یک روش اقتصادی بهبود قابلیت اطمینان شبکه توزیع نیرو

امیرشریف یزدی
شرکت برق منطقه‌ای یزد

علی پیروی
دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده :

عمده‌ترین اقدام برای بهبودقابلیت اطمینان شبکه توزیع افزایش وسایل حفاظتی ازقبیل کات‌اوت فیوز، مدارشکن ،سکسیونر و ریکلوزر می‌باشد [۱و۲]،اماباتوجه به قیمت بالای تجهیزات حفاظتی در مقایسه باهزینه‌احداث شبکه‌ابتدامی‌یابد روشهایی راکه با صرف هزینه کمترمنجربه افزایش قابلیت‌اطمینان شبکه می‌شوند بررسی نمود .نتایج این بررسی‌هانشان داده‌اند که حتی بدون‌افزایش تجهیزات حفاظتی شبکه‌ها وصرف هزینه‌های ارزی وریالی قابل ملاحظه‌می‌توان شاخصهای قابلیت‌اطمینان فیدرهاو خصوصا" فیدرهای طویل رابهبود بخشید .

دراین مقاله نتایج تحقیقات روی شبکه‌های توزیع مشهدوتدوین یک برنامه کامپیوتری که متناسب با وضعیت شبکه‌های توزیع ایران نوشته شده‌است ،ارائه می‌گردد. بعنوان نمونه ، شاخصهای قابلیت اطمینان نقاط مختلف فیدرهای منتخب شبکه توزیع مشهد محاسبه شده وباتوجه به واقعیتهای‌اقتصادی و خصوصیات ویژه شبکه‌های توزیع کشورمان ،تأثیر بهبود چندپارامترزمانی برروی شاخصهای قابلیت اطمینان شبکه توزیع بطور جداگانه مورد بررسی قرارگرفته است .

مقدمه :

میزان حوادث درشبکه‌های توزیع نیروونحوه مواجهه باآنهاازمهمترین عوامل تأثیرگذار در قابلیت اطمینان کل شبکه قدرت می‌باشند .دریک بررسی آماری ارائه شده توسط Allan و Billinton مشخص شده است که حدود ۷۳٪ کل خاموشی هامرتبط باحوادث شبکه توزیع می‌باشند [۱]. بااین وجود همانند اکثر مسائل موجود درشبکه توزیع ارزیابی قابلیت‌اطمینان این بخش ازشبکه نسبت به بخشهای تولید مورد کم‌توجهی واقع شده‌است .

بسیاری ازشبکه‌های توزیع رامی توان به صورت یک ساختارسری درنظرگرفت زیرا درترکیب کلی شبکه نقاطی وجود دارند که درحالت عادی بازهستند ونتیجتا" فیدرازنقطه اتصال به پست تاانتهای مسیرکه غالبا"یک کلید N.O. (Normally Open) وجوددارد به صورت شعاعی پیش می رود باتوجه به این مطلب ،عمده‌ترین روش به کارگرفته شده برای ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع روش "آنالیزمدخرابی " می‌باشد [۱].بررسی های تحلیلی متعددی بااستفاده ازاین روش و روشهای مشابه انجام شده است .مرجع [۳]روشی تحلیلی برای ارزیابی توزیع های احتمالات مربوط به شاخصهای قابلیت‌اطمینان شبکه‌های توزیع باشکل شعاعی ارائه داده است . مرجع [۴]باروش آنالیز مدخرابی وبادرنظرگیری تنوع عناصر نسبتا" زیادی ،ارزیابی عملی دیگری را انجام داده‌استمرجع [۵] که‌ازتازه‌ترین مراجع منتشره می‌باشد ،استفاده از۴ مقدارواقعی ، نرمالیزه شده ،نسبی واحتمالاتی راپیشنهاد کرده وخصوصیات محلی وسیستمی خطاهای توزیع را مورد بحث قرارمی دهد .مرجع [۶]نیزروشی عملی راکه نیازمند اطلاعات مربوط به مشترکین ،نوع هادی‌ها و وسائل قطع کننده است معرفی می نماید ،روش مذکوربه اطلاعات گذشته سیستم نیاز ندارد و می‌تواند محلهای نیازمند اصلاح رامشخص نماید .

باتوجه به واقعیتهاواطلاعات موجود شبکه‌های توزیع ایران وبابهره‌گیری ازبرخی منابع مذکور، نرم‌افزاری برمبنای روش آنالیز مدخرابی نوشته شده و۹ فیدرشبکه توزیع شهرمشهد به وسیله آن ارزیابی شده است .

واقعیتهای اقتصادی ومسائل حفاظتی شبکه توزیع نیرو

بمنظورتبیین ضرورت‌واهمیت روش خاصی که برای تحلیل وارائه پیشنهاد دراین مقاله انتخاب‌شده‌است‌ابتدابه‌بررسی‌برخی‌ازمسائل‌اقتصادی وواقعیتهای‌موجوددرشبکه‌توزیع می‌پردازیم.

الف - مسائل اقتصادی

هزینه احداث هرکیلومترخط هوایی تک مداره ودومداره‌درسال ۷۳ به ترتیب پیش از۱/۵ و ۲/۴ میلیون تومان بوده‌است .درهمان سال بهای هرعدد ریکلوزرهوایی بنابه نوع وکیفیت کاربین ۲/۷ تا۴/۲ میلیون تومان و بهای هرسکسیونرقابل زیرباربین ۲۵۰ تا ۷۵۰ هزارتومان بوده‌است (این قیمت درابتدای سال ۱۳۷۴ به پیش‌ازیک میلیون تومان‌افزایش یافته‌است)[۷].علی رغم مزایای عمده ریکلوزرهادرمحدودکردن ناحیه‌ای که تحت تأثیر حادثه واقع می شود باتوجه به اینکه قیمت یک دستگاه ریکلورزهوایی بیش ازدوالی سه برابر هزینه احداث هرکیلومتر خط هوایی تکمداره می‌باشد ، معمولا" ازآنهابه جزدرنقطه انشعاب فیدر ازپست درجای دیگری از مسیر فیدراستفاده نمی شود .به عنوان نمونه درشبکه توزیع شهرمشهد ، تنها حدود یک ششم فیدرها ،علاوه‌بر ریکلوزر داخل پست به ریکلوزر هوایی نیزمجهزمی‌باشد باتوجه به این مسئله نمی‌توان تأکیدپیشنهادهای بهینه‌سازی قابلیت اطمینان شبکه را براستفاده ازریکلوزرهای هوایی بنانهاد . درمورد استفاده از سکسیونرها نیز تا حدودی این محدودیت اقتصادی وجود دارد .اگردرهرکیلومتر از خط تنها۲ عدد سکسیونرمرغوب نصب شود ، مجموع هزینه مدارتقریبا"دوبرابرخواهد شد . البته این مسئله ، تأثیر خود را فقط برروی شبکه هوایی اعمال می کند .اتصال مسیرهای زمینی درپستهابطورکلی ازطریق سکسیونرها می‌باشد .

ب - نحوه جداسازی دستی مسیرهای هوایی درشبکه های توزیع

علاوه‌برمحدودیتهای مالی دراستفاده ازسکسیونرهابرای هرانشعاب ،نگهداری واستفاده از آن نیز دشواریها وحساسیتهای خاصی دارد.نگهداری سکسیونرهامستلزم تعویض روغن ، تنظیم شاخکهای داخلی وتعویض قطعات می‌باشد وعدم توجه به این نکات می‌تواند خطراتی جدی برای تکنسینهای شبکه بهمراه داشته باشد .به عنوان نمونه کم توجهی به مسئله تنظیم سکسیونرهامنجربه کشته شدن دونفرازتعمیرکاران شبکه توزیع استان اصفهان درفاصله زمانی یکماه گردیده است و متعاقب آن ،شرکت مربوطه ،استفاده ازسکسیونربرای جداسازی خطوط شبکه راممنوع نموده است .استخدام ویاآموزش تکنسینهایی که بتوانندباتسلط کافی از عهده تعمیرونگهداری سکسیونرهابرآیند مورد دیگری است که از هردوجنبه اقتصادی و نگهداری مسئله سازاست .این مشکلات موجب محدودیت قابل ملاحظه‌ای در استفاده از سکسیونرها شده است به عنوان مثال درشبکه توزیع شهرمشهدکه حدود ۱۴۰ فیدر دارد، تنها از ۱۳۰ سکسیونراستفاده می شود .درعمل برای جداسازی دوقسمت شبکه ،رابط ها (چمبرها) را باز می‌نمایند .ازنظر مسئله جداسازی ،تعداد

رابطهاکاملا" کفایت می‌کنند (هرقطعه خط اصلی و یا فرعی را می‌توان مستقلا" جدانمود.)

البته جداسازی ووصل نمودن رابطهابه سهولت بازکردن یابستن سکسیونرهانمی باشد ، اگر بخواهیم یک محدوده آسیب‌دیده شبکه هوایی رابوسیله بازکردن رابطهاازبقیه شبکه جدا نماییم ، حدود ۲۵ دقیقه نسبت‌به‌جداسازی بوسیله‌سکسیونرها،زمان بیشتری لازم‌است.باتوجه به‌اینکه همین مدت برای وصل کردن مجددشبکه‌موردنیازاست مجموعا"حدود ۵۰ دقیقه وقت بیشتری صرف جداسازی واتصال مجدد می شود.

جداسازی دستی مسیرهای زمینی بوسیله سکسیونرهای موجود درپستهای زمینی انجام می‌شود و بنابراین برای آنهاچنین مسئله‌ای وجود ندارد.

تدوین نرم افزاری وشبیه سازی کامپیوتری

برای شبیه‌سازی شبکه توزیع نیرو ومحاسبه معیارهای قابلیت اطمینان ،یک برنامه کامپیوتری برمبنای روش «آنالیز مدخرابی »نوشته شده است .برای تحلیل شبکه‌های توزیع نیرو درایران که اکثرا"دارای فیدرهای شعاعی می‌باشند این روش یکی ازمناسبترین روشهای شبکه می باشد (این روشهانقاط ضعف سیستم رانیز نشان می دهند)،ازاینروکاربردزیادی درمحاسبات قابلیت اطمینان دارد[۲و۸].

بمنظور آشنایی باشیوه ارزیابی ابتداتعاریف و واژه‌هایی که برای شبیه‌سازی وتحلیل شبکه مورد استفاده قرارگرفته شده باختصارمعرفی می شوند وسپس باتوجه به واقعیتهای موجود وخصوصیات روش بکارگرفته شده نحوه بررسی فیدرهای شبکه ونتایج بدست آمده توزیع داده می‌شود .

تعاریف و واژه‌ها

گره : محل انشعاب ازمسیراصلی فیدرگره‌نامیده می شود .گره‌هابه ترتیب دورشدن از پست شماره‌گذاری می شوند بنحوی که شماره بزرگترنشان دهنده فاصله دورترباشد .

قطعه خط اصلی : هرقطعه خط واقع بین دوگره ،یک" قطعه خط اصلی" نامیده می شود هرقطعه خط اصلی متناظر بایک گره می‌باشد به نحوی که قطعه خط اصلی شماره K بین گره های K و ۱ - K واقع شده است قطعه خط اصلی شماره ۱ نیزبین محل اتصال فیدراصلی به پست وگره شماره ۱ قرارمی گیرد .

شاخه فرعی : هریک ازانشعابهای گرفته شده ازمسیراصلی فیدر،شاخه فرعی نامیده میشود

هرشاخه فرعی می‌تواندرمسیرخودانشعابهای متعددی داشته باشدشماره شاخه فرعی همان شماره گره محل انشعاب شاخه می باشد.

مسیر .N.O (Normally open) :مسیر تغذیه‌اضطراری فیدرکه درحالت عادی بازمی‌باشد .

MTTRL :متوسط زمان‌لازم‌برای‌تعمیرمسیرهوایی هنگام وقوع هرحادثه‌وخطای غیرگذرا.

MTTRC :متوسط زمان‌لازم‌برای‌تعمیرمسیرزمینی‌هنگام وقوع هرحادثه وخطای غیرگذرا.

(MTTRC,MTTRL مجموع مدت لازم برای یافتن محل خرابی ، جداسازی وتعمیرآن می‌باشند)

MTSL :متوسط زمان‌لازم‌برای‌جداسازی‌دستی‌مسیرهوایی‌ازطریق‌جدانمودن رابطهاوبستن‌مجددآنها

MTSC :متوسط زمان لازم برای جداسازی دستی سکسیونر

(MTSL وMTSC مجموع مدت لازم برای یافتن محل خرابی وجداسازی آن می‌باشند.)

MTNOS :متوسط زمان لازم برای بستن کلید مسیر. N.O پس ازجداسازی دستی محل حادثه‌دیده

روش استفاده شده وشاخصهای موردبررسی

ازآنجایی که‌آماردقیق تعدادمشترکین هریک‌ازانشعابهاومیزان مصرف آنهادردسترس نمی‌باشد،شاخصهایی‌که‌براساس‌تعدادمشترکین درهرانشعاب‌ویانوع مشترکین وهزینه خاموشی هردسته‌ازمشترکین محاسبه می‌شوند ،قابل ارزیابی نخواهند بود اماشاخصهایی که خصوصیات ساختاری شبکه‌ها را مورد بررسی قرارمی دهند ،درسطح وسیعی قابل محاسبه‌اند زیرا طول قطعه‌خطها ونوع آنهاوهمچنین محل مسیرهای N.O وتجهیزات حفاظتی شبکه ازروی نقشه‌های موجود ازفیدرها قابل تشخیص هستند. ازاینرو دربررسی شبکه‌توزیع نیروی شهرمشهد توجه خودرا به ارزیابی چنین شاخصهایی محدودکرده‌ایم . لذا تعداد مشترکین کلیه انشعابهابرابرفرض شده است .

این شاخصها عبارتند از:

SAIFI = میانگین تعدادخطای سالانه برای انشعابهای هرفیدر (Failure / year)

SAIDI = میانگین مدت خاموشی سالانه برای انشعابهای هرفیدر(hour)

ASUI = میانگین احتمال خاموشی درسال برای انشعابهای هرفیدر.[۱]

نحوه محاسبه شاخص های فوق به صورت زیرمی باشد :

$$SAIFI = \frac{\text{کل دفعات قطع تغذیه همه مشترکین}}{\text{کل تعدادمشترکین تحت تغذیه}} \quad (۱)$$

$$SAIDI = \frac{\text{مجموعه مدت قطع تغذیه همه مشترکین}}{\text{کل تعدادمشترکین تحت تغذیه}} \quad (۲)$$

$$ASUI = \frac{\text{تعداد«ساعت -مشترک»هایی که سرویس قطع بوده}}{\text{تعداد«ساعت -مشترک»های تقاضاشده}} \quad (۳)$$

پیش فرضهادرشبیه‌سازی شبکه توزیع نیرو

مهمترین خصوصیات ساده کننده درشبیه سازی شبکه پیش فرضهای آن درمورد تجهیزات جداسازی دستی می‌باشد همانطورکه دربخش ۲ توضیح داده شد،می توان هرقطعه خط اصلی یاشاخه فرعی رابه تنهایی بابازنمودن رابطها (درمورد مسیرهای هوایی) ویاسکسیونرهای موجوددرپستهای زمینی (برای‌مسیرهای‌زمینی)، از شبکه جدانمود.ازاینرو نیازی به معرفی نقاط قرارگرفتن تجهیزات جداسازی برای فیدرنمی‌باشد ،زیرادر هر نقطه ازشبکه که ازنظر عملیاتی اهمیت دارد،به روش مشخص ومعینی می‌توان جداسازی راانجام داد .به همین دلیل، برنامه‌تنهامدت‌لازم‌برای جداسازی به هریک ازدوروش فوق رابعنوان ورودی نیازخواهد داشت.

پیش فرض دیگردرشبیه‌سازی شکل شعاعی فیدرمی‌باشد که بوسلیه گره‌هابه قطعه خطهای اصلی و شاخه‌های فرعی تقسیم می شود ،درانتهای مسیراصلی فیدرونیزانتهای شاخه‌های فرعی بابیش ازیک انشعاب مسیر.N.O می تواند وجود داشته باشد .

علاوه‌بر این دومورد ،فرض شده‌بهنگام وقوع هرخطای غیرگذرا،کل فیدربوسلیه ریکلوزر پست قطع می شود .

بررسی یک فیدرنمونه

شکل (۱) وضعیت جغرافیایی یک فیدرنمونه (خط لشکر)رانشان می دهد .به منظور تحلیل این فیدر، ابتدا نمایش ساختاری آنرارسم می کنیم (شکل(۲))وسپس طول ونوع هریک ازقطعه خطهای اصلی و شاخه‌های فرعی رابعنوان ورودیهای اصلی برنامه ،وارد می‌نماییم . ازجمله ورودیهای کلی برنامه می‌توان از تعداد خطاهای مسیرهای هوایی ومسیرهای زمینی ، , MTNOS MTTRL , MTTRC, MTSL , MTSC و احتمال دریافت کمک ازمسیر.N.O به هنگام نیاز نام‌برد .

خروجی های برنامه ،تعدادخطادرسال ،میانگین مدت خروجی برای هرحادثه وکل مدت خروج درسال برای کلیه انشعابهاونیزشاخصهای قابلیت اطمینان SAIDI, SAIFI, ASUI برای فیدر موردبررسی می‌باشند .

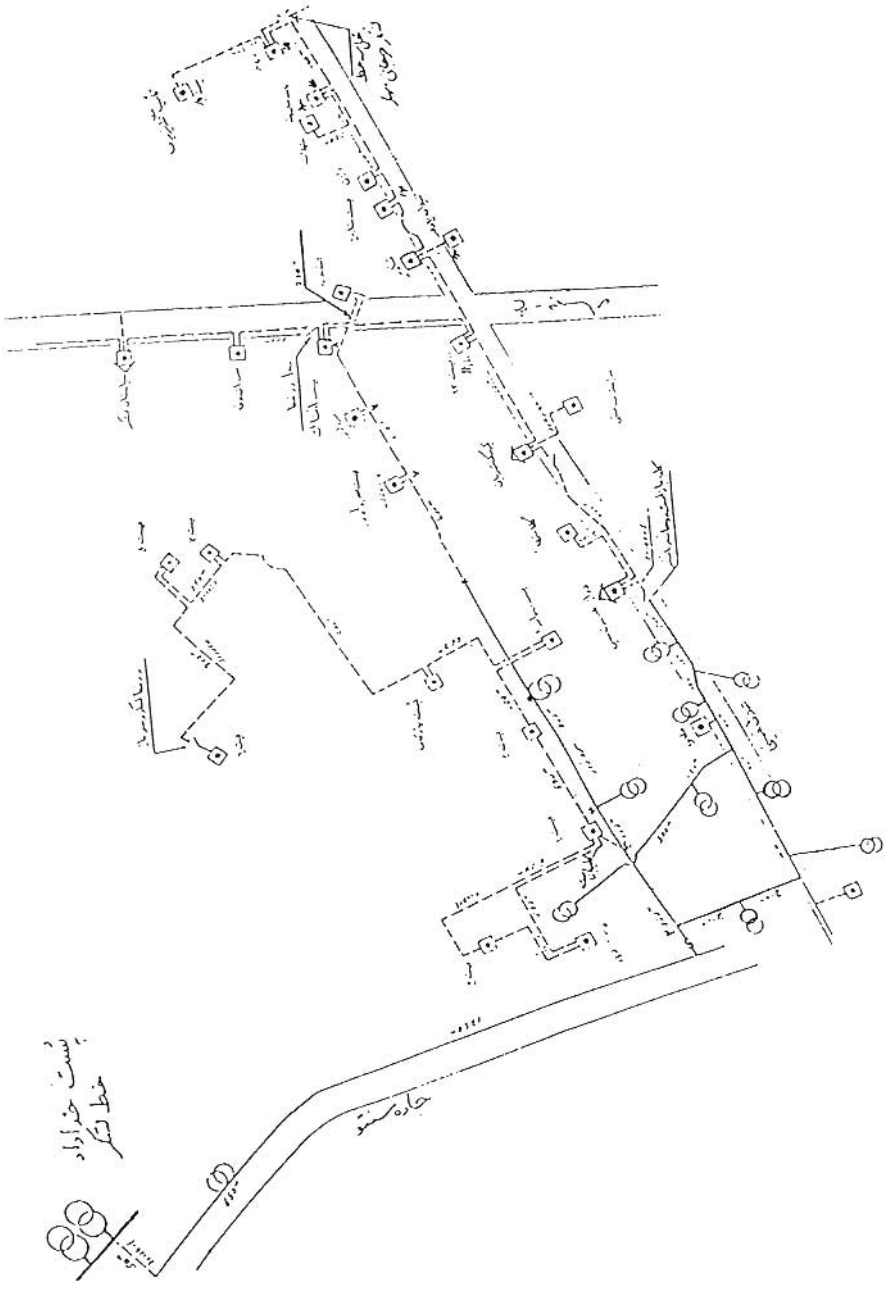
ازآنجایی که دراین بررسی خصوصیات کلی فیدرهاموردنظربوده‌اند،توجه خودرابه سه شاخص سیستم معطوف نموده‌ایم .مقادیرمحاسبه شده این شاخصهابرای فیدرلشکر،درسطر اول جدول (۱)نوشته شده‌اند ومقادیرشاخصهابرای سایرفیدرهانیزدرسایرسطرهای همین جدول ارائه شده‌اند.

بررسی میزان تأثیرگذاری تغییرات پارامترهای زمانی برروی SAIDI

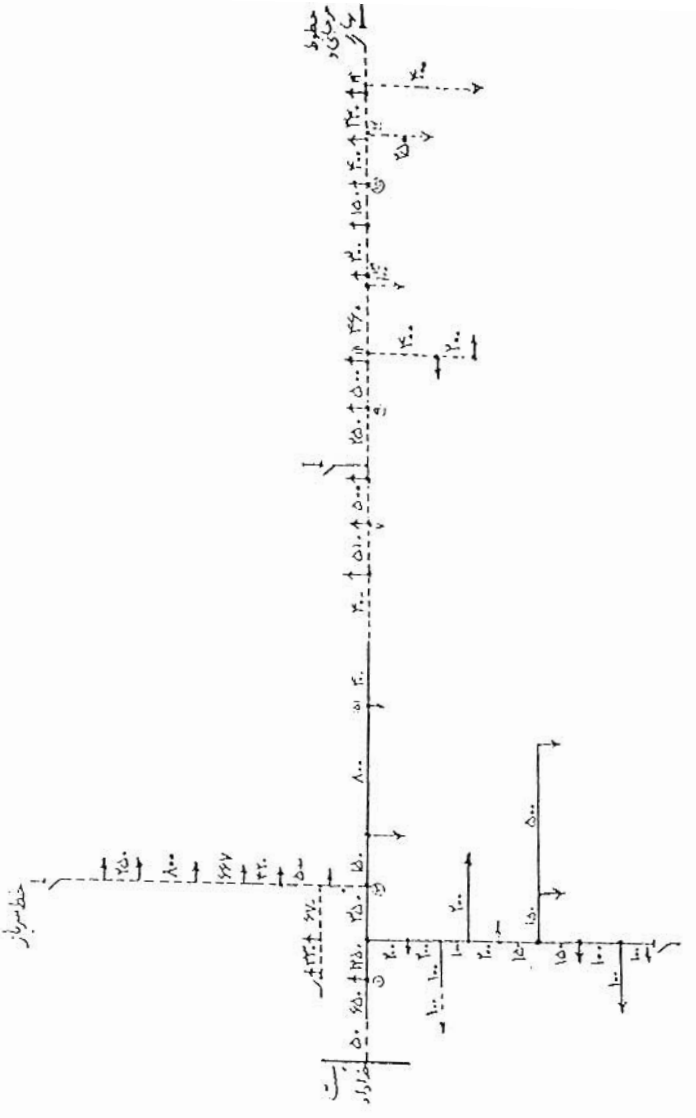
کاهش SAIFI مستلزم کاهش تعدادخرابیهادرشبکه است واینکارمرتبط بانحوه نگهداری درشبکه و اقدامات پیشگیرانه می‌باشد .نکات فنی مربوط به نگهداری هریک ازتجهیزات ومسائل دیگرمربوطه درمراجع مختلفی بررسی شده اند .[۹،۱۰،۱۱].دراین مقاله بافرض ثابت بودن خرابی‌ها ونتیجتا" ثابت ماندن SAIFI ،اثرپارامترهای زمانی برروی SAIDI بررسی شده‌است .

ازآنجایی کهASUI رابطه مستقیمی باSAIDI داردنتایج رابرای ASUIنیزمی توان تعمیم داد. کاهش SAIFI مرتبط بااقدامات پیشگیرانه وکاهش SAIDI مربوط به سرعت عمل گروهای عملیاتی تعمیر شبکه وبه عبارتی سرعت ونحوه درمان شبکه می‌باشد بدین منظورتوسط برنامه کامپیوتری ذکرشده ۹ فیدرمنتخب از شبکه توزیع شهرمشهد رامورد ارزیابی قرارداده‌ایم .

مشخصات این فیدرهاونیزشاخصهای محاسبه شده درجدول (۱)ونتایج بررسی نیز درجدول (۲) درج شده‌اند.



شکل (۱)- نمایش وضعیت جغرافیایی فیدرنمونه



شکل (۲)- نمایش ساختاری فیدرنمونه

دراین بررسی تعدادخطای مسیرهوایی ومسیرهای زمینی باتوجه به آمارسال ۷۲ دیسپاچینگ شرکت توزیع مشهد به ترتیب ۰/۰۹ f/yr/km و ۰/۰۸ f/yr/km درنظرگرفته شده‌اند وباتوجه به ظرفیت قابل ملاحظه فیدرها،احتمال دریافت‌کمک ازطریق مسیرهای .N.Oبه هنگام نیاز، برابر ۱ فرض شده‌است . همچنین باتوجه به:

جدول (۱)- مشخصات وشاخصهای فیدرهای نمونه

نام فیدر	تعداد انشعاب	تعداد شاخه‌فرعی	مجموع طول مسیر هوایی (km)	مجموع طول مسیر زمینی (km)	SAIFI (۷۰/۰)	SAIDI (ساعت)	ASUI
لشکر	۳۷	۱۹	۶/۳۰	۹	۱/۲۸۸	۱/۳۵۱	۰/۰۰۰۱۵۴
حامد-۱	۳۴	۲۳	۱۵	۱/۴	۱/۴۶۲	۲/۲۳۶	۰/۰۰۰۲۵۵
لیموئی-۱	۲۲	۱۸	۷/۰۵	۳/۱۵	۰/۸۸۷	۱/۱۷۷	۰/۰۰۰۱۳۴
شاداب	۱۳	۹	۰	۴/۷۷۵	۰/۳۸۲	۰/۴	۰/۰۰۰۰۴۵
رازی	۲۵	۱۲	۰	۸/۶۲	۰/۶۹	۰/۴۱	۰/۰۰۰۰۴۶
کاشانی	۱۶	۱۳	۰	۵/۸۹	۰/۴۷۱	۰/۳۴۸	۰/۰۰۰۰۳۹
دکترا	۱۲	۹	۰	۶/۰۲	۰/۴۸۲	۰/۲۹۸	۰/۰۰۰۰۳۳
بابک	۲۱	۱۲	۶/۲۴	۰/۹	۰/۶۳۴	۰/۹۳۶	۰/۰۰۰۱۰۶
سنائی	۸	۷	۰	۳/۴۱۱	۰/۲۷۳	۰/۱۶	۰/۰۰۰۰۱۸

جدول (۲)میزان تغییر SAIDI فیدرهادراثر تغییر ۰/۱ ساعت (۶ دقیقه) برای هریک ازپارامترهای زمانی MTTRL , MTTRC, MTSL, MTSC و MTNOS

نام فیدر	MTTRL	MTTRC	MTSL	MTSC	MTNOS
لشکر	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۶	۰/۰۵۶	۰/۰۷۱	۰/۰۳۶
حامد-۱	۰/۰۰۳	۰	۰/۱۳۲	۰/۰۱۱	۰/۰۵۴
لیموئی-۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۶۲	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲
شاداب	۰	۰/۰۰۱۹	۰	۰/۰۳۶	۰/۰۱۱
رازی	۰	۰/۰۰۰۲	۰	۰/۰۶۹	۰/۰۲۴
کاشانی	۰	۰/۰۰۰۸	۰	۰/۰۴۶	۰/۰۱۷
دکترا	۰	۰	۰	۰/۰۴۸	۰/۰۲۹
بابک	۰/۰۰۲۳	۰	۰/۰۵۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱
سنائی	۰	۰	۰	۰/۰۲۷	۰/۰۱۲

اظهارات وتجارب ریاست محترم دیسپاچینگ توزیع مشهد وهمچنین مرجع [۹] مقادیراولیه MTTRL, MTTRC, MTSL, MTSC, MTNOS ، بترتیب ۳، ۱۰، ۱/۵، ۰/۵، ۰/۲ ساعت فرض شده است . برای بررسی میزان تأثیر هریک ازاین پارامترهای زمانی ،۴ پارامتر دیگر را ثابت نگه داشته وپارامترموردنظر را بافواصل زمانی متناسب حول مقداراولیه چندبارتغییرداده و هربارSAIDI حاصله راثبت کرده‌ایم ، خوشبختانه به میزان تغییرات SAIDI،دراثر تغییرات منظم هریک ازپارامترها،خطی می‌باشد.این موضوع هم عدم وابستگی به مقادیراولیه رانشان می‌دهد وهم درج نتایج ومقایسه آنهاراساده‌ترمی‌کند.جدول (۲) نیز باتوجه به این موضوع تنظیم شده‌است تابتوان تأثیرنسبی هریک ازپارامترهارامقایسه کرد.نتایج بررسی تأثیر پارامترهابه تفضیل دربخشهای ذیل توضیح داده می‌شوند .

الف - تأثیر MTTRL و MTTRC

همانطوریکه درجدول (۲)مشاهده می شود ،تغییرات این دوپارامترنقش چندانی درتغییر شاخص SAIDI ندارند دلیل این امر،وجود مسیرهای N.O. درانتهای کلیه فیدرهای موردبررسی می‌باشد .بوسیله این مسیرهامی‌توان اکثریت وگاهی تمامی انشعابهای فیدرراپس ازجداسازی محل آسیب‌دیده تغذیه نمود. بعبارت دیگرپس ازجداسازی محل آسیب‌دیده ضمن انجام تعمیرات لازم ،می‌توان ارتباط انشعابهارا ازطریق مسیراصلی فیدر(ازسمت پست)ویامسیر N.O برقرار نمود بنابراین مدت خاموشی به‌اندازه مدت جداسازی دستی ویامجموع مدت جداسازی دستی وبستن مسیر N.O. طول خواهد کشید. دراین میان انشعابهاشاخه‌های فرعی‌ایکه درانتهابه مسیر N.O ارتباط ندارند، درصورت خرابی ،تازمان تعمیر،بدون برق خواهند ماند .برای فیدرهائیکه این مسئله وجود نداشته باشد میزان تأثیرزمان تعمیربرروی SAIDI صفرخواهد بود .دربررسی انجام شده فیدرهای «دکترا»و«سنایی» چنین وضعیتی داشته‌اند .هریک ازاین دوفیدر،شاخه‌ای فرعی باچندانشعاب دارند که به مسیر N.O. ختم می شود. بقیه شاخه‌های فرعی این دوفیدرنیزطول ناچیزی دارند که درمحاسبات صفردرنظرگرفته شده است. ازاین روتعداد خطاونیزمدت خاموشی ناشی ازحادثه دراین شاخه‌ها صفرخواهد بود.ازآنجایی که مسیراصلی این دوفیدرهم درانتهاباکلید N.O. مرتبط است ،بهنگام تعمیربرای هیچ انشعابی مسئله‌ساز نمی شود.بنابراین میزان تأثیر MTTRCبرروی SAIDI برای این دوفیدرزمینی صفرمی باشد (جدول (۲)).

ب - تأثیر MTSL و MTSC

ازآنـجائیکه تـعدادخـطای واحـدطول بـرای هـمه فـیدرهاثابت درنـظرگرفته شـده است ، تعدادخطای کل فیدر متناسب باطول آن تغییرمی‌کند.هرچه طول فیدر بیشتر باشد، تعداد خرابـیها ونتیجتا"مجموع زمانهای لازم برای جداسازی بیشترخواهد شدوچون تاقبل ازلحظه جداسازی ،کل مشترکین فیدردچارقطع تغذیه خواهند بود،درفـیدرهای‌طویلتر،تأثـیرتغییرMTSC و MTSL روی SAIDIبیشترخواهد بود باتوجه به نتایج مندرج درجداول (۱)و(۲)ارتباط مستقیم طول فیدروتاثیر گذارده شده برروی شاخص قابلیت اطمینان SAIDI به خوبی نمایان می‌شود بعنوان نـمونه بـرای فیدرهای دارای مسیرهوایی که دراینجابررسی شده‌انـد نسـبت «مـیزان تـغییر MTSL» بـه «طـول مسیرهوایی فیدر» تقریبا"ثابت وعددی بین ۰/۰۰۸۷ و۰/۰۰۸۹ می‌باشد. به عبارت دیگر هرچه مسیر هوایی فیدرطویلتر باشد به همان میزان تأثیرMTSL بیشترمی‌شود. فیدر حامد - ۱که درمیان فیدرهای موردبررسی بیشترین طول مسیر خط هوایی را دارااست . بـیشترین مـیزان تأثـیر راازتـغییرMTSL می‌پذیرد.اگرMTSL ۰/۱ ساعت(۶ دقیقه)بهبود یابد ، شاخصSAIDI ۰/۱۳۲ ساعت (تـقریبا"۸ دقیقه)بهتر می‌شود.

ارتباط تأثیرگذاری تغییراتMTSC وطول مسیرزمینی نیزکاملا"مشابه ارتباطی است که برای مسیر هوایی فیدر ذکرشده به عنوان مثال برای فیدرلشکرکه طـولانی تـرین مسـیرزمینی رادرمـیان فیدرهای بررسی شده داردتأثیرتغییراتMTSC بیشتراست (۶دقیقه بهبودMTSC معادل ۴/۲۶ دقیقه بهبودSAIDI می‌باشد.)

نقشه فیدرهای انتخاب شده ،به دلیل طول نسبتا"کوتاه واهمیت نسبی موقعیت بادقت خوبی ترسیم شده‌اند ولی نقشه فیدرهای طویل وکم اهمیت شبکه گاهی دارای نواقصی ازجمله ثبت نشدن طول برخی قطعه خطهامی‌باشند،بنابراین تحلیل مستقیم آنهاازنظر فراهم بودن اطلاعات اولیه مشکل می‌باشد اما به‌صورت غـیرمستقیم وبـاتوجه بـه نـتایج تـحقیقات انـجام شـده مـی‌توان وضـعیت آنهارابا‌تعمیم نتایج بدست آمده پیش‌بینی کرد.به عـنوان مـثال اگـرطول مسـیرهوایـی فـیدری ۴۵ کیلومتر(سه برابرطول مسیرهوایی فیدر حامد - ۱)بوده ودرانتهابه مسیر.N.O متصل باشد درازای هر ۶ دقیقه بهبودMTSL شاخصSAIDIآن حدود ۲۴ دقیقه بهبودمی‌یابد (سه برابربهبودفیدر حامد- ۱). به این ترتیب اهمیت سرعت عمل درجداسازی فیدرطویل به هنگام آسیب دیدگی به خوبی نمایان می‌شود.

پ - تأثیر MTNOS

درشبیه‌سازی کامپیوتری انجام شده فرض شده است که بلافاصله پس ازجداسازی می‌توان ارتباط الکتریکی انشعابهای قبل ازمحل حادثه رابرقرارنمود(ازطریق تماس به وسلیه بی‌سیم باپست مربوطه).ولی انشعابهای دورترباشماره بزرگتریامساوی محل خرابی ، درصورت وجود یک مسیر N.O.پس از مدت MTNOS برقدارخواهند شد (این مدت به طول فیدروتعداد گروههای واحدعملیاتی که به طورهمزمان درکنار هم ویاازطریق بی‌سیم کارمی‌کنندبستگی دارد) بنابراین تغییرات MTNOS غالبا"روی تعدادی از انشعابهاونه همه‌آنها تأثیر می‌گذارد.این مطلب ازنتایج مندرج درجدول (۲)نیزاستنباط می شود . تأثیر تغییرات MTNOS محدودتر از اثرتغییرات MTSC و MTSL است .بااین حال ازاثرتغییرات MTTRL و MTTRC بیشترمی‌باشد. همانگونه که ازمقایسه نسبی اعدادبه دست آمده مشاهده می‌شود ، ارتباط مستقیمی بین طول کل فیدر و میزان‌تأثیر MTNOS وجود ندارد وبه نظر می‌رسد ساختار خاص هرفیدردراینجاتأثیر تعیین‌کننده‌ای دارد.

نتیجه‌گیری

علیرغم اهمیت تعدادخرابیهادرمدت زمان قطع تغذیه مشترکین وضرورت اعمال تدابیر مهندسی برای کاهش آنها،می توان بافرض ثابت بودن تعدادخرابیهاونیزتجهیزات حفاظتی شبکه باتکیه برکاهش مدت لازم برای جداسازی محل حادثه ووصل مجددآن ،تأثیر قابل توجهی روی کاهش مدت خاموشیها گذاشت. افزایش نفرات وگروههای واحدهای تعمیراتی به‌منظور سرعت بخشیدن به کارجداسازی محل آسیب‌دیده ووصل مجددآن پس ازرفع حادثه و استفاده ازتدابیر تشویقی ودرصورت لزوم تنبیهی ازجمله کارهاییست که می تواند توسط شرکتهای توزیع انجام پذیرد .

درمقایسه باسایر تدابیرممکن جهت بهبود شاخصهای قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع چنین اقداماتی هزینه نسبتا"ناچیزی بهمراه دارند .

ازآنجایی که میانگین مدت خاموشی ،ارتباط مستقیمی باطول فیدرداردومعمولا" فیدرهای طویل مشترکین بیشتری رانیزتغذیه می‌کنند ضرورت‌انجام پیشنهادهای فوق برای‌این دسته ازفیدرهابیشترمی‌باشد.

مراجع

[۱] R.Billintion and R.N.Allen."Reliability Evalution Of Power Systems",PitmanBooks New york and London ,1984

[۲] پیروی،علی ،"قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع نیروورروشهای‌بهبودکیفیت‌سرویس "، نشریه‌دانشکده مهندسی دانشگاه‌فردوسی مشهدسال ۶،شماره۲،۱۳۷۲،صفحات ۱۵۹الی ۱۷۸ .

[۳] Billintion R.and God R.,"An Analytical To Evaluate Probabillity Dist ributions Associated With The Reliability Indices of ElectricDistribution Systems" IEEE Tra . In Power Delivery ,Vol .Pwrd - 1 ,No 3 , July 1986 ,PP.245 - 249

[۴] Goldberg S. and Horton W.F., Analysis Of Feeder Service Reliability Using Component Faliure Rates", IEEE Tra .In Power Delivery , Vol. PWRD-2 , No. 4, October 1987 ,PP. 1292 - 1296

[۵] Chow M. and Taylor L.S., "A Novel Approach For Distribution Fault Analysis",IEEE Tra. On Power Delivery, Vol.8, No. 4 , October 1993, PP. 1882 - 1888

[۶]Shirmohammadi D., "Service Restoration In Distribution Networks Via Reconfiguration",IEEE Tra. On Power Delivery, Vol.7, No.2, April 1992,Network PP.952-958

[۷] "فهرست بهای شرکت توزیع مشهد "۱۳۷۳ و۱۳۷۴

[۸] " استانداردپستهای۲۰/۶۳کیلوولت:گزارش ضمیمه شماره۱محاسبات قابلیت اطمینان " ، مشانیر، بهمن ۱۳۷۲

[۹] "گزارش داخلی دیسپاچینگ توزیع:اطلاعات‌مربوط‌به عملکرد رله‌های EF وOC درسال ۱۳۷۲ "، شرکت توزیع برق مشهد ،فروردین ۱۳۷۳

[۱۰] فرازمند،علیرضا،"بررسی علل وحوادث درشبکه توزیع نیرو"،دومین کنفرانس شبکه سراسری برق ،وزارت نیرو ،۱۳۶۶

[۱۱] ممدوحی ،علی ،"علل بروزحوادث‌درشبکه‌توزیع نیرو"،دومین کنفرانس شبکه سراسری برق ، وزارت نیرو،۱۳۶۶