل و بعد از تجدید آرایش و نیز حالت غربالی 78

شکل 5- 4- دیاگرام تک خطی شبکه‌ی توزیع 94 باسه Taiwan 80

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

فصل دوم: بررسی و مقایسه‌ی روش‌های تجدید آرایش شبکه‌های توزیع فشار متوسط

جدول 2- 1- نتایج حاصل از اجرای اول الگوریتم پیشنهادی Gomes و همکارانش بر روی شبکه‌ی نمونه 16 باسه 20

جدول 2- 2- نتایج حاصل از اجرای دوم الگوریتم پیشنهادی Gomes و همکارانش بر روی شبکه‌ی نمونه 16 باسه 20

جدول 2- 3- نتایج حاصل از اجرای سوم الگوریتم پیشنهادی Gomes و همکارانش بر روی شبکه‌ی نمونه 16 باسه 21

جدول 2- 4- مقایسه‌ی انواع روش‌های موجود در تجدید آرایش شبکه‌های توزیع برای شبکه‌ی توزیع 33 باسه 31

جدول 2- 5- مقایسه‌ای بین روش‌های ACO، SA و GA برای بازآرایی شبکه‌ی توزیع 16 باسه 32

فصل چهارم: روش‌های پیشنهادی مبتنی برگراف و جزئیات پیاده سازی آنها بر روی یک شبکه‌ی نمونه

جدول 4- 1- مقادیر وزن‌ها در اجرای اول الگوریتم پیشنهادی (1) (حالت غربالی) برای شبکه توزیع 16 باسه 60

جدول 4- 2- مقادیر وزن‌ها در اجرای دوم الگوریتم پیشنهادی (1) برای شبکه توزیع 16 باسه 61

جدول 4- 3- مقادیر وزن‌ها در اجرای سوم الگوریتم پیشنهادی (1) برای شبکه توزیع 16 باسه 62

جدول 4- 4- مراحل الگوریتم پیشنهادی (1) برای تجدید آرایش بر روی شبکه 16 باسه 63

جدول 4- 5- مراحل الگوریتم پیشنهادی (2) برای تجدید آرایش بر روی شبکه 16 باسه 72

فصل پنجم: نتایج پیاده سازی الگوریتم‌های (1) و (2) بر روی 4 سیستم نمونه و مقایسه‌ی آنها با روش‌های دیگر

جدول 5- 1- مقایسه‌ی نتایج روش‌های پیشنهادی (1) و (2) با روش‌های دیگر بر روی شبکه نمونه 16 باسه 74

جدول 5- 2- مقایسه‌ی نتایج روش‌های پیشنهادی (1) و (2) با روش‌های دیگر بر روی شبکه نمونه 33 باسه 76

جدول 5- 3- مقایسه‌ی نتایج روش‌های پیشنهادی (1) و (2) باروش‌های دیگر بر روی شبکه‌ی نمونه 70 باسه 79

جدول 5- 4- مقایسه‌ی تعداد کلید زنی روش پیشنهادی (1) با روش مرجع [42] بر روی شبکه‌ی نمونه 70 باسه 79

جدول 5- 5- مقایسه‌ی نتایج روش‌های پیشنهادی (1) و (2) با روش‌های دیگر بر روی شبکه توزیع 94 باسه 81

جدول 5- 6- مقایسه‌ی تعداد محاسبات پخش بار در روش‌های پیشنهادی (1) با مراجع [29] و [64] 82

پیوست

جدول الف- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 16 باسه 94

جدول ب- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 33 باسه 95

جدول ج- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 70 باسه 97

جدول د- اطلاعات بار شبکه‌ی توزیع 96 باسه Taiwan 100

فصل اول

مقدمه

1- 1- مقدمه

صنعت برق رسانی در سال 1882 میلادی همزمان با شروع به کار نخستین نیروگاه برق، نیروگاه برق پیرل استریت[1] در شهر نیویورک به‌وجود آمد. این صنعت با سرعت زیادی رشد کرد و نیروگاه‌ها و شبکه‌های انتقال و توزیع در سراسر کشورها گسترش یافتند. به طور کلی، هر سیستم قدرت شامل سیستم‌های تولید، انتقال و توزیع است. نحوه‌ی رسیدن برق به مصرف کننده‌ها به صورت شماتیکی در شکل (1- 1) نشان داده شده است [1]. سیستم توزیع[2] قسمتی از یک سیستم قدرت می‌باشد که انرژی را از بخش انتقال دریافت می‌کند و به مصرف کننده‌های برق می‌رساند. عملکرد سیستم توزیع تابعی از شرایط متغیر مصرف کننده‌ها می‌باشد. بدلیل گستردگی سیستم توزیع، مجموع سرمایه‌گذاری در این بخش همانند بخش تولید زیاد و با اهمیت است [2].

هر سیستم توزیع به‌طور کلی به سه قسمت عمده تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

1- **فیدرهای فشار متوسط**[3]: انرژی را از پست‌های فوق توزیع به پست‌های فشار ضعیف منتقل می‌کند.

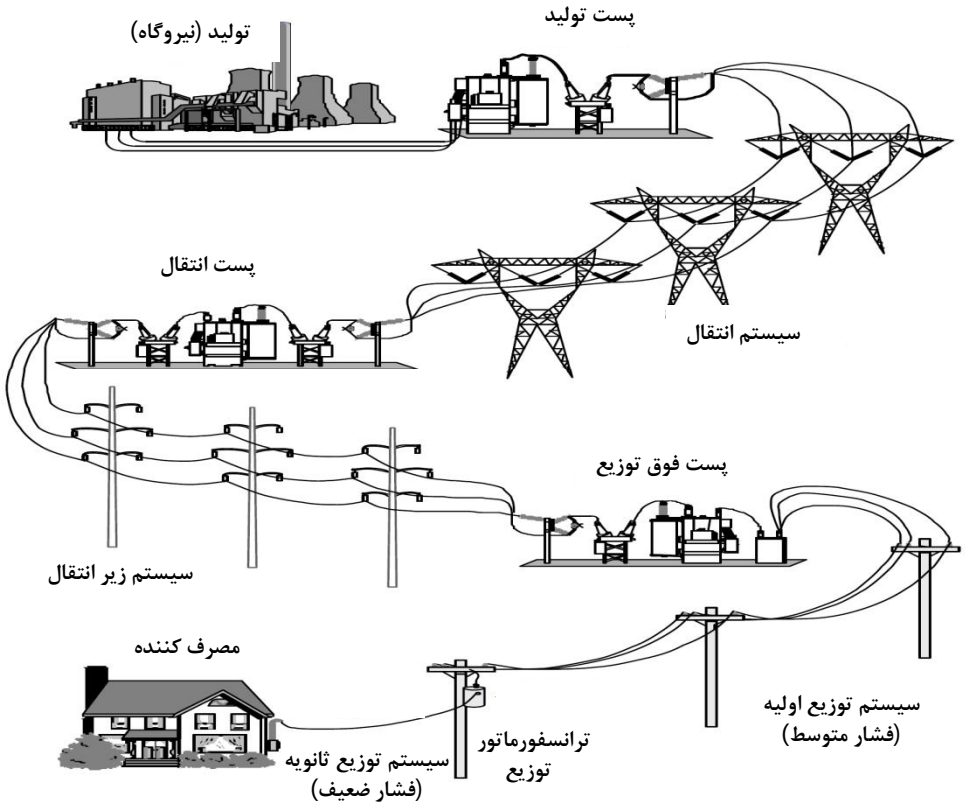
2- **ترانسفورماتورهای توزیع**[4] **(پست توزیع)**: ولتاژ دریافت شده از فیدر فشار متوسط را کاهش می‌دهد.

3- **فیدرهای فشار ضعیف**[5]: انرژی الکتریکی دریافت شده از پست توزیع را در اختیار مشترکین قرار می‌دهد.

1-2- اتوماسیون شبکه‌ی توزیع و کارکردهای کنترل

با رشد فزاینده‌ی میکروپروسسورها و تکنولوژی‌های ارتباط از راه دور و کاهش قیمت آن‌ها فرصت مناسب و مطلوبی برای کنترل‌های پیشرفته درسیستم‌های الکتریکی قدرت مخصوصاً در اتوماسیون شبکه‌های توزیع فراهم شده است [5-3]. امروزه میکروپروسسورها از الگوریتم‌هایی بهره می‌گیرند که امکان کنترل بهنگام آرایش سیستم توزیع را در زمان واقعی[6] فراهم می‌کنند. مثلاً با کنترل نرم افزاری کلیدهای قطع بار، می‌توان بارگذاری عادی ترانسفورماتورهای پست را از طریق کلیدهای معمولاً باز فیدرها، اقتصادی‌تر کرد. نصب سیستم کنترل نظارتی و کسب داده‌ها از راه دور در پست‌های فوق توزیع، که معمولاً با کامپیوتر راهبری می‌شود، افزایش یافته است. برخی از کارکردهای اتوماسیون شبکه‌ی توزیع عبارت‌اند از [2]:

[1] Pearl Street
[2] Distribution system
[3] Primary Feeders
[4] Distribution Transformers
[5] Secondry Feeders
[6] Real- time



شکل 1- 1: شماتیکی از نحوه‌ی رسیدن برق به مصرف کننده‌ها [1].

1- **کلید زنی اختیاری بار**: این کارکرد، مدیریت بار مشترک (مصرف کننده) نامیده می‌شود. کنترل مستقیم بار مشترک‌ها از یک مرکز دوردست صورت می‌گیرد. این کنترل به منظور کاهش بار در اوج مصرف، کاهش بار یک پست فوق توزیع یا یک فیدر خاصی که اضافه بار دارد، صورت می‌گیرد. آن دسته از بارهای مشترکان که کنترل می‌شوند عبارتند از: آبگرمکن، تهویه مطبوع، سیستم‌های گرمایش، خنک‌کننده‌ها و غیره.

2- **قیمت گذاری اوج بار**: اجرای این کارکرد به کمک برنامه‌های قیمت‌گذاری اوج بار انجام می‌گیرد. که در آن ثبت‌کننده‌های[1] مخصوص اندازه‌گیری به طور خودکار از راه دور کلیدزنی می‌شوند، تا اندازه‌گیری متناسب با اوقات روز صورت گیرد.

3- **قطع بار**: این کارکرد، امکان قطع سریع مجموعه‌ی بزرگی از بارها را در شرایط معینی، بر طبق اولویتی خاص، فراهم می‌کند.

4- **اتصال بار قطع شده**: این کارکرد نتیجه‌ای از کارکرد قطع بار است و تضمین کننده‌ی کنترل اتصال بار قطع شده است.

[1] Registers

5- **بازآرایی بار**: این کارکرد، کلیدهای معمولاً باز[1] و معمولاً بسته[2] را از راه دور کنترل می‌کند. به وسیله‌ی بازآرایی[3] فیدرها، می‌توان بر تقسیم بندی بار بین فیدرها[4] (تغذیه‌کننده‌ها) نظرات داشت. این عملیات برای اهدافی مانند کاهش تلفات اهمی و بهبود پروفیل ولتاژ انجام می‌گیرد. بازآرایی بار امکان تغذیه‌ی بارهای بزرگ را بدون تقویت فیدر یا ساخت فیدر جدیدی فراهم می‌سازد. همچنین این امکان را فراهم می‌کند که تعمیر و نگهداری فیدرها بدون قطع بار مشترکان انجام گیرد.

6- **تنظیم ولتاژ**: این کارکرد، امکان کنترل از راه دور هماهنگ ولتاژ کل سیستم را از طریق کلیدزنی خازن‌های شبکه فراهم می‌کند.

7- **مدیریت بار ترانسفورماتور**: این کارکرد، گزارش‌دهی پیوسته‌ی داده‌های بار و دمای هسته‌ی ترانسفورماتور را مقدور می‌کند و با تقویت، جابجایی، یا بازآرایی به هنگام ترانسفورماتورها، جلوی اضافه باری، سوختن، یا کارکرد غیر عادی آنها را می‌گیرد.

8- **مدیریت بار فیدرها**: این کارکرد، مشابه مدیریت بار ترانسفورماتورها است، با این تفاوت که آگاه‌سازی و اندازه‌گیری را برای بار فیدرها یا بخش‌هایی از فیدر انجام می‌دهد و بار چند فیدر را متعادل می‌کند.

9- **آشکارسازی، مکان یابی و جداسازی خطا**: حسگرهای موجود در شبکه‌ی توزیع می‌توانند خطای رخ داده در شبکه را آشکار کنند و شرایط غیرعادی شبکه را گزارش کنند. با استفاده از این داده‌ها، می‌توان محل رخ دادن خطا را پیدا کرد و با جداسازی بخش‌هایی که در آن‌ها خطا رخ داده، عملیات بازآرایی را انجام داد.

10- **بررسی بار**: این کارکرد، شامل جمع آوری و ثبت خودکار داده‌های بار می‌باشد و اطلاعات دقیق و بهنگام را برای تحلیل‌های مهندسی سیستم قدرت فراهم می‌کند.

میزان توانمندی اتوماسیون در شبکه‌های توزیع به میزان نفوذ سیستم‌های خودکار کنترل از راه دور در شبکه‌ی توزیع وابسته است. انتخاب یک سیستم ارتباطی ویژه یا ترکیبی از سیستم‌ها، به کارکردهای کنترلی، مقدار و سرعت لازم برای انتقال داده‌ها، آرایش سیستم موجود، تراکم نقاط کنترل و البته قیمت تجهیزات وابسته است. از سیستم‌های مانند دو یا چند سیستم ارتباطی مختلف می‌توان بین شرکت برق رسانی و مشترک استفاده کرد. مثلاً می‌توان بین پست کنترل و ترانسفورماتور توزیع از حامل

[1] Normally open (tie switches)
[2] Normally closed
[3] Reconfiguration
[4] Feeders

رادیویی و بین ترانسفورماتور و ثبت‌کننده‌های اطلاعات مشترکین از حامل خط قدرت[1] استفاده کرد. همچنین ممکن است خط رفت از نوع سیستم ارتباطی پخش‌کننده رادیویی[2] و سیستم بازگشت از نوع سیستم ارتباطیVHF[3] رادیویی باشد. در مجموع سیستم‌های ارتباطی مختلفی برای اتوماسیون شبکه‌ی توزیع وجود دارد که عبارتند از:

1- حامل خط قدرت

2- حامل رادیویی

3- حامل (خطوط) تلفنی

4- امواج بسیار کوتاه

5- کابل‌های اختصاصی مانند فیبرهای نوری

سیستم‌های حامل خط قدرت، از خط‌های توزیع برق برای انتقال سیگنال‌های ارتباطی استفاده می‌کنند. مزیت سیستم حامل خط قدرت در پوشش کامل کل سیستم برق و کنترل کامل شرکت برق رسانی است. عیب آن در این است که بر اثر عیب و خرابی بخش عمده‌ی سیستم توزیع، سیستم ارتباطی نیز ممکن است مختل شود. بنابراین باید تجهیزات دیگری به سیستم توزیع اضافه کرد.

در سیستم‌های حامل رادیویی، سیگنال‌های ارتباطی به وسیله‌ی امواج رادیویی از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر انتقال می‌یابند و شرکت‌های برق رسانی می‌توانند آنها را به‌کار گیرند. در این نوع سیستم انتقال، سیستم ارتباطی از سیستم توزیع جدا است و به وضعیت آن وابسته نیست. این سیستم می‌تواند با نرخ داده‌ی بسیار بالایی کار کند. عیب اصلی سیستم رادیویی، در آن است که مسیر سیگنال می‌تواند سهواً یا عمداً مسدود شود. در سیستم‌های حامل تلفنی، از خط‌های تلفن موجود برای ارتباط سیگنالی استفاده می‌کنند. بنابراین کمترین هزینه را دارد. اما تلفن‌های موجود تعرفه‌بندی شده‌اند و اکنون جزء گرانترین سیستم‌ها است. عیب دیگر این سیستم در آن است که شرکت‌های برق رسانی کنترل کامل بر سیستم تلفن ندارند و در همه‌ی مکان‌های اندازه‌گیری، یا در نزدیکی آن‌ها، خدمات تلفنی ممکن است وجود نداشته باشد.

بطور خلاصه، سیستم‌های توزیع آینده نسبت به امروز پیچیده‌ترند و این به معنای پیچیده‌تر شدن وظیفه‌ی طرح‌ریزان سیستم توزیع است. برای بهینه کردن هزینه‌ی ساخت، سرمایه‌گذاری، کارایی و بازده‌ی کارکرد سیستم‌هایی که باید طراحی شوند، ابزارهای طرح‌ریزی و کاری بهتری لازم است.

[1] Power- line carrier
[2] Broadcast radio
[3] Very High Frequence