

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL
پروپوزال

مركز آموزش
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI
Scopus

مركز آموزش
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

برنامهریزی تعمیرات ترانسفورماتورهای انتقال با در نظر گرفتن تغییرات دینامیکی نرخ خرابی

هادی نوروزی
دانشکده برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تهران، ایران

پژمان خزائی^۱، پوریا معقولی^۲
۱-دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد
۲- پژوهشکده انتقال، پژوهشگاه نیرو
تهران، ایران

مجتبی رستاقی

موسسه پژوهشی فشارقوی، دانشگاه تهران
تهران، ایران

۱. مقدمه

ترانسفورماتورهای شبکه انتقال بدون شک یکی از مهمترین و با ارزش ترین تجهیزات سیستمهای قدرت میباشند. با توجه به این اهمیت بالا تعمیر و نگهداری این تجهیز از مسائل مهم میباشد که میتواند باعث جلوگیری از آسیبهای وارده به آن و مدیریت هزینهها شود. بطور کلی آسیبهای وارده بر ترانسفورماتور در اثر استرسهای الکتریکی، حرارتی و مکانیکی به وجود می‌آید و شرایطی مانند طراحی ناقص و ناخالصی عایق آن را افزایش می‌دهد. با توجه به وجود استرسهای وارده بر تجهیزات اصلی ترانسفورماتور که شامل هسته، سیم‌پیچ، سیستم خنک‌کننده، بوشینگ ها، تپ‌چنجر بار و ... می‌باشد، تهیه یک برنامه تعمیر و نگهداری که هدف آن پیشگیری از ایجاد آسیب به تجهیزات است، دارای اهمیت فراوانی میباشد. البته تهیه این برنامه دارای الزامات مختلفی مانند جمع‌آوری دادههای مختلف ترانسفورماتور، خروج ترانسهای قدرت در بازه زمانی مشخص، تامین منابع برای تعمیرات پیشگیرانه و حداقل سازی هزینهها میباشد. با توجه به این مطالب برنامه تعمیر و نگهداری باید بتواند هزینههای مختلفی که در اثر اجرای این برنامه به وجود می‌آید را کمینه کند. همچنین هزینه ناشی از اجرای برنامه پیشنهادی

چکیده — یکی از چالشهای مهمی که در مقابل تعمیر و نگهداری انبوه تجهیزات شبکههای قدرت وجود دارد بحث هزینههای پیری و فرسودگی شبکه انتقال و کاهش مهارت میباشد. با توجه به این چالشها اپراتورهای سیستم قدرت هم اکنون به دنبال استفاده از نوعی برنامه ریزی تعمیر و نگهداری میباشد که به صورت تحلیلی قابلیت تصمیم گیری با حداقل هزینه تحمیلی به سیستم را دارا باشد. در این مقاله، برای ترانسفورماتورهای قدرت موجود در یک شبکه، برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه بر مبنای تعمیرات و خروج ترانسها از شبکه با هدف حداقلسازی هزینه ارائه میشود. هزینه مورد نظر که به عنوان تابع هدف در این برنامه در نظر گرفته شده است شامل هزینههای مختلفی از قبیل هزینههای تعمیر و هزینه تحمیلی به شبکه ناشی از خروج ترانس است که به همراه قیود شبکه و بهره برداری در قالب یک مسأله بهینه سازی فرموله شده است.

واژه‌های کلیدی — ترانسفورماتور؛ برنامه تعمیر و نگهداری؛ بهینه سازی؛ خرابی ترانسفورماتور؛ نرخ خرابی

باید کمتر از هزینه عدم اجرای آن باشد. با توجه به موارد ذکر شده، در این مقاله برنامه تعمیر و نگهداری با هدف کاهش هزینه‌ها ارائه می‌شود که برای رسیدن به این هدف در ابتدا الگوریتم پیشنهادی برای برنامه تعمیر و نگهداری ترانسفورماتورها شرح داده می‌شود که شامل مراحل مختلفی مانند محاسبات نرخ خطا و هزینه‌ها می‌باشد. در ادامه برای اجرایی کردن برنامه روی سیستم مورد مطالعه، از شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS استفاده شده است. همچنین نتایج اجرای برنامه تفسیر شده و در نهایت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کار ارائه شده است.

۲. الگوریتم پیشنهادی برای برنامه ریزی تعمیر و

نگهداری ترانسفورماتورها

برنامه ریزی تعمیر و نگهداری برای ترانسهای قدرت، نیازمند اطلاعات مختلف می‌باشد که این اطلاعات شامل مواردی نظیر نرخ خرابی ترانس، تعداد بلاکهای زمانی و مدت آنها، اطلاعات خطوط و سایر اجزای شبکه، هزینه‌های تعمیر ترانس (هزینه مواد و کارگر، هزینه‌های تعمیر پیشگیرانه ترانس و ..)، قیود و محدودیت‌های مختلف شبکه و اطلاعاتی دیگر می‌باشد که در ادامه هر کدام از آنها توضیح داده خواهد شد. چارچوب الگوریتم پیشنهادی برای برنامه ریزی تعمیر و نگهداری پیشگیرانه دارای چند مرحله و گام اصلی می‌باشد در ادامه مراحل اصلی الگوریتم مذکور توضیح داده می‌شود.

۱.۲. مرحله اول: به دست آوردن نرخ خرابی

برای به دست آوردن نرخ خرابی نیاز است که اطلاعات مربوط به سابقه و یا آزمونهای مختلف انجام شده روی ترانس تحلیل شود و با توجه به تحلیل این داده‌ها تابعی مناسب برای نرخ خرابی ارائه شود. در واقع این مرحله دارای چندین گام می‌باشد که هر کدام به ترتیب توضیح داده می‌شود.

۱.۱.۲. گام یک: استخراج مدل پیش‌بینی نرخ

خطا از شاخص سلامت

عدم سلامت ترانسفورماتورها تاثیر زیادی در خطای احتمالی آنان دارد. بررسی میزان سلامت ترانسفورماتورهای مختلف توسط مقالات مختلف نشان می‌دهد ترانس‌هایی که میزان سلامت کمتری دارند به احتمال زیاد نرخ خطای بیشتری خواهند داشت. مقالات مختلف با بررسی گزارش‌های آماری

خروج ترانسفورماتورهای مختلف روابطی را بین شاخص سلامت و نرخ خطای آنان پیشنهاد می‌کنند. اگر نرخ خطای ترانس را تابعی از سلامت آن در نظر بگیریم میتوان توابع مختلفی را برای مدل کردن آن پیشنهاد داد که هر کدام دارای دقت خاصی هستند. از بین این توابع تابع نمایی به شکل رابطه (۱) با دقت بیشتری داده‌های آماری ترانسفورماتورهای قدرت را پوشش می‌دهد که در آن A ، B و C اعداد ثابت هستند و X ضریب وضعیت ترانس می‌باشد که از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد [۱،۲].

$$\lambda(x) = Ae^{Bx} + c \quad (1)$$

در رابطه بالا λ نرخ خرابی می‌باشد. همچنین ضریب وضعیت ترانس به صورت رابطه زیر با مقدار شاخص سلامت که با HI نشان داده شده است، ارتباط دارد.

$$x = \frac{(100 - HI)}{100} \quad (2)$$

ثابت‌های A ، B و C به وسیله بررسی داده‌های آماری ترانسهای مختلف و با استفاده از سه عدد $\lambda(0)$ ، $\lambda(1)$ و $\lambda(1/2)$ که به ترتیب نرخ خطای ترانس به ازای بهترین وضعیت ترانس، بدترین وضعیت ترانس و سلامت پنجاه درصدی ترانس می‌باشند، به دست می‌آید.

۲.۱.۲. گام دوم: تفکیک نرخ خرابی تجهیزات

ترانسفورماتور

هدف از این گام، به دست آوردن نرخ خرابی از روی اطلاعات مربوط به اجزای ترانس می‌باشد رابطه نرخ خرابی تفکیک شده تجهیزات ترانسفورماتور بر حسب معیار قابلیت اطمینان بصورت رابطه (۳) می‌باشد [۳ و ۴].

در واقع ترانسفورماتور شامل چندین جزء مختلف می‌باشد که خرابی یکی از این اجزا منجر به خروج کل ترانسفورماتور می‌شود. با توجه به این موضوع از لحاظ قابلیت اطمینان ترانس به صورت سری شده چندین جزء مدل می‌شود. در رابطه (۳) i اندیس مربوط به المان i ام ترانس k ام می‌باشد، همچنین نرخ خرابی کل ترانس شامل مجموع نرخهای خرابی المانهای تشکیل دهنده آن می‌باشد که در رابطه (۳) تعداد کل اجزا با ND نشان داده شده است.

شده است، در بلاک زمانی مربوطه مقدار نرخ خرابی به مقدار اولین بلاک و یا همان مقدار اولیه خود برمیگردد.

$$\lambda(k, t) = \sum_{i=1}^{ND} \lambda_i(k, t) \quad (3)$$

۲.۲.۲ مرحله دوم: به دست آوردن روند برنامه

تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

در این مرحله با توجه به نرخ خرابی به دست آمده از مرحله قبل و همچنین سایر اطلاعات که در گامهای مربوط به این مرحله توضیح داده می‌شود، تابع هدف مشخصی تعریف خواهد شد که هدف آن، بهینه‌سازی هزینه‌های ناشی از تعمیر و نگهداری پیشگیرانه میباشد.

۱.۲.۲ گام یک: استخراج قیود و اطلاعات

مختلف سیستم

با توجه به اینکه برای به دست آوردن هزینه‌های مختلف ناشی از خروج ترانسفورماتورها نیاز به محاسباتی مانند پخش بار و پخش بار اقتصادی می‌باشد لذا باید قیود مختلف سیستمی و اقتصادی که بر سیستم قدرت و اجزای آن وجود دارد در نظر گرفته و در محاسبات لحاظ شود.

۲.۲.۲ گام دوم: اجرای برنامه پخش بار بهینه

(OPF) با در نظرگیری قیود شبکه

در این گام میانگینی از کل بار در طول دوره زمانی مشخص به عنوان مقدار بار بر روی هر باس در نظر گرفته میشود. سپس با استفاده از برنامه پخش بار بهینه (OPF) اطلاعات مختلف مانند هزینه بهره‌برداری، مقدار توان تولیدی واحدها و یا مقدار بار هر ترانس در سیستم مورد مطالعه به دست آورده میشود.

۳.۲.۲ گام سوم: به دست آوردن هزینه‌های مورد

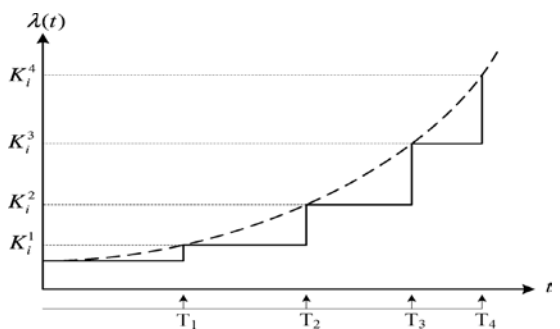
انتظار ناشی از خروج ترانسفورماتورها

به منظور ایجاد یک برنامه زمان بندی حساب شده و مدون نگهداری و تعمیر ترانسفورماتور، باید اثر خروج‌ای ممکن ترانسفورماتور به دلیل خرابی و یا نگهداری در طول دوره زمانی در نظر گرفته شود. بنابراین پیامدهای خروج ترانسفورماتور در هر بازه زمانی بدین گونه تعیین می‌شود:
الف) هزینه مورد انتظار از خرابی ترانسفورماتور در هر بازه زمانی:

۳.۱.۲ گام سوم: به دست آوردن تابع مناسب برای

نرخ خرابی بر حسب زمان

معمولاً توابع مختلفی برای نرخ خرابی انتخاب میشود، اما از توابعی که به صورت پرکاربرد در این مسائل استفاده میشود تابع weibull میباشد. در این تابع، برای هر بلاک زمانی، نرخ خرابی مشخصی در نظر گرفته میشود، همچنین نرخ خرابی هر بلاک، بزرگتر از زمان قبلی خود میباشد که در شکل زیر نشان داده شده است [۵].



شکل ۱: نرخ خرابی بر اساس تابع توزیع weibull



شکل ۲: تغییرات دینامیکی نرخ خرابی در هر بلاک زمانی با توجه به وقوع عمل تعمیر و نگهداری

یکی از نکات مهمی که باید در نظر گرفت وابسته بودن نرخ خرابی هر بلاک زمانی به وقوع عمل نگهداری در آن بلاک میباشد. بعد از هر عمل تعمیر و نگهداری مقدار نرخ خرابی آن بلاک به مقدار اولیه نرخ خرابی برمیگردد. این موضوع در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود، به ازای انجام عمل تعمیر و نگهداری که با X_{task} نشان داده

¹ Optimal Power Flow

شود. دوم اینکه عبارت $EC^{failure(i)}(k,t) \times \frac{d^{task(i)}(k)}{d^{block}}$ از کل آن کسر شده است تا جمله $EC^{failure(i)}(k,t)$ بی‌اثر شود.

در روابط فوق، d^{block} فاصله زمانی بازه‌ها، $d^{task(i)}(k)$ فاصله زمانی i امین عمل نگهداری برای k امین ترانسفورماتور، به عنوان متغیرهای ثابت تعریف شده‌اند.

۴.۲.۲. گام چهارم: برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیر

ترانسفورماتور

برای اجرای برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ترانسفورماتورهای قدرت باید مسأله بهینه‌سازی با تابع هدف مشخص که در رابطه ۶ نشان داده شده است را به همراه قیود آن، حل کرد.

$$\min \sum_{t=1}^{NT} \sum_{k=1}^{NTR} \sum_{i=1}^{ND} \left[\begin{aligned} & \left(EC^{task(i)}(k,t) + C^{task(i)}(k,t) \right) \\ & \times X^{task(i)}(k,t) + EC^{failure(i)}(k,t) \\ & + EC^{repair(i)}(k,t) \end{aligned} \right] \quad (6)$$

همچنین قیود این مسأله در زیر آمده است:

$$\sum_{k=1}^{NTR} \sum_{i=1}^{ND} \left[\begin{aligned} & Labor^{task(i)}(k) \times X^{task(i)}(k,t) \\ & + \lambda_i(k,t) \times Labor^{repair(i)}(k) \end{aligned} \right] \leq Labor(t) \quad \forall t \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{ND} X^{task(i)}(k,t) \leq 1 \quad \forall k, \quad \forall t \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^{NTR} \sum_{i=1}^{ND} X^{task(i)}(k,t) \leq MMT(t) \quad \forall t \quad (9)$$

تابع هدف فوق، شامل مجموع هزینه‌ای مورد انتظار متناسب با خرابی و عمل نگهداری و تعمیر ترانسفورماتور می‌باشد. $EC^{task(i)}$ و $C^{task(i)}$ مربوط به هزینه نگهداری، $EC^{failure(i)}$ و $EC^{repair(i)}$ مربوط به هزینه‌ای مورد انتظار متناسب با بازیابی قسمت i امین خرابی هر ترانسفورماتور در هر

هر ترانسفورماتوری می‌تواند در هر زمانی با توجه به نرخ خرابی آن، از کار بیفتد. بنابراین، هزینه مورد انتظار از خرابی ترانس در هر بلاک زمانی می‌تواند بصورت یک تابع هزینه افزایشی وزن دهی شده مانند زیر تعریف شود [۵].

$$EC^{failure(i)}(k,t) = \sum_{sc=1}^{NSC} \left[\pi_i(sc,k,t) \times \left(\sum_{h=1}^{Nh} C_{sc}(h) - \sum_{h=1}^{Nh} C_{base}(h) \right) \right] \quad \forall i,k,t \quad (4)$$

نرخ خرابی تجهیز فرسوده توسط توزیع weibull در هر بلاک زمانی میان‌مدت با مشخصه $\lambda_i(k,t)$ مشخص می‌شود. $\pi_i(sc,k,t)$ احتمال وقوع سناریو sc ، که مربوط به خراب شدن تجهیز i ام از k امین ترانسفورماتور است را نشان می‌دهد.

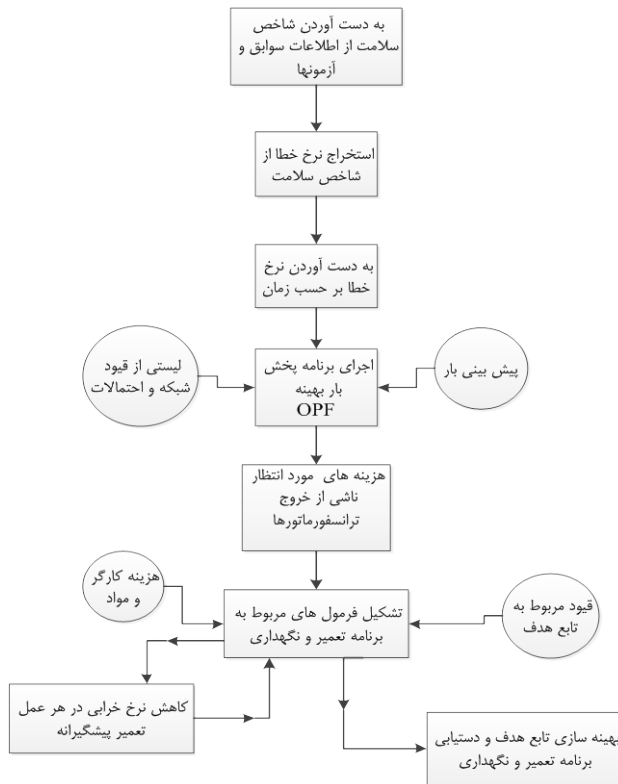
عبارت مربوط به اختلاف $C_{sc}(h)$ و $C_{base}(h)$ در بالا نشان دهنده افزایش هزینه بهره‌برداری در اثر وقوع سناریو sc است. دو عبارت هزینه‌ای $\sum_{h=1}^{Nh} C_{sc}(h)$ و $\sum_{h=1}^{Nh} C_{base}(h)$ در رابطه بالا از طریق انجام پخش بار بهینه (OPF) با در نظرگیری قیدهای مختلف سیستم در طول یک بازه زمانی محاسبه می‌شوند. توجه شود که ساختار شبکه برای محاسبه این دو هزینه متفاوت است. در محاسبه هزینه $\sum_{h=1}^{Nh} C_{sc}(h)$ ، ساختار شبکه به دلیل خروج ترانسفورماتور فرسوده تغییر می‌کند ولی برای محاسبه $\sum_{h=1}^{Nh} C_{base}(h)$ همان ساختار پایه آن است.

ب) هزینه مورد انتظار مربوط به خروج پیشگیرانه ترانسفورماتور در هر بازه زمانی

فرمول‌بندی ارائه شده در محاسبه هزینه خرابی را می‌توان با در نظر گرفتن دو جنبه، به صورت رابطه زیر بهبود داد [۵]:

$$EC^{task(i)}(k,t) = \frac{EC^{failure(i)}(k,t)}{(\lambda_i(k,t) \times T)} \times \frac{d^{task(i)}(k)}{d^{block}} - EC^{failure(i)}(k,t) \times \frac{d^{task(i)}(k)}{d^{block}} \quad (5)$$

ابتدا $EC^{failure(i)}(k,t)$ بر نرخ خرابی ترانسفورماتور تقسیم شده است. در این حالت ترانسفورماتور نمی‌تواند در طول دوره تعمیر، خراب



شکل ۳: مراحل و روند به دست آوردن برنامه‌ی تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

۳. سیستم مورد مطالعه

به منظور بررسی صحت برنامه ریزی تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ارائه شده در بخش قبل از شبکه ۲۴ باسه IEEE RTS، به عنوان سیستم مورد مطالعه استفاده شده است.

این سیستم شامل ۲۴ باس، ۳۳ خط انتقال و ۵ ترانسفورماتور می‌باشد که برخی از اطلاعات شبکه مانند داده های مربوط به خط انتقال و واحدهای تولید و قیود خطوط در این شبکه آورده شده است [۹].

با توجه به این که تعداد ترانسهای موجود در این سیستم ۵ عدد می باشد، تعداد سناریوهای خروج نیز ۵ خواهد بود. اطلاعات مربوط به هزینه های مختلف ترانسفورماتورها در جداول مربوطه آورده شده است. همچنین در این مطالعه، افق دوره برنامه ریزی تعمیرات یک سال در نظر گرفته شد که به تعداد ۱۳ بازه زمانی ۴ هفته‌ای تقسیم شده است. در هر بلاک زمانی مقدار بار در روی باسهای شبکه، درصدی از مقدار نامی بارها میباشد که مقدار این درصد بارها در جدول ۳ نشان داده شده است.

بازه زمانی میان مدت است. متغیر تصمیم گیری $\lambda_i(k, t)$ به آخرین عمل نگهداری و تعمیر ترانسفورماتور k وابسته است.

روابط مربوط به قیود تابع هدف، نشان‌دهنده محدودیت‌های منابع نیروی کار است. قید اول مانع اجرای دو تعمیر از پیش تعیین شده بر روی یک ترانسفورماتور در همان بازه زمانی دوره مورد نظر می شود. قید آخر، تعداد ماکزیم ترانسفورماتورهایی که می‌توانند در یک بازه زمانی میان مدت تحت عمل نگهداری و تعمیر قرار بگیرند را محدود می کند. علاوه بر این می‌توان قیده‌ای مربوط به برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری ترانسفورماتور را بدون آن که از جامعیت مسأله بهینه‌سازی کاسته شود، به آن اضافه کرد. عبارت

$$EC^{task(i)}(k, t) + X^{task(i)}(k, t)$$

در تابع هدف شامل ضرب متغیر باینری $X^{task(i)}(k, t)$ و متغیر پیوسته $\lambda_i(k, t)$ قرارداده شده در $EC^{task(i)}(k, t)$ می‌باشد که سبب غیر خطی شدن مسئله می‌شود.

هزینه مورد انتظار مربوط به نگهداری پیشگیرانه و تعمیر ترانسفورماتور فرسوده شامل هزینه‌ای نیروی کار و مواد می‌باشد. بطور کلی، متوسط تعداد ساعت و مقدار مواد مورد نیاز برای نگهداری پیشگیرانه و تعمیر ترانسفورماتور فرسوده بطور تخمینی مشخص است. بدین ترتیب این هزینه‌ها در هر بازه زمانی می‌تواند بصورت روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$C^{task(i)}(k, t) = C_{labor}^{task(i)}(k, t) \times Labor^{task(i)}(k) + C_{material}^{task(i)}(k, t) \quad (10)$$

$$EC^{repair(i)}(k, t) = \lambda_i^{block}(k, t) \times \left(C_{labor}^{repair(i)}(k, t) \times labor^{repair(i)}(k) + C_{material}^{repair(i)}(k, t) \right) \quad (11)$$

$$\lambda_i^{block}(k, t) = \lambda_i(k, t) \times d^{block} \quad (12)$$

هزینه نیروی کار و مواد در بالا، مقادیر مورد انتظاری هستند که با نرخ خرابی ترانسفورماتور در یک بازه زمانی میان مدت t وزن دهی شده‌اند. همچنین متغیرهای تصمیمگیری عبارتند از $X^{task(i)}(k, t)$ (متغیر باینری که برای i امین عمل نگهداری ترانسفورماتور k در بازه زمانی میان مدت t برابر ۱ است و در غیر این صورت صفر میباشد) و $\lambda_i(k, t)$ که نرخ خرابی تفکیک شده i ام ترانسفورماتور k در بازه زمانی میان مدت t میباشد. در شکل ۲ فلوجارت کلی الگوریتم پیشنهادی نشان داده شده است.

۴. نتایج

در ابتدا به ازای تعداد ترانسهای موجود در شبکه سناریو خروج ترانس وجود دارد که هزینه‌های ناشی از هر سناریو با توجه به بازه‌های مختلف زمانی و با استفاده از برنامه OPF در جدول ۴ آورده شده است. برای محاسبه پخش بار بهینه از نرم افزار MATPOWER استفاده شده است.

جدول ۴: هزینه بهره‌برداری سناریوهای مختلف در بلاک های زمانی تعریف شده (بر

حسب دلار بر ساعت)

سناریو خروج ترانسفورماتور						بازه زمانی میان مدت
T5	T4	T3	T2	T1	اصلي	
۵۱۹۹۲.۸	۵۱۹۸۷.۸	۵۱۹۱۵.۵	۵۱۹۱۶.۹	۵۲۳۸۲.۶	۵۱۸۷۹.۷	۱
۵۰۶۹۵.۰	۵۰۶۹۲.۹	۵۰۶۱۷.۹	۵۰۶۲۰.۸	۵۰۹۶۴.۸	۵۰۵۸۵.۵	۲
۴۵۹۰۵.۲	۴۵۹۰۸.۶	۴۵۸۵۵.۰	۴۵۸۵۷.۹	۴۶۱۰۴.۱	۴۵۸۳۸.۸	۳
۴۶۴۹۳.۰	۴۶۴۹۵.۷	۴۶۴۳۹.۵	۴۶۴۴۲.۳	۴۶۷۰۱.۴	۴۶۴۲۱.۶	۴
۵۰۳۷۹.۸	۵۰۳۷۸.۲	۵۰۳۰۳.۴	۵۰۳۰۶.۵	۵۰۶۴۵.۰	۵۰۲۷۲.۰	۵
۵۱۶۴۸.۳	۵۱۶۴۴.۴	۵۱۵۷۰.۶	۵۱۵۷۲.۶	۵۱۹۳۳.۱	۵۱۵۳۵.۷	۶
۵۰۲۴۵.۱	۵۰۲۴۳.۶	۵۰۱۶۹.۰	۵۰۱۷۲.۱	۵۰۵۰۸.۴	۵۰۱۳۸.۰	۷
۵۲۹۹۹.۴	۵۲۹۹۲.۰	۵۲۹۲۸.۵	۵۲۹۲۸.۵	۵۳۲۹۶.۱	۵۲۸۹۱.۴	۸
۴۶۳۲۴.۴	۴۶۳۲۷.۳	۴۶۲۷۱.۸	۴۶۲۷۴.۷	۴۶۵۳۰.۰	۴۶۲۵۴.۵	۹
۴۶۱۱۴.۴	۴۶۱۱۷.۵	۴۶۰۶۳.۰	۴۶۰۶۵.۹	۴۶۳۱۶.۶	۴۶۰۴۶.۲	۱۰
۴۸۴۶۹.۸	۴۸۴۷۰.۵	۴۸۴۰۴.۲	۴۸۴۰۷.۱	۴۸۷۱۱.۴	۴۸۳۸۰.۰	۱۱
۵۳۴۸۰.۸	۵۳۴۷۲.۷	۵۳۴۳۱.۱	۵۳۴۱۲.۵	۵۳۷۷۴.۸	۵۳۳۷۵.۳	۱۲
۵۸۱۶۲.۵	۵۸۱۲۷.۷	۵۸۰۳۰.۹	۵۸۰۱۷.۲	۵۸۷۶۰.۸	۵۷۹۴۶.۶	۱۳

همچنین با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول بالا اختلاف هزینه ناشی از هر سناریو با مقدار هزینه اصلی که همان هزینه بدون در نظرگیری خروج ترانسفورماتور میباشد، در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: اختلاف هزینه بهره‌برداری سناریوهای مختلف در بلاک های زمانی تعریف شده

(بر حسب دلار)

سناریو خروج ترانسفورماتور						بازه زمانی میان مدت
T5	T4	T3	T2	T1	اصلي	
۷۶۰۰۳.۲	۷۲۶۴۳.۲	۲۴۰۵۷.۶۰	۲۳۹۹۸.۴	۲۷۰۷۴۸.۸	۲۷۰۷۴۸.۸	۱
۷۳۵۸۴	۷۲۱۷۲.۸	۲۱۷۷۲.۸	۲۳۷۲۱.۶	۲۵۴۸۸۹.۶	۲۵۴۸۸۹.۶	۲
۴۴۶۲۰.۷	۴۶۹۰۵.۵	۱۰۸۸۶.۳	۱۲۸۳۵.۱	۱۷۸۲۸۱.۵	۱۷۸۲۸۱.۵	۳
۴۷۹۸۰.۸	۴۹۷۹۵.۱	۱۲۰۲۸.۸	۱۳۹۱۰.۴	۱۸۸۰۲۵.۶	۱۸۸۰۲۵.۶	۴
۷۲۴۴۱.۶	۷۱۳۶۶.۳	۲۱۱۰۰.۸	۲۳۱۸۴	۲۵۰۶۵۶	۲۵۰۶۵۶	۵
۷۵۶۶۷.۲	۷۳۰۴۶.۴	۲۳۴۵۲.۸	۲۴۷۹۶.۸	۲۶۷۰۵۲.۸	۲۶۷۰۵۲.۸	۶
۷۱۹۷۱.۱	۷۰۹۶۳.۱	۲۰۸۳۲	۲۲۹۱۵.۱	۲۴۸۹۰.۸۸	۲۴۸۹۰.۸۸	۷
۷۲۵۷۶	۶۷۶۰۳.۱	۲۴۹۳۱.۱	۲۴۹۳۱.۱	۲۷۱۹۵۸.۳	۲۷۱۹۵۸.۳	۸
۴۶۹۷۲.۸	۴۸۹۲۱.۶	۱۱۶۲۵.۶۰	۱۴۵۷۴.۳	۱۸۵۱۳۶	۱۸۵۱۳۶	۹
۴۵۸۳۰.۴	۴۷۹۱۳.۶	۱۱۲۸۹.۶	۱۳۳۳۸.۴	۱۸۱۷۰.۸۸	۱۸۱۷۰.۸۸	۱۰
۶۰۳۴۵.۶	۶۰۸۱۶	۱۶۲۶۲.۳	۱۸۳۱۱.۱	۲۳۲۷۰.۰۸	۲۳۲۷۰.۰۸	۱۱
۷۰۸۹۶	۶۵۴۵۲.۷	۲۵۴۰۱.۵	۲۴۹۹۸.۳	۲۶۸۴۶۴	۲۶۸۴۶۴	۱۲
۱۴۵۰۸۴	۱۲۱۶۹۹.۱	۵۶۶۴۹.۶	۴۷۴۴۳.۱	۵۴۷۱۴۲.۴	۵۴۷۱۴۲.۴	۱۳

جدول ۱: اطلاعات پارامترهای مختلف ساعت تعمیر پیشگیرانه و خرابیها

ترانسفورماتور	T1	T2	T3	T4	T5
$d^{task(Bushing)}(k) (hr)$	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
$d^{task(Main)}(k) (hr)$	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
$d^{task(Tap)}(k) (hr)$	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
$C^{Task(Bushing)}_{Material}(k,t) (\$)$	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
$C^{Task(Main)}_{Material}(k,t) (\$)$	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
$C^{Task(Tap)}_{Material}(k,t) (\$)$	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
$C^{repair(Bushing)}_{Material}(k,t) (\$)$	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
$C^{repair(Main)}_{Material}(k,t) (\$)$	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰
$C^{repair(Tap)}_{Material}(k,t) (\$)$	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
$Labor^{task(Bushing)}(k) (hr)$	۲۱۰	۲۱۰	۲۱۰	۲۱۰	۲۱۰
$Labor^{task(Main)}(k) (hr)$	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
$Labor^{task(Tap)}(k) (hr)$	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
$Labor^{repair(Bushing)}(k) (hr)$	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
$Labor^{repair(Main)}(k) (hr)$	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰
$Labor^{repair(Tap)}(k) (hr)$	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰

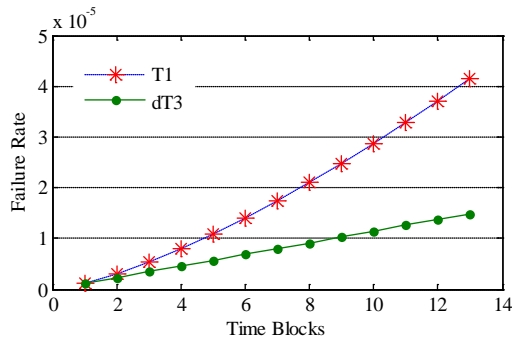
جدول ۲: اطلاعات پارامترهای مختلف هزینه‌های تعمیر پیشگیرانه و خرابیها

$C^{Task(Main)}_{Labor}(k,t) (\$)$	$C^{Task(Tap)}_{Labor}(k,t) (\$)$
۴۰	۴۰
$C^{repair(Main)}_{Labor}(k,t) (\$)$	$C^{repair(Tap)}_{Labor}(k,t) (\$)$
40	40
$C^{Task(Bushing)}_{Labor}(k,t) (\$)$	$C^{repair(Bushing)}_{Labor}(k,t) (\$)$
40	40

جدول ۳: میانگین درصد بار نامی در بازه‌های مختلف زمانی

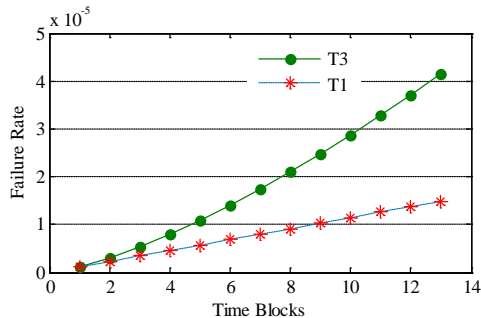
بازه زمانی	۱	۲	۳	۴	۵	۶
درصد بار نامی	۸۶/۸۵	۸۴	۷۳	۷۴/۴	۸۳/۳	۸۶/۱
بازه زمانی	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
درصد بار نامی	۸۳	۸۹	۷۴	۷۳/۵	۷۹	۹۰

در نظر گرفته شده است و با زمان تغییر نمی‌کند اما به ازای افزایش تعداد بازه‌های زمانی مقداری نرخ خرابی نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴: نرخ خرابی قسمت تیپنجر ترانس ۱ و ۳ به ازای بلاکهای زمانی

با توجه به برنامه تعمیر و نگهداری و اجرای بهینه‌سازی تابع هدف که بصورت یک بهینه سازی خطی مخلوط با عدد صحیح در نرم افزار MATLAB مدل شده است، برای هر ترانسفورماتور موجود در شبکه و برای اجزای آن، در بلاکهای زمانی مشخص برنامه تعمیر و نگهداری باید انجام شود که نتایج در جدول ۷ آورده شده است. همانطور که در جدول مشخص است ترانسفورماتور ۱ باید در بلاک زمانی ۱۱ در قسمت اصلی ترانس و در بلاک زمانی ۷ در قسمت تیپنجر مورد تعمیر و نگهداری پیشگیرانه قرار گیرد.



شکل ۵: نرخ خرابی قسمت اصلی ترانس ۱ و ۳ به ازای بلاکهای زمانی

اولین خروج بین ترانس ۱ و ۲ که نرخ خرابی یکسانی دارند روی ترانس ۲ انجام شده است که هزینه خروج کمتری نسبت به ترانس ۱ دارد. اولین خروج بین ترانسهای ۳ و ۴ و ۵ که نرخ خرابی یکسانی دارند روی ترانس ۳ انجام شده است که هزینه خروج کمتری نسبت به سایر ترانس ها دارد. همچنین برای سایر ترانسفورماتورها نیز بازه‌های زمانی مورد تعمیر و نگهداری در جدول نشان داده شده است.

همانطور که در جدول ۵ مشخص است هزینه ناشی از خروج ترانس ۱ از هزینه خروج سایر ترانسها بیشتر است. همچنین با توجه به نتایج موجود در جدول روند هزینه بهره‌برداری ناشی از خروج ترانسفورماتور نشان می‌دهد که با افزایش درصد بار در بلاکهای زمانی مختلف، مقدار این هزینه نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به اینکه اجزاء اصلی ترانسفورماتور بطور عمده شامل قسمت‌های مختلف مانند قسمت اصلی ترانس، بوشینگ و تیپنجر میباشد، برنامه تعمیر و نگهداری برای این شبکه در دو حالت مختلف انجام شده است به طوری که در حالت اول تعداد اجزای ترانسفورماتور که امکان بروز خرابی در آنها وجود دارد ۲ قسمت در نظر گرفته شده است که شامل خرابی در قسمت اصلی ترانسفورماتور و تیپنجر ترانسفورماتور میباشد. در واقع در این حالت از اثر بوشینگ ترانسفورماتور در برنامه تعمیر و نگهداری صرف نظر شده است.

همچنین در حالت دوم تعداد اجزای ترانسفورماتور که امکان بروز خرابی در آنها وجود دارد ۳ در نظر گرفته شده است. در این حالت خرابی بوشینگ ترانسفورماتور و امکان تعمیر و نگهداری آن، نیز علاوه بر حالت ۱ در نظر گرفته شده است که نتایج در دو حالت مختلف در ادامه آورده شده است.

۱.۴. برنامه تعمیر و نگهداری در حالت ۱

در این حالت در ابتدا اطلاعات نرخ خرابی اجزای ترانسفورماتور باید به دست آید. همانطور که در بخشهای قبلی توضیح داده شده، نرخ خرابی با استفاده از تابع weibull تخمین زده شده است. در جدول ۶ اطلاعات تابع weibull که شامل دو پارامتر میباشد ارائه شده است.

جدول ۶: اطلاعات پارامترهای تابع Weibull با دو تجهیز

ترانسفورماتور	خرابی قسمت تیپنجر ترانس		خرابی قسمت اصلی ترانس	
	β	α	β	α
T1	۲/۴	۴۳۰/۴	۲	۱۳۲۱/۶
T2	۲/۴	۴۳۰/۴	۲	۱۳۲۱/۶
T3	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۴	۴۳۰/۴
T4	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۴	۴۳۰/۴
T5	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۴	۴۳۰/۴

با توجه به پارامترهای داده شده در جدول بالا در شکل ۴ و ۵ مقادیر نرخ خرابی برای ترانسفورماتور در بازه‌های زمانی مختلف نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است در هر بازه‌های زمانی مقدار نرخ خرابی ثابت

ترانسها دیرتر عمل تعمیر و نگهداری روی آن انجام میشود. همچنین ترانسهای ۲ و ۳ با توجه به هزینه خروج کم نسبت به بقیه زودتر در برنامه تعمیر و نگهداری قرار میگیرند.

در این بخش آنالیزی نیز روی تاثیر تغییر زمان عمل تعمیر و نگهداری پیشگیرانه انجام گرفته است تا صحت بهینه سازی انجام شده بررسی شود. برای این کار ۴ مورد در نظر گرفته شده است که در زیر آورده شده است:

مورد ۱: جابه جایی زمان تعمیر و نگهداری قسمت اصلی و قسمت تپ-چنجر ترانسفورماتورها

مورد ۲: جابه جایی زمان تعمیر و نگهداری با یکدیگر

مورد ۳: انتخاب زمان تعمیر و نگهداری به صورت متوالی

مورد ۴: انتخاب زمان تعمیر و نگهداری به صورت تصادفی

نتایج هزینه به دست آمده در موردهای مختلف در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به اینکه هزینه تابع هدف حاصل از انتخاب زمان بهینه برابر با ۲۳۵۲۲۰ دلار شده است، اختلاف هزینههای موردهای مختلف با هزینه بهینه نیز در جدول نشان داده شده است. همانطور که در جدول مشخص است مقدار هزینه تمام حالتها از هزینه بهینه بیشتر شده است. همینطور در دو مورد ۳ و ۴ نیز با توجه به دور شدن زیاد از جواب بهینه، مقدار اختلاف هزینه نسبت به مورد ۱ و ۲ که جواب نهایی دچار جابهجایی شده است، بیشتر میباشد.

جدول ۸: مقایسه بین هزینه به دست آمده از تابع هدف در برنامههای مختلف تعمیر و

نگهداری با هزینه برنامه تعمیر و نگهداری بهینه

شماره بلازمانی تعمیر و نگهداری برای موردهای مختلف								
ترانس	مورد ۱		مورد ۲		مورد ۳		مورد ۴	
	تپ	اصلی	تپ	اصلی	تپ	اصلی	تپ	اصلی
T1	۱۱	۷	۸	۴	۱	۲	۳	۶
T2	۴	۸	۷	۱۱	۳	۴	۸	۵
T3	۳	۶	۱۲	۹	۵	۶	۴	۲
T4	۹	۱۲	۶	۱۲	۷	۸	۱۳	۱۲
T5	۱۰	۵	۵	۱۰	۹	۱۰	۱	۷
هزینه	۲۴۵۲۱۷.۱۷		۲۴۶۶۴۲.۹۱		۲۵۷۰۱۵.۴۲		۲۶۳۷۴۵.۲۶	
اختلاف هزینه	۱۰۰۹۶۸۷		۱۱۴۲۲۶۱		۲۱۷۹۵.۱۲		۲۸۵۲۴.۹۶	

۲.۴. برنامه تعمیر و نگهداری در حالت ۲

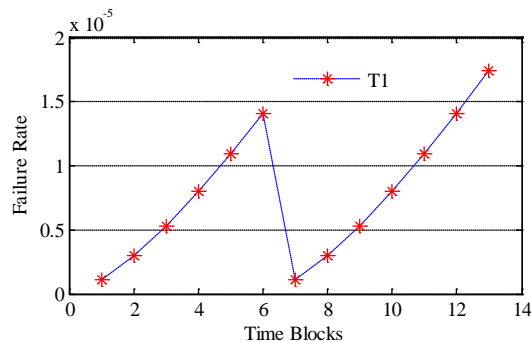
در این حالت نیز مانند حالت ۱، در ابتدا اطلاعات نرخ خرابی اجزای ترانسفورماتور باید به دست آید. همانطور که در بخشهای قبلی توضیح داده شده، نرخ خرابی با استفاده از تابع weibull تخمین زده شده است. در جدول ۹ اطلاعات تابع weibull که شامل دو پارامتر میباشد ارائه شده است. در این

جدول ۷: برنامه تعمیر و نگهداری ترانسهای شبکه با دو قسمت خرابی

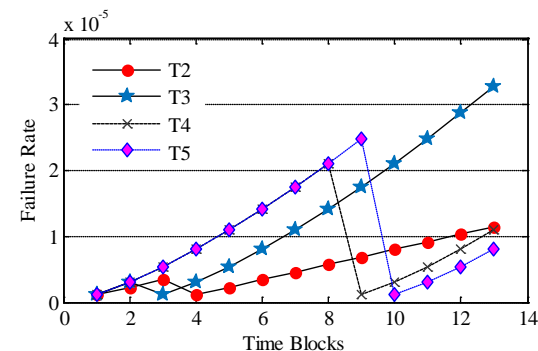
ترانسفورماتور	شماره بلازمانی برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ترانس	
	قسمت تپچنجر	قسمت اصلی
T1	۷	۱۱
T2	۸	۴
T3	۶	۳
T4	۱۲	۹
T5	۵	۱۰

در شکل ۶ تغییرات نرخ خرابی قسمت تپچنجر ترانس ۱ در طول برنامه تعمیر و نگهداری نشان داده شده است. با توجه به شکل با اعمال برنامه تعمیر و نگهداری پیشگیرانه مقدار نرخ خرابی در بازه زمانی مشخص شده به مقدار اولیه خود برمیگردد به صورتیکه مقدار آن در بلاک زمانی سیزدهم برابر $1/10e-5$ میباشد در حالیکه اگر برنامه تعمیر و نگهداری انجام نمیشد مقدار آن به $4/10e-5$ میرسید که در حدود $2/3$ برابر بیشتر میباشد. که نشان از افزایش قابلیت اطمینان سیستم میباشد.

در شکل ۷ تغییرات نرخ خرابی قسمت اصلی ترانسهای ۲، ۳، ۴ و ۵ در طول برنامه تعمیر و نگهداری نشان داده شده است.

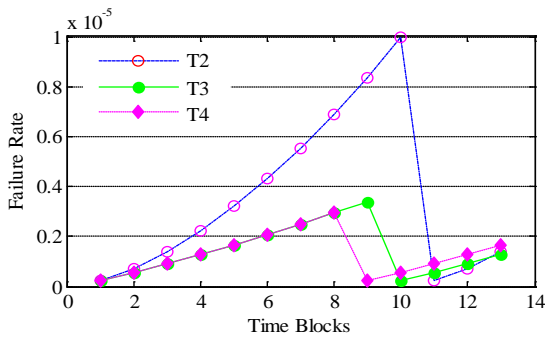


شکل ۶: تغییرات نرخ خرابی قسمت تپچنجر ترانس ۱ در طول برنامه تعمیر و نگهداری



شکل ۷: تغییرات نرخ خرابی قسمت اصلی ترانسهای ۲، ۳، ۴ و ۵ در طول برنامه تعمیر و نگهداری

در حالیکه در این حالت نرخ خرابی ترانس ۵ نسبت به بقیه ترانسها افزایش بیشتری دارد اما به علت زیاد بودن هزینه خروج نسبت به سایر



شکل ۱۰: تغییرات نرخ خرابی قسمت بوشینگ ترانس ۲،۳،۴

۵. جمع‌بندی

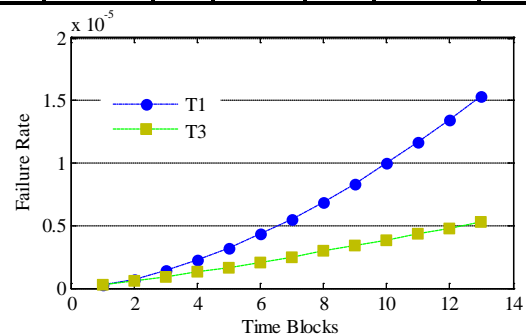
در این مقاله همان طور که در بخشهای مختلف توضیح داده شد، برنامه‌های برای تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ترانسفورماتورهای قدرت ارائه شد که اساس آن بهینه‌سازی تابع هزینه شامل مجموع هزینه های مورد انتظار متناسب با خرابی و عمل نگهداری و تعمیر ترانسفورماتور می‌باشد. با استفاده از این برنامه، انجام عمل تعمیر پیشگیرانه برای ترانسهای موجود در شبکه که شامل قسمت‌ها و اجزای با احتمال خرابی می‌باشند، در بهترین بازه زمانی صورت می‌گیرد که در این بازه حداقل هزینه برای سیستم به وجود آید. این برنامه شامل هزینه‌ها و قیدهای مختلفی می‌باشد که با توجه به شرایط سیستم میتوان هزینه‌های دیگری نیز در تابع هدف اضافه کرد. برای مثال در صورت اضافه شدن ترانسهای شبکه در سناریوهای مختلف خروج میتوان هزینه قطع بار را نیز به تابع هدف اضافه کرد (با توجه به طراحی شبکه انتقال با معیار $n-1$ ، فرض عدم بروز اضافه بار به ازای خروج یک ترانسفورماتور فرض صحیحی است با این حال میتوان مدل را براحتی برای در نظر گرفتن هزینه قطع بار توسعه داد)

این برنامه بر روی سیستم ۲۴ باسه IEEEERTS اجرا شده و نتایج آن نشان میدهد که با انجام هر عمل تعمیر پیشگیرانه بر روی جزئی از ترانسفورماتور مشخص در بلاک زمانی معین، از افزایش نرخ خرابی بصورتی بهینه ممانعت بعمل آمده است. در این برنامه در هر سناریو خروج یکی از ترانسفورماتورها مدل شده است و در صورت نیاز میتوان تعداد خروج در هر سناریو را افزایش داد. نرخ خرابی در این برنامه از طریق رابطه ارائه شده با استفاده از شاخص سلامت به دست آمده و در صورت لزوم میتوان با روابط دقیقتر و با سایر پارامترهای ترانسفورماتور، نرخ خرابی را به دست آورد.

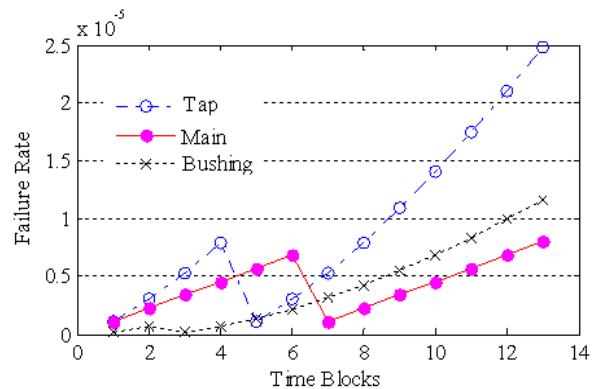
حالت تعداد اجزای ترانسفورماتور که امکان بروز خرابی در آنها وجود دارد در نظر گرفته شده است. در این حالت خرابی بوشینگ ترانسفورماتور و امکان تعمیر و نگهداری آن، نیز علاوه بر حالت ۱ در نظر گرفته شده است. با توجه به مقادیر جدول بالا نرخ خرابی قسمت بوشینگ ترانس ۱ و ۳ به ازای بلاکهای زمانی در شکل ۸ نشان داده شده است. در شکل ۹ تغییرات نرخ خرابی قسمت اصلی و بوشینگ و تپ ترانسفورماتور ۱ در طول برنامه تعمیر و نگهداری نشان داده شده است. با توجه به شکل، اولین تعمیر در بلاک زمانی ۳ روی بوشینگ ترانس باید انجام شود که در این حالت باید ترانسفورماتور از شبکه خارج شود همچنین در شکل ۱۰ تغییرات نرخ خرابی قسمت بوشینگ ترانس ۳،۴،۲ در طول برنامه تعمیر و نگهداری نشان داده شده است.

جدول ۹: اطلاعات پارامترهای تابع Weibull با سه تجهیز

ترانسفورماتور	خرابی قسمت تیچنجر		خرابی قسمت اصلی		خرابی قسمت بوشینگ	
	β	α	β	α	β	α
T1	۲/۴	۴۳۰/۴	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۶	۴۷۳/۸
T2	۲/۴	۴۳۰/۴	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۶	۴۷۳/۸
T3	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۴	۴۳۰/۴	۲/۲	۱۴۵۳/۷۶
T4	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۴	۴۳۰/۴	۲/۲	۱۴۵۳/۷۶
T5	۲	۱۳۲۱/۶	۲/۴	۴۳۰/۴	۲/۲	۱۴۵۳/۷۶



شکل ۸: نرخ خرابی قسمت بوشینگ ترانس ۱ و ۳ به ازای بلاکهای زمانی



شکل ۹: تغییرات نرخ خرابی قسمت اصلی و بوشینگ و تپ ترانس ۱

منابع

- [1] D. T. Radmer, P. A. Kuntz, R. D. Christie, S. S. Venkata, and R. H. Fletcher, "Predicting vegetation-related failure rates for overhead distribution feeders," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 17, pp. 1170–1175, Oct. 2002.
- [2] P.J. Dongale, "Equipment condition assessment and its importance in estimation and prediction of power system reliability", , M.S. Thesis, Dept. of Elect. Eng., Wichita State University, May 2008.
- [3] Brown R E. "Failure rate modeling using equipment inspection data", Power Engineering Society General Meeting, IEEE, pp. 693-700, 2004.
- [4] A. Abiri-Jahromi, M. Parvania, F. Bouffard, and M. Fotuhi-Firuzabad, "A two-stage framework for power transformer asset maintenance management—Part I: Models and formulations," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 28, no. 2, pp. 1395–1403, May 2013.
- [5] A. Abiri-Jahromi, M. Fotuhi-Firuzabad, and M. Parvania, "Optimized midterm preventive maintenance outage scheduling of thermal generating units," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 27, no. 3, pp. 1354–1365, Aug. 2012.
- [6] A. Abiri-Jahromi, M. Fotuhi-Firuzabad, and E. Abbasi, "An efficient mixed-integer linear formulation for long-term overhead lines maintenance scheduling in power distribution systems," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 24, no. 4, pp. 2043–2053, Oct. 2009.
- [7] L. Wu, M. Shahidehpour, and T. Li, "Stochastic security-constrained unit commitment," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 22, no. 2, pp. 800–811, May 2007.
- [8] A. Abiri-Jahromi, M. Parvania, F. Bouffard, and M. Fotuhi-Firuzabad, "A two-stage framework for power transformer asset maintenance management—Part II: Validation Results," *IEEE Trans. Power Syst.*, VOL. 28, NO. 2, MAY 2013
- [9] Reliability Test System Task Force, "The IEEE reliability test system—1996," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 14, no. 3, pp. 1010–1020, Aug. 1999.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو