بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه ملایر

دانشکده مهندسی- گروه برق

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق (گرایش قدرت)

ارزیابی تأثیر کلید های خودکار بر قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع برق هوشمند

به وسیله ی :

سیامک افشاریان

استاد راهنما :

دکتر عباس فتاحی

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به...

سرمایه‌های زندگیم...

پدر و مادر فداکارم...

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانم که از زحمات و راهنمایی های استاد ارجمندم جناب آقای دکتر فتاحی،

کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم، چرا که بدون راهنمایی های آن بزرگوار، انجام این

پایان نامه غیر ممکن بود...

به نام خدا

ارزیابی تأثیر کلیدهای خودکار بر قابلیت اطمینان شبکه‌ی توزیع برق هوشمند

به وسیله‌ی:

سیامک افشاریان

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی

از فعالیت های لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی برق (گرایش قدرت)

از دانشگاه ملایر

ارزیابی و تأیید شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

دکتر عباس فتاحی، استادیار مهندسی برق قدرت (استاد راهنما).....

دکتر امیر رستگارنیا ، استادیار مهندسی برق مخابرات (استاد داور).....

دکتر اعظم خلیلی ، استادیار مهندسی برق مخابرات (استاد داور).....

دکتر مهیار یوسفی ، استادیار مهندسی معدن (نماینده تحصیلات تکمیلی).....

بهمن ماه ۱۳۹۲

چکیده

در ایـن تحقیـق تـأثیر کمـی نصـب کلیـد هـای خودکـار بـر قابلیـت اطمینـان سیسـتم‌هـای توزیـع بـرق مـورد مطالعـه قـرار مـی‌گیـرد. ایـن کلیـدها بـر روی تمـامی فیـدرها نصـب مـی شـوند و بـه-واسـطه ارتبـاطی کـه توسـط تجهیـزات مخـابراتی بـا هـم دارنـد امکـان تشـخیص محـل وقـوع خطـا و قطـع بـه موقـع قسـمت مربوطـه و همچنـین فرمـان از راه دور را فـراهم مـی کننـد. بـرای ایـن مطالعـه از روش شـبیه سـازی مونـت- کـارلو اسـتفاده مـی شـود. سیسـتم توزیـع مـورد مطالعـه بـرای ایـن پـروژه، سیسـتم تسـت روی-بیلینتـون(RBTS) مـی باشـد. ایـن شـبکه‌ی اسـتاندارد، ویـژه‌ی مطالعـات قابلیـت اطمینـان سیسـتم‌هـای قـدرت اسـت. مـدلی بـرای قابلیـت اطمینـان ایـن سیسـتم پیـاده سـازی خواهـد شـد و بـرای ارزیـابی قابلیـت اطمینـان ایـن سیسـتم، بـا اجـرای شـبیه سـازی مونـت-کـارلو، شـاخص هـای اصـلی قابلیـت اطمینـان سیسـتم محاسـبه و بـا حالـت غیـر خودکـار مقایسـه مـی‌شـوند، همچنـین بـا توجـه بـه تـأثیر پـذیری ایـن شـاخص‌هـا از مکـان قرارگیـری کلیـدهای خودکـار، بهتـرین مکـان بـرای نصـب ایـن کلیـدها بـرای داشـتن حداقل میزان انرژی فروخته نشده تعیین می‌شود.

کلمات کلیدی:

شبیه سازی مونت-کارلو، شاخص‌های قابلیت اطمینان، تجدید آرایش سیستم توزیع

فهرست مطالب

فصل اول، مقدمه ۱

۱-مقدمه ۲

فصل دوم، قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع برق ۶

۲- قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع برق ۷

۲-۱-اهمیت سیستم توزیع برق ۷

۲-۲-اهمیت ارزیابی قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع برق ۸

۲-۳-روش های افزایش قابلیت اطمینان سیستم توزیع برق ۱۱

۲-۴-اتوماسیون برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم توزیع برق ۱۱

۲-۵-مدل سازی قابلیت اطمینان یک سیستم ۱۳

۲-۵-۱-سیستم های سری ۱۵

۲-۶- مدل سازی قابلیت اطمینان سیستم توزیع ۱۷

۲-۶-۱- مدل سازی وقوع خطاها ۲۰

فصل سوم، روش پیشنهادی ۲۲

۳-روش پیشنهادی ۲۳

۳-۱- روش ارزیابی قابلیت اطمینان ۲۳

۳-۲- شاخص های قابلیت اطمینان ۲۳

۳-۲-۱- شاخص های اصلی قطعی برق ۲۳

۳-۲-۲- سایر شاخص های قطع برق ۲۴

۳-۳-اجرای شبیه سازی مونت کارلو ۲۹

۳-۳-۱- معرفی روش شبیه سازی مونت-کارلو ۲۹

۳-۳-۲- تولید اعداد تصادفی ۳۲

۳-۳-۳- تبدیل اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت ۳۴

۳-۴-تأثیر کلید های خودکار ۳۵

فصل چهارم، شبیه سازی ۳۸

۴-شبیه سازی ۳۹

۴-۱-مطالعه‌ی موردی؛ شبکه‌ی تست روی – بیلینتون ۳۹

۴-۲- مقایسه ی شاخص های قابلیت اطمینان، قبل و بعد از نصب کلید های خودکار و بررسی تأثیر مکان

کلیدها بر شاخص های قابلیت اطمینان ۴۳

۴-۲-۱- نتایج شبیه سازی ۴۶

۴-۲-۲- تحلیل نتایج شبیه سازی ۵۳

۴-۳- جایابی بهینه کلید های خودکار به منظور حداقل کردن شاخص ENS ۵۳

۴-۳-۱- نتایج شبیه سازی ۵۴

۴-۳-۱- تحلیل نتایج شبیه سازی ۵۸

فصل پنجم، نتیجه گیری و پیشنهاد ۵۹

۵-نتیجه گیری و پیشنهاد ۶۰

۵-۱-نتیجه گیری ۶۰

۵-۲-پیشنهاد: جایابی بهینه‌ی کلیدهای خودکار توسط الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی مونت کارلو ۶۱

۵-۲-۱- الگوریتم ژنتیک ۶۲

منابع ۷۰

فهرست جداول

جدول ۴-۱- پیک بارها در شبکه ی تست RBTS ۴۱

جدول ۴-۲- طول و نوع فیدرها در شبکه ی تست RBTS ۴۱

جدول ۴-۳- اطلاعات مشترکین در شبکه ی تست RBTS ۴۱

جدول ۴-۴- اطلاعات بارگذاری در شبکه ی تست RBTS ۴۲

جدول ۴-۵- اطلاعات سیستم و قابلیت اطمینان در شبکه ی تست RBTS ۴۲

جدول ۴-۶- شاخص های قابلیت اطمینان محاسبه شده برای نقطه بارها در سه حالت ۴۷

جدول ۴-۷- شاخص های قابلیت اطمینان فیدرها در سه حالت مورد ارزیابی ۴۹

جدول ۴-۸- شاخص ENS کل شبکه در تمام حالت های مورد بررسی ۵۵

جدول ۵-۱- ساختار هر ژن (کلید) در کروموزموم های تولید شده ۶۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- نمودار جعبه ای سیستم با دو عضو سری ۱۵

شکل ۳-۱- مثالی از یک شبکه ی مجهز به کلید های خودکار ۳۷

شکل ۴-۱- شبکه ی تست مورد آزمایش (سیستم توزیع RBTS) ۴۰

شکل ۴-۲- گروه بندی بارهای سیستم تست RBTS پس از نصب کلیدهای خودکار(حالت اول) ۴۴

شکل ۴-۳- گروه بندی بارهای سیستم تست RBTS پس از نصب کلیدهای خودکار(حالت دوم) ۴۵

شکل ۴-۴- شاخص ساعت قطعی سالیانه نقطه بارها برای حالت غیر خودکار و دو حالت خودکار..... ۴۸

شکل ۴-۵- شاخص تعداد خرابی سالیانه نقطه بارها برای حالت غیر خودکار و دو حالت خودکار..... ۴۸

شکل ۴-۶- شاخص متوسط فراوانی قطع برق فیدرها (مقایسه حالت غیر خودکار و خودکار) ۵۰

شکل ۴-۷- شاخص متوسط فراوانی قطع برق فیدرها (مقایسه دو حالت خودکار با جاگذاری های متفاوت) ۵۰

شکل ۴-۸- شاخص متوسط مدت قطع برق فیدرها (مقایسه حالت غیر خودکار و خودکار)..... ۵۱

شکل ۴-۹- شاخص متوسط مدت قطع برق فیدرها (مقایسه دو حالت خودکار با جاگذاری های متفاوت)... ۵۱

شکل ۴-۱۰- شاخص انرژی تأمین نشده ی فیدرها (مقایسه حالت غیر خودکار و خودکار) ۵۲

شکل ۴-۱۱- شاخص انرژی تآمین نشده ی فیدرها (مقایسه دو حالت خودکار با جاگذاری های متفاوت) .. ۵۲

شکل ۴-۱۲- شاخص ENS فیدرهای شبکه در حالت غیرخودکار و ۱۶حالت نصب کلیدهای خودکار ۵۶

شکل ۴-۱۳- شاخص ENS کل شبکه در ۱۶ حالت نصب کلیدهای خودکار ۵۶

شکل ۵-۱- مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای یافتن بهترین جای کلیدهای اتوماسیون ۶۴

شکل ۵-۲- ساختار کروموزوم ها و ژن ها در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۶۵

شکل ۵-۳- روش ترکیب تک نقطه ای ۶۷

شکل ۵-۴- جهش به روش تعویض ژن ها ۶۷

شکل ۵-۵- روش انتخاب چرخ رولت ۶۸

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

یکی از مهم ترین دغدغه ها در طراحی و عملکرد سیستم های توزیع انرژی الکتریکی، مسئله قابلیت اطمینان است. این مسئله تأثیر بسیار زیادی بر هزینه و همین طور جلب رضایت مشتریان دارد. قابلیت اطمینان سیستم را می توان با کاهش تعداد دفعات وقوع خطاها به واسطه ی استراتژی های متنوع طراحی و تعمیر و نگهداری، بهبود بخشید.[۱]

شبکه ی هوشمند با هدف رفع مشکلات شبکه های برق فعلی و مدیریت بهتر و کارآمدتر سیستم قدرت مطرح شدند. این شبکه ها امکان پایش و کنترل لحظه به لحظه ی تجهیزات را برای شرکت های برق فراهم می کند. انتظار می رود که ایجاد این شبکه ها کنترل و بهره برداری سیستم قدرت را بهبود ببخشد و امکان استفاده‌ی گسترده از تولیدات پراکنده را فراهم کند. شبکه ی هوشمند باید قادر به ترمیم خود و بازگشت سریع به شرایط مطلوب، با وجود خطاهای ایجاد شده باشد.

در فضای رقابتی رو به رشد بازار، هزینه های اضافی برای نیل به استاندارد های قابلیت اطمینان بالا، به یکی از نگرانی های سرمایه گذاران، طراحان، و اپراتورها مبدل شده است.

تجهیزاتی در راستای هوشمند سازی و به منظور پاسخ دادن به رشد تقاضای قابلیت اطمینان به کار گرفته می شوند. لذا ارزیابی قابلیت اطمینان و سنجش هزینه در مقایسه با مزایای این تجهیزات ضروریست. نصب کلید های خودکار یکی از راه کار هاست. ارزیابی کمی یا عددی تأثیر این ادوات بر قابلیت اطمینان سیستم توزیع ضرورت دارد. هدف، بهینه سازی هزینه ها با افزایش قابل قبول قابلیت اطمینان است. دو دسته شاخص قابلیت اطمینان-شاخص های نقطه بارمشتری و شاخص های کلی سیستم- برای ارزیابی قابلیت اطمینان عملکرد سیستم توزیع، به کار می روند. شاخص های نقطه بار، تعداد متوسط قطعی ها و مدت زمان این قطعی ها را برای مشتریان مجزا اندازه گیری می کنند. شاخص های کلی سیستم مانند شاخص میانگین مدت زمان قطعی سیستم(SAIDI)[1] و شاخص میانگین تعداد دفعات قطعی(SAIFI)[2] و شاخص انرژی تأمین نشده (ENS)[3]، قابلیت اطمینان کلی سیستم را مشخص می کنند.

اساساً دو روش برای ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع وجود دارد-روش های تحلیلی و شبیه سازی مونت-کارلو. روش های تحلیلی بازدهی خوبی دارند و وقتی که توسعه مدل های سیستم های فیزیکی، ممکن و قابل تحلیل و توجیه پذیر است، به کار گرفته می شوند. با این وجود دراین روش ها، برخی مسائل پیچیده می شوند و استفاده از روش های شبیه سازی در مورد آن ها ضروری می شود. روش های تحلیلی اطلاعاتی در

۱ System average interruption Duration index

۲ System average interruption frequency index

۳ Energy Not Supplied Index

مورد تغییر شاخص ها به دست نمی دهند اما روش شبیه سازی مونت-کارلو قادر است این اطلاعات را فراهم کند و در شرایط سخت و پیچیده ی عملکرد سیستم، قابل انعطاف است. [۱]

روش شبیه سازی مونت-کارلو خود به دونوع متوالی و غیر متوالی قابل طبقه بندی است. در روش غیر متوالی حالت‌های همه اجزا نمونه برداری می شوند و حالت گذشته سیستم گرفته نمی شود. در روش متوالی، زمان شبیه سازی شده با رخداد اتفاق ها پیش می رود.

محل قرار دادن کلید ها یکی دیگر از نگرانی های مهندسان قدرت در بحث قابلیت اطمینان است. در این پروژه یک مطالعه موردی برای بررسی تأثیر موقعیت کلید های خودکار بر قابلیت اطمینان سیستم ، ارائه می شود. باس شماره ۲ سیستم قدرت تست روی-بیلینتون مورد مطالعه قرار می گیرد و توسط شبیه سازی مونت-کارلو، شاخص های قابلیت اطمینان قبل و بعد از نصب این کلید های خودکار مورد ارزیابی قرار می گیرند و حساسیت قابلیت اطمینان سیستم نسبت به مکان قرار گیری کلید ها بررسی می شود. سپس بهترین جا برای نصب این کلید ها از حیث بهبود شاخص های قابلیت اطمینان تعیین می شود.

در ادامه در فصل دوم به اهمیت سیستم های توزیع برق و اهمیت ارزیابی قابلیت اطمینان آن ها پرداخته می شود. اتوماسیون به عنوان مطرح ترین راهکار برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم های توزیع معرفی می شود. و مدل سازی قابلیت اطمینان این سیستم ها به بحث گذاشته می شود.

در فصل سوم روش ارائه شده تشریح خواهد شد و جزئیات آن مورد بحث قرار خواهد گرفت. این روش بر مبنای تولید تصادفی اتفاق ها مبتنی روش مشابه سازی مونت کارلو غیر متوالی است.

هدف از این مطالعه، بررسی کمی تأثیر استفاده از کلیدهای خودکار یا اتوماتیک در سیستم توزیع بجای کلیدهای دستی معمولی است که به عنوان یکی از جنبه های هوشمند سازی شبکه مطرح است. لذا روش ارائه شده روی سیستم تست مذکور شبیه سازی شده و نتایج مربوطه در فصل چهارم ارائه می شوند و مورد بحث مختصر قرار می گیرند. نتایج شبیه سازی ها، تأثیر اتوماسیون روی بهبود شاخص های قابلیت اطمینان سیستم را به صورت کمی نشان خواهند داد.

در ادامه همین فصل نشان داده خواهد شد که تغییر مکان نصب این کلیدها روی شاخص های قابلیت اطمینان تأثیر گذار است. یافتن بهترین مکان برای نصب این کلید ها به عنوان یک مسأله بهینه سازی قابل طرح است. در انتهای همین فصل بهترین مکان برای قرارگیری این کلید ها در شبکه ی تست مورد مطالعه، تعیین خواهد شد.

نهایتاً در فصل پنجم با ارائه ی نتیجه گیری و یک پیشنهاد، بحث به اتمام خواهد رسید. یک الگوریتم ژنتیک توأم با شبیه سازی مونت کارلو ارائه شده در این پروژه، برای حل مسئله ی بهینه سازی "جایابی بهینه ی کلید های خودکار در شبکه ی توزیع" پیشنهاد خواهد شد.

فصل دوم

قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع برق

۲- قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع برق

۲-۱- اهمیت سیستم های توزیع برق

شبکه های توزیع انرژی الکتریکی گسترده ترین بخش سیستم قدرت به شمار می روند. این شبکه ها واسط میان مصرف کننده و سیستم تولید و انتقال هستند و به سبب نزدیکی به مصرف کننده از حساسیت خاصی برخوردارند به طوری که بروز هر گونه اختلال در این شبکه ها می تواند مشترکین را با مخاطره رو به رو کند و باعث قطع سرویس مصرف کنندگان شود.

از طرفی رشد روز افزون جمعیت شهری و به تبع آن گسترش بیش از پیش مناطق شهری توزیع انرژی الکتریکی را با اهمیت تر و به همان نسبت مشکل تر ساخته است. تداوم انررژی رسانی و کیفیت مطلوب تحویلی در مناطق شهری با تراکم بالا با دشواری های خاص خود روبه روست.

بر اساس آمار اعلام شده، حدود ۳۰ درصد از کل سرمایه‌گذاری در صنعت برق به سیستم توزیع اختصاص می‌یابد. روند رشد شبکه‌های توزیع نیز، بخصوص در کشورهای

در حال توسعه بالا می‌باشد. با این حال، تکنولوژی فنی این بخش نسبت به بخش‌های تولید و انتقال بسیار پایین‌تر است. بنا به نظر اکثر صاحب‌نظران، رشد کیفی سیستم توزیع پایین است و وجود عواملی نظیر طرح‌های غیر مهندسی، بالا بودن تلفات، نبود آمار و اطلاعات دقیق، عدم استفاده از ابزارهای مدیریتی نوین و ... از جمله دلایل اصلی عقب ماندگی آن است[۲]. لذا تأثیر و اهمیت سیستم توزیع و ضرورت تحقیق در زمینه ی ارزیابی و بهبود قابلیت اطمینان آن بر کسی پوشیده نیست.

۲-۲- اهمیت ارزیابی قابلیت اطمینان در سیستم های توزیع برق

مفهوم قابلیت اطمینان در کلیه موارد و امور مهندسی کاربرد داشته و در ارتباط مستقیم با سود و زیان می باشد. در شبکه های توزیع برق نیز همچون سایر مسائل مهندسی، مفهوم قابلیت اطمینان وجود داشته و ارزیابی و افزایش آن حائز اهمیت بسزایی است.

به طور کلی در چند دهه ی گذشته توجه کمتری به سیستم های توزیع نسبت به سیستم های تولید در مدل سازی و ارزیابی قابلیت اطمینان شده است. دلایل اصلی این موضوع این است که نیروگاه های تولید برق به تنهایی بسیار هزینه بر هستند و عدم کفایت تولید می تواند حوادث فاجعه آفرین را برای جامعه و منطقه به همراه داشته باشد. در نتیجه تأمین کفایت واحتیاجات این بخش از سیستم قدرت بسیار تأکید شده است. [۳]

اما سیستم توزیع نسبتاً ارزان است و قطعی های آن تأثیر محلی دارد. بنابراین تلاش کمی برای ارزیابی کمی کفایت طرح های متعدد و تقویت آن ها تخصیص داده می شود. از