بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق- قدرت

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد برق - قدرت

تاثیرات جایابی تولیدات پراکنده بر میزان قابلیت اطمینان با منظور کردن اثر ادوات حفاظتی

نویسنده:

عباس سرداری

استاد راهنما:

دکتر کاظم مظلومی

استاد مشاور:

دکتر شهرام محمدی

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر مهربان و مادر صبورم

و

همه کسانی که دوستشان دارم

با سپاس فراوان از:

دکتر کاظم مظلومی

دکتر شهرام محمدی

دکتر سعید جلیل زاده

دکتر منصور اوجاقی

چکیده

در این پایان نامه تاثیر جایابی تولیدات پرکنده بر میزان قابلیت اطمینان شبکه با در نظر گرفتن اثر ادوات حفاظتی بررسی می‌شود. تولیدات پراکنده بدلیل نزدیکی به مصرف‌کنندگان، می‌توانند سبب افزایش شاخص‌های قابلیت اطمینان و کاهش تلفات شبکه شوند. اساس این تحقیق بر پایه یک روش احتمالاتی با استفاده از الگوریتم هوش مصنوعی قورباغه بهبودیافته می‌باشد. ابتدا با توجه به اطلاعات شبکه و روش‌های پخش بار ویژه شبکه‌های شعاعی میزان تلفات شبکه محاسبه می‌شود. در ادامه با در نظر گرفتن انواع بارها با نرخ جریمه‌های مختلف و بهره گیری از نظریه گراف برای شبیه سازی، محاسبات شبکه و تعیین محدوده جزیره ***DG***ها، شاخص‌های قابلیت اطمینان بررسی شده و عملکرد ادوات حفاظتی مورد بررسی قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن یک دیدگاه اقتصادی به مسئله و معرفی توابع هزینه‌ی متناسب با هر پارامتر، تابع هدفی چند ضابطه‌ای به عنوان تابع اصلی تعیین می‌شود. در نهایت هدف این تابع یافتن بهترین ترکیب مجاز برای نصب واحدهای تولید پراکنده با شرط اقتصادی‌ترین ترکیب می‌باشد.

کلمات کلیدی : جایابی تولیدات پراکنده، قابلیت اطمینان، ادوات حفاظتی، تلفات، الگوریتم قورباغه

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- هدف از پژوهش ۲

۱-۳- تولیدات پراکنده ۳

۱-۴- مرور کارهای گذشته ۳

۱-۵- تعریف قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت ۴

۱-۶- نوآوری‌ها ۵

فصل دوم: نحوه محاسبه تلفات و هزینه‌های ناشی از آن ۶

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- الگوریتم اجرای پخش بار ۸

۲-۲-۱- شماره گذاری گره‌ها و شاخه‌ها ۸

۲-۲-۲- تعیین گره‌ها پس از هر شاخه‌ها ۹

۲-۲-۳- فرمول های ریاضی ۱۱

۲-۳- مقایسه نتایج حاصل از پخش بار شبکه های شعاعی با روش های دیگر پخش بار ۱۴

۲-۴- تعریف تابع هزینه متناسب با میزان تلفات شبکه ۱۷

۲-۴-۱- نقش تولیدات پراکنده بر کاهش تلفات شبکه‌های شعاعی ۱۷

۲-۴-۲- تابع هزینه در طول یک بازه زمانی ۱۷

فصل سوم: ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های قدرت ۲۰

۳-۱- مقدمه ۲۱

۳-۲- مباحث پایه ای قابلیت اطمینان ۲۱

۳-۲-۱- تعریف ۲۱

۳-۲-۲- مفاهیم کلی ۲۲

۳-۲-۳- قابلیت اعتماد سیستم های قابل تعمیر ۲۵

۳-۳- مروری بر روشهای ارزیابی قابلیت اطمینان ۲۶

۳-۴- سطوح قابلیت اطمینان و معرفی شاخص ها در شبکه قدرت ۳۱

۳-۴-۱- سطح اول ۳۲
۳-۴-۲- سطح دوم ۳۳
۳-۴-۳- سطح سوم ۳۴
۳-۴-۳-۱- شاخص های مربوط به مصرف کننده ۳۴
۳-۴-۳-۲- شاخص های مربوط به بار و انرژی ۳۶
۳-۵- ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه قدرت با در نظر گرفتن تولیدات پراکنده ۳۷
۳-۵-۱- تشکیل ماتریس نرخ خطا ۳۷
۳-۵-۲- محاسبه زمان بی‌برقی مصرف کنندگان ۴۰
۳-۵-۳- تاثیر تولیدات پراکنده بر قابلیت اطمینان سیستم ۴۲
۳-۶- تعریف تابع هزینه متناسب با شاخص های قابلیت اطمینان ۴۳
۳-۶-۱- تعیین نرخ جریمه بی برقی برای انواع بار ها ۴۳
۳-۶-۲- تعریف تابع هزینه ۴۶

فصل چهارم: ادوات حفاظتی شبکه های شعاعی ۴۷
۴-۱- مقدمه ۴۸
۴-۲- تعاریف و مشخصات فیوزها ۴۸
۴-۲-۱ جریان نامی و حداقل جریان ذوب عنصر فیوز ۴۹
۴-۲-۲ مشخصه زمان - جریان ۵۰
۴-۲-۳ تقسیم بندی فیوزها به لحاظ عملکرد ۵۰
۴-۳- انواع فیوزها از نظر قدرت ۵۲
۴-۳-۱ فیوزهای فشار ضعیف ۵۲
۴-۳-۲ فیوزهای کات-اوت ۵۳
۴-۳-۳ فیوزهای قدرت ۵۴
۴-۴- قواعد هماهنگی ۵۵
۴-۴- ۱ انتخاب فیوز در انتهای شاخه ۵۵
۴-۴-۲ هماهنگی فیوز - فیوز ۵۶
۴-۴-۳ هماهنگی فیوز - ریکلوزر ۵۷
۴-۵- تاثیر جایابی تولیدات پراکنده بر عملکرد ادوات حفاطتی شبکه های شعاعی ۵۸
۴-۶- تعریف تابع هزینه متناسب با تعویض یا ارتقاء سطح ادوات حفاظتی ۶۱

فصل پنجم: الگوریتم کامپیوتر ۶۳
۵-۱- مقدمه ۶۴
۵-۲- الگوریتم هوش مصنوعی قورباغه بهبود یافته ۶۴
۵-۲-۱ الگوریتم شبیه‌سازی قورباغه ۶۴
۵-۲-۲ بهبود الگوریتم قورباغه ۶۶
۵-۲-۳ تعیین اعضای هر یک از افراد جامعه برای جایابی تولید پراکنده ۶۸
۵-۳- ارزش گذاری هر فرد ۶۹
۵-۳-۱ دریافت اطلاعات شبکه ۶۹
۵-۳-۲ محاسبه هزینه‌ها قبل از نصب تولیدات پراکنده ۷۰
۵-۳-۳ محاسبه هزینه‌ها پس از نصب تولیدات پراکنده ۷۱
۵-۳-۳- ۱ هزینه تلفات ۷۱
۵-۳-۳- ۲ هزینه جریمه پرداختی به مصرف کنندگان ۷۲
۵-۳-۳-۲-۱ تعیین محدوده جزیره ۷۲
۵-۳-۳-۲-۲ شبیه سازی جزیره توسط نظریه گراف ۷۴
۵-۳-۳-۳ هزینه هماهنگی مجدد ادوات حفاظتی ۸۰

فصل ششم: مطالعه موردی ۸۴
۶-۱ - مقدمه ۸۵
۶-۲- توصیف شبکه ۸۵
۶-۳- اجرای الگوریتم ۹۱

فصل هفتم: نتیجه گیری ۱۰۱
۷-۱ نتیجه‌گری ۱۰۲
۷-۲ پیشنهادات ۱۰۳

فصل هشتم: مراجع ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ : زیرمجموعه‌های قابلیت اطمینان سیستم ۴
شکل ۲-۱ : مدل شماره گذاری گره‌ها و شاخه‌ها ۹
شکل ۲-۲ : دیاگرام تک خطی شاخه ۱۲
شکل ۳-۱ : نمودار فضای حالت برای سیستم تک عضوی تعمیرپذیر ۲۵
شکل ۳-۲ : نمودار فضای حالت برای سیستم دو عضوی تعمیرپذیر ۳۰
شکل ۳-۳ : سطوح ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های قدرت ۳۲
شکل ۳-۴ : شکل مربوط به تشکیل ماتریس نرخ خطا (λ) ۳۹
شکل ۳-۵ : شکل مربوط به تغییر شماره گذاری باس‌ها برای تسهیل در محاسبه زمان بی‌برقی نقاط بار ۴۰
شکل ۳-۶ : محاسبه $U_{۴,۱}$ و $U_{۳,۳}$ از مسیرهای مربوطه ۴۱
شکل۳-۷ : نحوه قرارگیری DG در شبکه ۴۲
شکل ۴-۱: نمونه‌ای از منحنی زمان - جریان فیوز تحت شرایط عملکرد ۵۱
شکل ۴-۲ : مشخصه MMT دو فیوز $۱۵T$ و $۱۵K$ ۵۲
شکل ۴-۳ : فیوز فشار ضعیف و پایه نصب آن ۵۳
شکل ۴-۴: شکل ظاهری و ساختمان داخلی فیوزهای کات-اوت ۵۴
شکل ۴-۵: شکل ظاهری فیوزهای قدرت ۵۵
شکل ۴-۶: هماهنگی فیوزهای سری ۵۶
شکل ۴-۷: هماهنگی بین مشخصه فیوز و رکلوزر ۵۸
شکل ۴-۸: میزان جریان خطای عبوری از رله ۵۹
شکل ۴-۹: تاثیر DG بر میزان جریان خطای عبوری از رله ۶۰
شکل ۴-۱۰: منحنی مشخصه رله R به همراه جریان‌های I_{fN} و $I_{f\,total}$ ۶۰
شکل ۵-۱: نحوه اصلاح موقعییت بدترین قورباغه ۶۵
شکل ۵-۲: بهبود جهش بدترین قورباغه به سمت بهترین قورباغه ۶۷
شکل ۵-۵ : نحوه تولید افراد در الگوریتم قورباغه ۶۸
شکل ۵-۶: کلیه بارهای قابل تغذیه توسط DG ۷۲
شکل ۵-۷: بررسی شروط تشکیل جزیره برای بارهای ۴، ۵، ۶ و ۱۵ ۷۳
شکل ۵-۸: نرخ خطای خطوط شبکه و نمایش محدوده جزیره DG ۷۴
شکل ۵-۹: نمودار گراف شبکه رسم شده توسط نرم افزار مطلب ۷۶

شکل ۵-۱۰: گراف دو طرفه شبکه ۷۶
شکل ۵-۱۱: نمایش مسیر خطای بارهای جزیره پیش از نصب ***DG*** ۷۷
شکل ۵-۱۲: نمایش مسیر خطای بارهای جزیره پس از نصب ***DG*** ۷۷
شکل ۵-۱۲: بار واقع در محدوده مشترک بین دو جزیره ۷۹
شکل ۵-۱۳: محدوده تفکیک شده بین جزایر و گسترش آنها ۷۹
شکل ۵-۱۴: ماکزیمم و مینیمم جریان خطای قابل رویت توسط فیوزها قبل از نصب ***DG*** ها ۸۰
شکل ۵-۱۵: مینیمم جریان خطای عبوری از فیوز F_3 در حضور ***DG*** نصب شده در باس ۱۶ ۸۱
شکل ۵-۱۶: نمودار مدار معادل امپدانس شبکه در حالت اتصال کوتاه ۸۱
شکل ۵-۱۷: نمایش جریان خطای عبوری از فیوز و جریان خطای کل بر روی نمودار ۸۲
مشخصه فیوز
شکل ۶-۱: شبکه ۳۳ شینه استاندارد ***IEEE*** ۸۵
شکل ۶-۲: نمودار گراف شبکه ۹۳
شکل ۶-۳: جریان نامی فیوزهای شبکه ۹۳
شکل ۶-۴: مشخصه ***MMT*** فیوزهای تندسوز ۹۴
شکل ۶-۵: مکان، تعداد و ظرفیت ***DG*** های نصب شده در شبکه ۹۵
شکل ۶-۶: جریان‌های خطای ماکزیمم و مینیمم فیوزها ۹۶
شکل ۶-۷: مقایسه جریان خطای عبوری از فیوزها قبل و بعد از نصب ***DG*** ها ۹۷
شکل ۶-۸: هماهنگی مجدد فیوز F_1 ..... ۹۷
شکل ۶-۹: روند همگرایی الگوریتم ۹۸

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : ارتباطات شبکه ۹
جدول ۲-۲ : نتایج حاصل از پخش بارها (ولتاژ شین‌ها بر حسب کیلو ولت) ۱۴
جدول ۲-۳ : نرخ فروش برق در سال ۱۳۹۰ ..... ۱۶
جدول ۳-۱ : جدول شاخص تجهیزات ۳۷
جدول ۳-۲ : نرخ جریمه انواع مصرف کنندگان ۴۴
جدول ۴-۱: مقادیر نتظیم پیشنهادی کارخانه برای فیوزهای تندکار (***K***) ۵۷
جدول ۵-۱: بررسی نرخ خطای بارهای واقع در محدوده جزیره، قبل و پس از نصب ***DG*** ۷۸
جدول ۶-۱: مشخصات خطوط شبکه ۸۶
جدول ۶-۲: مشخصات نقاط بار شبکه (شین‌ها) ۸۷
جدول ۶-۳ : نرخ جریمه انواع مصرف کنندگان ۹۰
جدول ۶-۴ : نرخ فروش برق در سال ۱۳۹۰ ..... ۹۰
جدول ۶-۵: وضعیت قابلیت اطمینان شبکه پیش از نصب ***DG*** ۹۲
جدول ۶-۶: فیوزهای انتخابی شبکه ۹۴
جدول ۶-۷: جریان خطای عبوری از فیوزها قبل و بعد از نصب ***DG*** ها ۹۶
جدول ۶-۸: هماهنگی مجدد و انتخاب فیوزهای مناسب برای شبکه با حضور ***DG*** ها ۹۸
جدول ۶-۹: تاثیر نصب ***DG*** بر میزان شاخص‌های مختلف ۹۹

فهرست نمودارها

نمودار ۲-۱ : مقایسه نتایج حاصل از پخش بارهای مختلف ۱۶

نمودار ۲-۲ : مقایسه تلفات سیستم - محاسبه شده بر مبنای نتایج روش‌های مختلف- بر حسب کیلو وات ۱۶

نمودار ۳-۱ : تابع چگالی احتمالی، $Q(t)$ احتمال خرابی در مدت t ، $R(t)$ احتمال سالم ماندن بعد از مدت t ۲۳

نمودار ۳-۲ : نرخ جریمه انواع مصرف کنندگان ۴۵

نمودار ۶-۱: تقسیم بندی انواع بارها بر مبنای حجم آن‌ها (kw) ۸۸

نمودار ۶-۲: تقسیم بندی انواع بارها بر مبنای تعداد آن‌ها ۸۹

نمودار ۶-۳: ولتاژ شین‌ها بر حسب کیلو ولت ۹۲

نمودار ۶-۴: مقایسه هزینه‌ها قبل و پس از نصب DG ها ۱۰۰

نمودار ۶-۵: مقایسه شاخص‌های قابلیت اطمینان قبل و پس از نصب DG ها ۱۰۰

فصل اول

مقدمه

۱ - ۱ مقدمه

نرخ سود دهی صنعت برق بشدت تحت تاثیر اثرات اقتصادی و اجتماعی ناشی از خاموشی‌ها قرار دارد. هزینه ناشی از یک خاموشی گسترده می‌تواند بالغ بر ده‌ها میلیارد تومان باشد[۱]. در صورتی که یک خاموشی منجر به ایجاد خاموشی‌های زنجیره‌ای شود و بخش عظیمی از شبکه خاموشی را تجربه کند، آنگاه هزینه خسارات وارده بیش از صدها میلیارد تومان می باشد. سیستم‌های قدرت در برابر اختلال‌هایی همچون بروز خطاها، عملکرد نادرست سیستم‌های حفاظتی ، صاعقه و خطاهای انسانی آسیب پذیر می‌باشند. بنابر این در طراحی و عملکرد شبکه‌های قدرت، مداومت در تولید یک انرژی مطمئن از مهم‌ترین اهداف بشمار می‌آید.

در این پایان نامه مجموعه‌ای از تلاش‌های تحقیقاتی و پیاده سازی‌های نرم‌افزاری برای تبیین الگوریتمی با هدف ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع قدرت ارائه می‌گردد. این الگوریتم تاثیر نصب واحدهای تولید پراکنده را بر میزان بهبود قابلیت اطمینان شبکه و همچنین تاثیر ادوات حفاظتی را مورد بررسی قرار می دهد. برای انجام محاسبات احتمالاتی از الگوریتم هوش مصنوعی قورباغه بهبود یافته کمک گرفته شده است. تلاش می‌گردد برای افزایش سرعت و دقت محاسبات روشی بر پایه نظریه گراف برای شبیه سازی شبکه ارائه گردد.

۱ - ۲ هدف از پژوهش

یکی از اهداف این تحقیق برآورد میزان بهبود شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه با حضور واحدهای تولید پراکنده می‌باشد. این مهم در شرایطی بررسی می‌شود که محدودیت‌های شبکه همچون ماکزیمم توان قابل نصب واحدهای تولید پراکنده و نتایج مطالعات امکان سنجی نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. در این تحقیق یک الگوریتم کامپیوتری با دریافت اطلاعات (مقادیر امپدانس خطوط، تعداد شینه‌ها، چگونگی ارتباط بین شینه‌ها، مشخصات مصرف کنندگان، نرخ خطای خطوط و . . .) شبکه را شبیه سازی می‌کند. این الگوریتم به طور مرحله به مرحله عمل کرده و پس از دریافت اطلاعات بکمک روش پخش بار ویژه شبکه‌های شعاعی آن را تحلیل کرده و مقادیر ولتاژ و جریان هر شین را محاسبه می‌کند. در ادامه شبکه را از دیدگاه تلفات و شاخص‌های قابلیت اطمینان مورد بررسی قرار می‌دهد. ترکیبی از

واحدهای تولید پراکنده را از لحاظ تعداد، ظرفیت و مکان نصب در شبکه در نظر گرفته و مراحل الگوریتم را تکرار می‌کند. به کمک روش‌های احتمالاتی بهترین ترکیب از واحدهای تولید پراکنده را با توجه به اهداف پژوهش انتخاب می‌کند.

نصب واحدهای تولید پراکنده می‌تواند در عملکرد سیستم‌های حفاظتی اختلال ایجاد کند. از این رو پس از تعیین مکان نصب واحدهای تولید پراکنده، عملکرد سیستم حفاظتی شبکه را بررسی نموده و هماهنگی‌های مورد نیاز بین تجهیزات را برقرار می‌کنیم.

۱ - ۳ تولیدات پراکنده

تولیدات پراکنده در انواع مختلفی همچون ژنراتورهای سنکرون گردنده توسط توربین‌های گازی، ژنراتورهای القایی گردنده توسط توربین‌های بادی، مولدهای سوختی بهمراه مدارات اینورتری و مدل‌های دیگر وجود دارند.

استفاده از منابع تولید پراکنده در حال گسترش می‌باشد. کاهش هزینه‌ها را می‌توان مهم‌ترین دلیل این رشد روز افزون برشمرد. بکارگیری واحدهای تولید پراکنده می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های تولید در شرایط پیک بار یا آزاد شدن بخشی از توان سیستم شود.

۱ - ۴ مرور کارهای گذشته

پیش از سال ۱۹۶۰ قابلیت اطمینان یک سیستم توسط مقایسه شدن با تجارب حاصل از سیستم‌های موجود تخمین زده می‌شد و از روش‌های محاسبه تخمینی برای پیش بینی قابلیت اطمینان سیستم جدید استفاده می‌شد.

در طی یک دهه پس از سال ۱۹۶۰ کارهای قابل توجهی در زمینه قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت صورت پذیرفت و مقالات بسیاری انتشار یافت. بارزترین این مقالات دو مقاله بود که توسط جمعی از نویسندگان شرکت‌های وستینگ‌هاوس الکتریک [۲] و خدمات عمومی گاز انتشار یافت[۳].

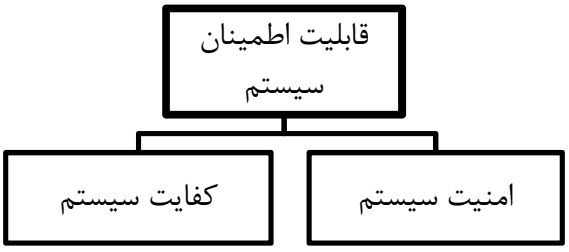
روش‌های ارائه شده در این مقالات بسیار مشابه بودند و نتایج حاصل نشان دهنده استفاده بیشتر از روش‌های نظری همچون روش مارکوف بودند. روش زنجیره مارکوف در زمینه قابلیت اطمینان

سیستم‌های قدرت در مرجع [۴] به طور کامل شرح داده شده است. رهیافت مارکوف معمولاً در نرم افزارهای کامپیوتری استفاده می‌شود، چرا که به حافظه قوی کامپیوترها و گردکردن خطاهای حاصل از حل مسئله در سیستم‌های بزرگ نیازمند است.

در مقالات پیشین [۲، ۳ و ۴] بیشتر تمرکز بر روی قابلیت اطمینان سیستم‌های انتقال بوده است. در حالی که مقالات بعدی تمرکز خود را بر روی قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع قرار دادند. این امر سبب توسعه تحقیقات پیشین [۴] شد، که سعی در شرح مجموعه روش‌های محاسبه قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت داشتند. در مرجع [۵] قیدهای وابسته به عملیات کلیدزنی نیز در نظر گرفته شده‌اند. اما بدلیل محاسبات پخش بار بیشمار از سرعت نسبی کمی برخوردار می‌باشد. یکی از جنبه‌هایی که مورد بررسی قرار گرفته است اثر تولیدات پراکنده بر قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت می‌باشد. در مرجع [۶] در مورد نحوه اتصال تولیدات پراکنده تحقیق شده است و نتایج حاصل منجر به تبیین یک رویکرد واحد و یک پارچه در رابطه با الزامات اتصال واحدهای تولید پراکنده شد. در مرجع [۷] جنبه‌های مختلفی از تولیدات پراکنده همچون حفاظت، هارمونیک‌ها، ناپایداری‌ها و کنترل ولتاژ و فرکانس در رابطه با سیستم‌های توزیع مورد بررسی قرار گرفته اند.

۱ - ۵ تعریف قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت

تابع عملکردی یک سیستم قدرت الکتریکی، تغذیه‌ای همراه با پیوستگی و کیفیت قابل قبول برای بارهای سیستم می‌باشد. به طور معمول توانایی سیستم در تامین انرژی الکتریکی مناسب توسط طیفی از قابلیت اطمینان تعیین می‌شود. مفهوم قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت بسیار گسترده می‌باشد و تمام جنبه‌های تامین نیازهای مصرف‌کنندگان را پوشش می‌دهد. در شکل (۱) تقسیم بندی منطقی برای زیر مجموعه‌های قابلیت اطمینان یک سیستم نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ : زیرمجموعه‌های قابلیت اطمینان سیستم

• شکل ۱-۱ دو جنبه اساسی یک سیستم قدرت را نمایش می‌دهد: کفایت سیستم[1] و امنیت سیستم[2]. کفایت سیستم با وجود امکانات کافی در سیستم برای پاسخگویی به تقاضای بار مصرف کنندگان در ارتباط می‌باشد. این شامل امکانات لازم برای تولید انرژی کافی، سیستم انتقال و امکانات توزیع مناسب برای انتقال انرژی به نقاط واقعی مصرف کننده بار می‌باشد. امنیت سیستم مربوط به توانایی سیستم برای پاسخ گویی به اختلالات و آشفتگی‌های ایجاد شده در آن سیستم می‌باشد. اغلب روش‌های احتمالاتی موجود برای محاسبه قابلیت اطمینان سیستم در حوزه برآورد کفایت سیستم عمل می‌کنند. روش ارائه شده در این تحقیق نیز بیشتر در حوزه کفایت سیستم اجرا می‌شود.

۱-۶ نوآوری‌ها

از جمله نوآوری‌های ارائه شده در این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- در نظر گرفتن انواع بارها با نرخ جریمه‌های مختلف
- استفاده از الگوریتم هوش مصنوعی قورباغه بهبود یافته در جایابی تولیدات پراکنده
- بهره گیری از گراف همیلتون برای شبیه سازی، محاسبات شبکه و تعیین محدوده جزیره ***DG***ها
- بررسی تاثیر جایابی تولیدات پراکنده بر عملکرد ادوات حفاظتی و هماهنگی مجدد ادوات پس از نصب ***DG***ها
- امکان انتخاب هر ترکیبی از لحاظ تعداد، ظرفیت و مکان نصب ***DG***ها
- بهره‌گیری از تابع هدف چند ضابطه‌ای بر مبنای هزینه و امکان بررسی همزمان پارامترهای مختلفی چون تلفات، قابلیت اطمینان و عملکرد ادوات حفاظتی

[1] - *System Adequacy*

[2] - *System Security*

فصل دوم

نحوه محاسبه تلفات و

هزینه‌های ناشی از آن

۲ - ۱ مقدمه

افزایش تقاضا برای انرژی الکتریکی، تامین کنندگان قدرت را مجبور بـه توجـه بیشـتر بـه تجزیـه و تحلیل شبکه‌های توزیع نموده است. بـه طـور کلـی ، فیـدرهای توزیـع نسـبت R / X بـالایی دارنـد و پیکربندی آنها شعاعی است. این دلایل سبب می‌شوند در مورد سیستم توزیع نتوان از روش‌های مرسـوم مانند نیوتن رافسون (تینی و هارت[۱]، ۱۹۶۷)[۸]، پخش بار دیکاپله سریع (استات و آلسـاک[۲]،۱۹۷۴) [۸] و اصلاح شده آنها (۱۹۸۹, آمرونگن[۳]) و (۱۹۹۳، هاکو[۴]) [۸] برای حل مسئله پخش بـار و همگرایـی آن استفاده نمود.

بررسی سوابق نشان می‌دهد که چندین الگوریتم کارآمد بر اساس روش جاروب گزارش شـده اسـت (۱۹۹۶، هاکو) تا (۲۰۰۳، رانجان و داس[۵]). هاکو (۱۹۹۶) [۹] یک روش برای شبکه های شعاعی و مـش را گسترش داد. در شبکه های مش، حلقه ها را باز فرض می‌کردند و در نقطه شکستن حلقه یـک شـین ساختگی اضافه می‌شده است. جریان در شاخه‌ی تشکیل دهنده حلقه با تزریق جریـان مشـابه در شـین ساختگی شبیه سازی می‌شود. این روش با استفاده از جاروب رفت و برگشتی با ولتاژ اولیه در همه گره‌ها، برابر با شین منبع که به عنوان مرجع انتخاب شده است، تصور می شود. هـیچ الگـوریتمی بـرای تعیـین خودکار گره‌های بعد از هر شاخه ارائه نشده است. گوش و داس[۶] (۱۹۹۹) [۱۰] و[۱۱] یک الگوریتم برای شناسایی گره‌های فراتر از شاخه خط ارائه دادند. این روش شامل ارزیابی عبارات جبری نیز بـوده و تنهـا اجازه محاسبه مقادیر ویژه (RMS) ولتاژ گره را می‌دهد. ناندا[۷] (۲۰۰۰) [۱۲] مشکل پخش بار را توسـط حرکت بالا و پایین در طول خط حل کرد. با این فرض که ولتاژ شین آخر هر شاخه یک پریونیت باشـد. معیار همگرایی در این روش بر اساس ولتاژ گره منبع می‌باشد. اگر اختلاف بین ولتاژ منبع محاسبه شده و مقدار مشخص شده در یک محدوده قابل قبول باشد، مسئله همگرا شده است. آراوینـد[۸] (۲۰۰۱) [۱۳] یک روش تکرار شونده را بکار برد که در آن ولتاژ گره‌ها همسان با ولتاژ منبع فـرض مـی‌شـوند. بکمـک

---

1 - *Tinney and Hart*
2 - *Stott and Alsac*
3 - *Amerongen*
4 - *Haque*
5 - *Ranjan and Das*
6 - *Gosh And Das*
7 - *Nanda*
8 - *Aravind*

ماتریس شاخه و گره، بار و جریان شاخه‌ها محاسبه شده و در ادامه مقادیر افت ولتاژ شاخه‌ها و ولتاژ گره‌ها محاسبه می‌شوند. معیار همگرایی بر اساس دو تکرار متوالی تعیین می‌شود. مخامر[1] و همکارانش (۲۰۰۲) [۱۴] بکمک معادلاتی که توسط باران و وو[2] برای هر گره توسعه داده شده بود با روشی نوین به حل مسئله پرداختند. در این روش مسئله پخش بار با در نظر گرفتن بارها به عنوان یک بار متمرکز ار مرکز فیدر حل و فصل شده است. هنگامی که ولتاژ فیدر اصلی محاسبه شد ولتاژ اولین نقطه از هر شاخه فرعی، برابر با ولتاژ نقطه اتصال شاخه با فیدر اصلی در نظر گرفته می‌شود. سپس ولتاژ نقاط دیگر بکمک معادلات بران و وو محاسبه می‌شوند. معیار همگرایی در این روش بر اساس میزان توان اکتیو و راکتیو جاری شده در خروجی‌های هر شین تعیین می‌شود. افساری[3] (۲۰۰۲) [۱۵] نیز از معادلات بران و وو استفاده کرده است. در روش افساری، ابتدا ولتاژ گره‌های واقع در ترمینال اصلی به عنوان مقادیر اولیه در معادلات رفت و برگشتی بجای مقدار یک پریونیت در نظر گرفته می‌شوند. رانجان[4] (۲۰۰۳) [۱۶] الگوریتم پخش بار توسعه یافته‌ی داس را بکمک مدل بارهای مختلط ترکیب شده اصلاح کرد و روش خود را ارائه نمود. همچنین در این روش ار جاروب رو به جلو و عقب استفاده شده است و مقدار اولیه ولتاز گره‌ها یک پریونیت فرض شده است. در روش رانجان و داس (۲۰۰۳) [۱۷] از نظریه اساسی مدارهای الکتریکی استفاده شده است. اما نویسندگان ابتدا الگوریتمی را برای شناسایی نقاط هر شاخه از شبکه بکار برده‌اند. با این حال این روش تنها میزان دامنه ولتاژ هر گره را بر اساس معادلات جبری بدست می‌آورد. نویسندگان اختلاف توان اکتیو و راکتیو پست فرعی در پایان دو تکرار موفق را به عنوان معیار همگرایی الگوریتم پشنهاد داده‌اند. اگر این اختلاف کمتر از ۰/۱ کیلو وات و ۰/۱کیلو وار باشد، حل مسئله پایان یافته است.

در این تحقیق از یک روش توسعه یافته برای شناسایی نقاط شاخه‌ها و اعمال معادلات بازگشتی برای حل مسئله پخش بار استفاده شده است. در ادامه الگوریتم پخش بار بکار رفته شرح داده شده است [۸].

۲ -۲ الگوریتم اجرای پخش بار

---

[1] - *Mekhamer*
[2] - *Baran And Wu*
[3] - *Afsari*
[4] - *Ranjan*