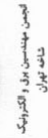




پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹

چهارشنبه ۸۹/۱۰/۲۲

مکان : دانشکده برق کلاس (۱)

| عنوان مقاله | ارائه دهنده | زمان ارائه |
|--|----------------|------------|
| ارائه یک روش نوین اجرایی جهت تعیین بخش خطا در شبکه توزیع | رحمن دشمنی | ۸:۴۵-۹ |
| یک روش نوین برای تشخیص فازهای درگیر خطا در شبکه انتقال - برپایه جمع بازگشتی نمونه ها | محمدرضا توری | ۹-۹:۱۵ |
| یک روش مناسب برای تشخیص خطاهای امپدانس بالا در سیستم توزیع قدرت براساس آنتیپار هارمونیک های جریان پالیمپدانه | محسن جنسی | ۹:۱۵-۹:۳۰ |
| روش هوشمند در گروه بندی آلام و مکان یابی بلادرنگ خطا در سیستم قدرت | سعید خادمی | ۹:۳۰-۹:۴۵ |
| تشخیص و تخمین میزان خطای حلقه استاتور موتور القایی با یکارگیری تبدیل موجک و شبکه عصبی - فازی | احسان غریب رضا | ۹:۴۵-۱۰ |
| Removal of Decaying DC Component in Current Signal Using a Novel Estimation Algorithm | مجید آغاسی | ۱۰-۱۰:۱۵ |
| A New High-Speed Fault Detection Scheme for Transmission Line Based on Traveling Wave | ابوالفضل مصدق | رزرو |

مکان: دانشکده برق کلاس (۲)

| عنوان مقاله | ارائه دهنده | زمان ارائه |
|---|-----------------|------------|
| روش جدید حفاظت همزمان (غیرمختار) خطوط انتقال سه پایانه ای مبتنی بر الگوریتم گردان ریخت شناسی ریاضیاتی | مسعود خدادادی | ۸:۴۵-۹ |
| تاثیر نرخ خرابی عنصر حفاظت نونده و مدار تست های خودارزیابی و مانیتورینگ بر روی زمان بهینه تست دوره ای سیستم حفاظتی با در نظر گرفتن احتمال خرابی سیستم حفاظت پشتیبان | یاسر دامچی | ۹-۹:۱۵ |
| تاثیر انواع مختلف محدودساز جریان خطا در محدودساز جریان خطای تولیدات پراکنده جهت حفظ صافگی رله های اضافه جریان در شبکه توزیع | علی عاقلی | ۹:۱۵-۹:۳۰ |
| طراحی محدودساز جریان نوع نیمه هادی و بل دیودی و تعیین مقدار بهینه پارامترهای آن | انوشیروان آذری | ۹:۳۰-۹:۴۵ |
| ارزیابی محدودساز جریان خطای رزونانسی در بهبود عملکرد ریزانور | سعید افلاج زاده | ۹:۴۵-۱۰ |



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت
تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی
۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹

برنامه زمانی پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت
های قدرت دانشگاه شهید بهشتی

افتتاحیه
سه شنبه ۸۹/۱۰/۲۱

از ساعت ۹ الی ۱۱ در سالن خوارزمی مرکز همایش های بین المللی دانشگاه شهید بهشتی

نشست (۱): حفاظت دیستانس و دیفرانسیل

| عنوان مقاله | ارائه دهنده | زمان ارائه |
|--|----------------|-------------|
| همافکنی رله های حفاظتی دیستانس در خطوط موازی چندگانه | حسین محمدی | ۱۱:۴۰-۱۱:۴۵ |
| الگوریتم جدیدی برای جبران سازی رله دیستانس در حفاظت خطوط دو مدار | لایق بهروزی | ۱۱:۴۵-۱۱:۵۰ |
| شناسایی جریان معیوب در ترانسفورماتورهای قدرت با استفاده از شبکه عصبی آموزش دیده با الگوریتم جستجوی گرانش | علیرضا برادی | ۱۱:۵۰-۱۲:۰۵ |
| الگوریتم جدید حفاظت واحد خطوط انتقال کوتاه براساس شبکه های عصبی | وحید قنصی | ۱۲:۰۵-۱۲:۲۰ |
| الگوریتمی جدید در حفاظت دیفرانسیل توان خطوط انتقال جبران شده سری با دو مسیر ترکیبی تشخیص خطا | منعم حاجی زاده | رزرو |

سه شنبه ۸۹/۱۰/۲۱

| عنوان کارگاه | ارائه دهندگان | زمان ارائه |
|---|---|------------|
| سیستم زمین و شبیه سازی آن توسط نرم افزار CYME | دکتر کاظمی کارگر، مهندس عربی دکتر شکیانی، شرکت قفس نیرو | ۱۴-۱۷ |
| DCS | دکتر شهرتاش، شرکت نیوناد | ۱۴-۱۷ |



انجمن مهندسين برق والكترونيك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

تأثير نرخ خرابي عنصر حفاظت شونده و مدار تست هاي خودبازيمني و مانيتورينگ بر روي زمان بهينه تست دوره اي سيستم حفاظتي با در نظر گرفتن احتمال خرابي سيستم حفاظت پشتيبان

جواد ساده

دانشيار گروه برق
sadeh@um.ac.ir

دانشگاه فردوسي مشهد، دانشكده مهندسي، مشهد، ايران

ياسر دامچي

دانشجوي دکتری برق-قدرت
damchi@ieee.org

واژه هاي کليدي: تست خودبازيمني، تست مانيتورينگ، حفاظت پشتيبان، زمان بهينه تست دوره اي، عنصر حفاظت شونده

حفاظت پشتيبان براي تعيين زمان بهينه تست دوره اي سيستم حفاظتي ارائه شده است. همچنين در مدل مارکوف پيشنهادي امکان انجام تست هاي خودبازيمني^۱ و مانيتورينگ^۲ نيز لحاظ شده است. نتايج نشان مي دهد که پارامترهاي فوق، تأثير قابل توجه اي بر روي زمان بهينه تست دوره اي سيستم حفاظتي دارند.

۱- مقدمه

امروزه نقش سيستم هاي حفاظتي در افزايش قابليت اطمينان سرويس دهی به مصرف کنندگان صنعتی، تجاری و خانگی با توجه به گسترش شبکه هاي قدرت، نسبت به گذشته از اهميت

چکیده- تست دوره اي سيستم هاي حفاظتي نقش تعيين کننده اي در حفظ قابليت اطمينان اين سيستم ها در سطح مطلوب دارد. از طرفي ديگر براي کاهش هزينه هاي نگهداري و تعميرات سيستم هاي حفاظتي و افزايش بيشتري قابليت اطمينان اين سيستم ها، تعيين هر چه دقيق تر زمان بهينه تست دوره اي ضروري است. در بيشتري مطالعاتي که تاکنون در اين زمينه انجام شده، احتمال خرابي براي سيستم حفاظت پشتيبان لحاظ نشده است. بنابراين در اين مقاله تأثير پارامترهائي چون نرخ خرابي عنصر حفاظت شونده و نرخ خرابي مدار تست هاي خودبازيمني و مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان بر روي زمان بهينه تست دوره اي سيستم حفاظتي مورد ارزيابي قرار گرفته است. يك مدل مارکوف پيشنهادي. با در نظر گرفتن احتمال خرابي براي سيستم

۱ - Self-checking test

۲ - Monitoring test



انجمن مهندسين برق والكترونيك ايران
شاخه تهران

پنجمین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستم‌های قدرت

تهران - دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

همانگونه که اشاره شد، یکی از راه‌های بهبود قابلیت اطمینان سیستم حفاظتی، انجام تست دوره‌ای است. تاکنون مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. مرجع [۶] زمان بهینه تست دوره‌ای را بدون در نظر گرفتن تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ تعیین کرده است. در این مرجع، رله پشتیبان کاملاً قابل اطمینان فرض شده است. در مرجع [۷] زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی خط انتقال با فرض اینکه احتمال خرابی رله پشتیبان صفر می‌باشد، تعیین شده است. در این مرجع فرض شده است که فقط امکان تست خودبازبینی وجود دارد. مرجع [۸] به بررسی تأثیر تعمیرات پیشگیرانه بر روی قابلیت اطمینان سیستم حفاظت سیستم توزیع پرداخته است. مرجع [۹] تغییرات هزینه تعمیرات را با توجه به فرکانس انجام تعمیرات برای مقادیر متفاوت شاخص تأثیرگذاری تعمیرات تعیین نموده است. البته این مرجع در انجام محاسبات، تأثیر سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان را لحاظ نموده است. مرجع [۱۰] بدون در نظر گرفتن احتمال خرابی برای سیستم حفاظت پشتیبان و با فرض امکان انجام تست خودبازبینی برای سیستم‌های حفاظتی پایلوت، زمان بهینه تست دوره‌ای این سیستم‌ها را تعیین نموده است. در مراجع [۲] و [۱۱] به ترتیب زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی خط انتقال و ترانسفورماتور با در نظر گرفتن شاخص‌های تأثیرپذیری متفاوت برای تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ تعیین شده و همچنین چگونگی تغییرات زمان بهینه تست خودبازبینی با تغییر شاخص تأثیرپذیری تست خودبازبینی بررسی شده است. البته شایان ذکر است که در این مراجع سیستم حفاظت پشتیبان کاملاً قابل اطمینان فرض شده است. مرجع [۱۲] زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی را با حداقل نمودن شاخص متوسط ضرر اقتصادی سالیانه سیستم حفاظتی و با فرض اینکه سیستم حفاظت پشتیبان کاملاً قابل اطمینان می‌باشد تعیین کرده است. در مراجع [۱۳] و [۱۴] زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی خط انتقال

بیشتری برخوردار شده است. بنابراین سیستم‌های حفاظتی باید از قابلیت اطمینان مطلوبی برخوردار باشند، تا عملکرد مناسب در هنگام بروز خطا و عدم عملکرد در صورت عدم وقوع خطا در شبکه قدرت داشته باشند.

قابلیت اطمینان سیستم‌های حفاظتی در دو بخش قابلیت اتکا^۱ و امنیت^۲ تقسیم‌بندی می‌شود. قابلیت اتکا به عنوان احتمال عملکرد صحیح رله یا سیستم حفاظت رله‌ای در هنگام نیاز برای رفع خطا، تعریف می‌شود. امنیت حاکی از احتمال عدم عملکرد رله یا سیستم حفاظت رله‌ای در شرایطی که نیاز به عملکرد نمی‌باشد، است [۱ و ۲]. قابل ذکر است که قابلیت اتکا هنگامی دارای معنا و مفهوم می‌باشد که خطا در داخل ناحیه حفاظتی رخ دهد، در حالیکه امنیت برای خطاهای خارج ناحیه حفاظتی، شرایط عملکرد نرمال (غیر خطا) و یا بهره‌برداری از سیستم تحت تنش، دارای مفهوم است [۳].

یکی از عوامل اصلی خروجی‌های متوالی در شبکه قدرت، خرابی سیستم‌های حفاظتی است [۴]. در مطالعه‌ای که توسط موسسه NERC^۳ انجام شده، بیان شده است که سیستم‌های حفاظتی در بروز حدود ۷۵ درصد از اغتشاشات اصلی دخیل هستند. به طور مثال می‌توان از خاموشی شمال آمریکا در نوامبر ۱۹۶۵ و یا از دو خاموشی گسترده که در شبکه^۴ WSCC در جولای و اگوست ۱۹۹۶ رخ داده‌اند، نام برد [۵]. بنابراین افزایش قابلیت اطمینان سیستم حفاظتی نقش بسزایی برای کاهش حوادثی مشابه حوادث فوق در شبکه قدرت دارد. برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم حفاظتی چندین روش وجود دارد، که عبارتند از: تست دوره‌ای، تست خودبازبینی و تست مانیتورینگ، افزونگی در داخل سیستم حفاظتی و بکارگیری حفاظت پشتیبان محلی و دور [۲].

۱ - Dependability

۲ - Security

۳ - North American Electric Reliability Council

۴ - Western System Coordinating Council



$$pP = p \quad (1)$$

در رابطه (۱)، P ماتریس گذار حالت سیستم و p بردار احتمال حالت‌های مدل مارکوف می‌باشد.

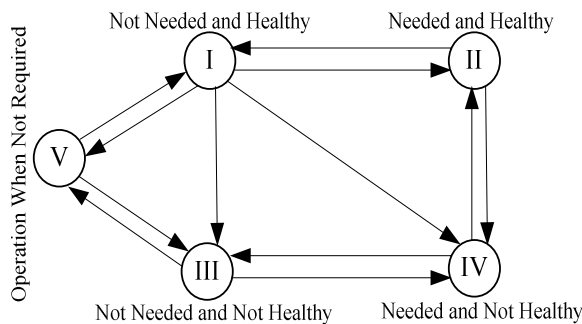
برای تشکیل ماتریس گذار حالت سیستم از رابطه (۲) استفاده می‌شود که در این رابطه، a_{ij} نشان‌دهنده نرخ گذار از حالت i به حالت j است.

با توجه به ساختار ماتریس P ، معادلات تشکیل شده در رابطه (۱) دارای وابستگی خطی می‌باشند و بنابراین برای حل آن نیاز به معادله کمکی (۳) می‌باشد.

$$\sum_i p_i = 1 \quad (3)$$

در معادله (۳)، p_i درایه‌های بردار p هستند. این معادله بیانگر این موضوع است که مجموع احتمال حالت‌های تشکیل دهنده فضای حالت مارکوف برابر یک می‌باشد.

مدل مارکوف پنج حالتی شکل (۱) برای مدل‌سازی سیستم حفاظتی در نظر گرفته شده است. این مدل دو مد خرابی برای سیستم حفاظتی، یعنی عدم پاسخ سیستم حفاظتی، هنگامی که مورد نیاز است^۱ و عملکرد سیستم حفاظتی، هنگامی که مورد نیاز نمی‌باشد^۲، را در نظر می‌گیرد [۲].



شکل (۱): مدل نشان‌دهنده حالت‌های عملکرد سیستم حفاظتی [۲]

با در نظر گرفتن احتمال خرابی برای سیستم حفاظت پشتیبان و امکان تست خودبازبینی تعیین شده است. در این مراجع به ترتیب فرض شده است که سیستم حفاظت پشتیبان از نظر زمانی

$$P = \begin{cases} P_{ij} = \sum_{i \neq j} a_{ij} & i \neq j \\ P_{ij} = 1 - \sum_{i \neq j} a_{ij} & i = j \end{cases} \quad (2)$$

پس از سیستم حفاظت اصلی و یا همزمان با آن تحت تست دوره‌ای قرار می‌گیرد.

در این مقاله چگونگی تغییرات زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی با تغییر نرخ خرابی عنصر حفاظت‌شونده و نرخ خرابی مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ سیستم حفاظت پشتیبان، ارزیابی شده است. از روش مدل‌سازی مارکوف برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظت خط انتقال با در نظر گرفتن احتمال خرابی برای سیستم حفاظت پشتیبان و با امکان انجام تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ، استفاده شده است. در مدل مارکوف پیشنهادی فرض شده است که سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان به طور همزمان تحت تست دوره‌ای قرار می‌گیرند.

۲- تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی به

کمک مدل مارکوف پیشنهادی

در این مطالعه برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی از روش مدل‌سازی مارکوف و با لحاظ نمودن احتمال خرابی برای سیستم حفاظت پشتیبان، استفاده شده است.

برای محاسبه احتمال حالت‌های تشکیل دهنده مدل مارکوف، ابتدا باید ماتریس گذار حالت سیستم مورد مطالعه تشکیل شود و سپس با توجه به رابطه (۱) احتمال مربوط به حالت‌های سیستم محاسبه گردد [۱۵]:

۱ - Not Responding When Required
۲ - Operating When Not Required



انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

سیستم حفاظتی، هدف این است که تابع احتمال مرتبط با حالت‌های مطلوب یعنی حالت‌های (۱) و (۲) حداکثر و احتمالات مرتبط با حالت‌های (۳)، (۴) و (۵) که حالت‌های نامطلوب سیستم حفاظتی می‌باشند حداقل گردد.

برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی باید مدل مارکوفی که متشکل از ترکیب حالت‌های متفاوت سیستم‌های حفاظتی و عنصر حفاظت‌شونده می‌باشد، تشکیل شده و در نهایت با توجه به مدل مارکوف تشکیل شده، احتمال حالت‌های مطلوب و نامطلوب شکل (۱) محاسبه گردد.

مدل مارکوف ۲۱ حالتی شکل (۲) برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی خط انتقال با لحاظ نمودن فرضیات زیر پیشنهاد شده است:

- امکان تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ برای سیستم‌های حفاظتی وجود دارد.
- سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان، در مدت زمان تست دوره‌ای خارج از سرویس هستند.
- انجام بازدید و یا وقوع خطا برای مشخص کردن خرابی سیستم حفاظتی لازم است.
- بررسی سیستم‌های حفاظتی، همیشه خرابی‌ها را مشخص می‌کند و خود سبب خرابی نمی‌شود.
- زمان مورد نیاز برای تست سیستم حفاظتی، برابر مدت زمان لازم برای تعمیر و یا جایگزینی سیستم حفاظتی خراب شده می‌باشد.
- امکان تعمیر همزمان سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان وجود دارد.
- در صورت عدم عملکرد سیستم حفاظت اصلی و پشتیبان برای رفع خطا، سیستم حفاظت پشتیبان لایه دوم با عملکرد مناسبی خطا را برطرف می‌نماید.

چگونگی تشکیل مدل مارکوف پیشنهادی شکل (۲) به شرح

زیر می‌باشد.

شکل (۱) را می‌توان به صورت زیر تشریح نمود:

یک سیستم حفاظتی بیشتر عمر خود را در حالت انرژی‌دار و سکون سپری می‌کند. در این حالت، سیستم حفاظتی در شرایط سالم به سر می‌برد و بر عناصر ناحیه حفاظتی خودش نظارت می‌کند، این حالت به عنوان "Not Needed and Healthy" شناخته می‌شود احتمال مربوط به این حالت نشان‌دهنده میزان دسترس‌پذیری^۱ به سیستم حفاظتی است.

در حالت "Needed and Healthy" سیستم حفاظتی وقتی که برای رفع خطا فراخوانده می‌شود، با موفقیت عمل می‌کند. در این حالت سیستم حفاظتی در شرایط سالم است و به هر شرایط غیرعادی مرتبط با عنصر حفاظت‌شونده پاسخ مناسب می‌دهد. احتمال مربوط به این حالت، درجه قابلیت اتکا به سیستم حفاظتی را نشان می‌دهد.

در حالت "Not Needed and Not Healthy" سیستم حفاظتی یا در حال تعمیر است و یا در شرایط غیرآماده به سر می‌برد. سیستم حفاظتی به دلیل اینکه یا خراب شده است و یا اینکه تحت تست خودبازبینی و یا تست دوره‌ای می‌باشد، آماده عملکرد نیست. این حالت می‌تواند تحت عنوان دسترس‌ناپذیری^۲ به سیستم حفاظتی نامیده شود.

در حالت "Needed and Not Healthy" خطا در ناحیه حفاظتی رخ داده است، ولی سیستم حفاظتی برای رفع آن در دسترس نمی‌باشد. این حالت تحت عنوان دسترس‌ناپذیری غیر عادی^۳ به سیستم حفاظتی بیان می‌گردد.

در حالت "Operation when Not required" سیستم حفاظتی در شرایطی که نباید عمل کند، دارای عملکرد است. چنانچه احتمال مربوط به این حالت زیاد باشد، حاکی از درجه امنیت پایین سیستم حفاظتی می‌باشد.

با توجه به شکل (۱)، برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای

۱ - Availability

۲- Unavailability

۳-Abnormal Unavailability



انجمن مهندسين برق و الكترونك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي

قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

می‌شود. همچنین اگر خرابی سیستم حفاظت پشتیبان به کمک تست خودبازبینی مشخص گردد، مدل از حالت (۱) به حالت (۷) انتقال می‌یابد. با انجام تست خودبازبینی مدل از حالت‌های (۵) و (۷) به حالت‌های به حالت‌های (۱۸) و (۱۹) جابجا می‌شود. در صورتی که تست دوره‌ای سبب مشخص شدن خرابی سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان شود، مدل به ترتیب برای سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان از حالت‌های (۴) و (۶) به حالت‌های (۱۸) و (۱۹) انتقال می‌یابد. مدل از حالت‌های (۱۸) و (۱۹) به ترتیب با تعمیر سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان به حالت (۱) برمی‌گردد. در حالت (۱۰) سیستم حفاظت اصلی و عنصر حفاظت شونده دچار خرابی شده و با عملکرد سیستم حفاظت پشتیبان، مدل به حالت (۱۲) انتقال می‌یابد. در حالت (۱۱) سیستم حفاظت پشتیبان و عنصر حفاظت شونده دچار خرابی شده و با عملکرد سیستم حفاظت اصلی، مدل به حالت (۱۳) می‌رود. چنانچه در حالت (۱۰) سیستم حفاظت پشتیبان و در حالت (۱۱) سیستم حفاظت اصلی دچار خرابی شوند، مدل به حالت (۱۵) منتقل می‌شود. مدل در حالت (۱۵) با عملکرد سیستم حفاظت پشتیبان لایه دوم، عنصر حفاظت شونده و عنصر اضافی متصل به آن از شبکه جدا شده و مدل به حالت (۱۴) انتقال می‌یابد. با جداسازی دستی عنصر اضافی، مدل از حالت (۱۴) به حالت (۱۷) منتقل شده و پس از تعمیر عنصر حفاظت شونده مدل به حالت (۱۶) انتقال می‌یابد و چنانچه در این حالت سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان تعمیر شوند، مدل به حالت (۱) بر می‌گردد.

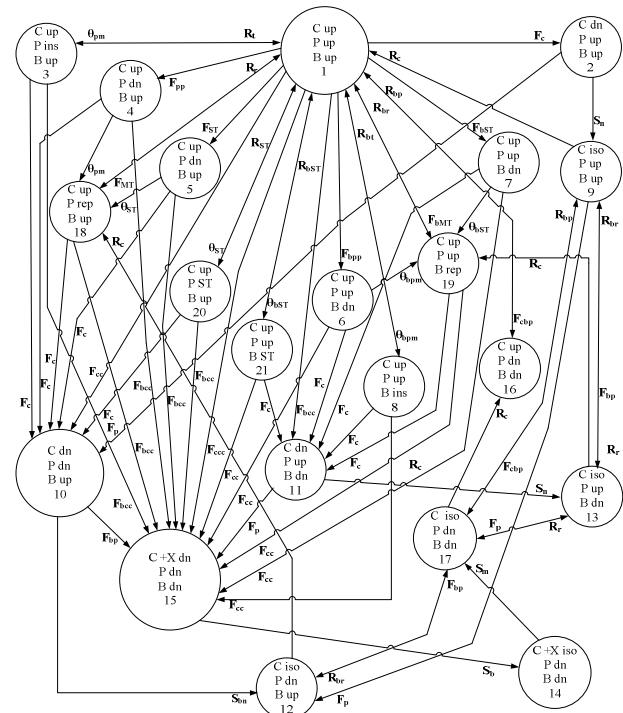
واژگان اختصاری و نرخ‌های گذار موجود در مدل مارکوف پیشنهادی برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

C : عنصر حفاظت شونده،

P : سیستم حفاظت اصلی،

B : سیستم حفاظت پشتیبان،

در حالت (۱) سیستم در شرایط نرمال است، در این حالت عنصر حفاظت شونده برق‌دار و سیستم حفاظت اصلی و پشتیبان در شرایط سالم هستند. وقتی خطایی روی خط اتفاق بیفتد، مدل به حالت (۲) انتقال می‌یابد و با عملکرد سیستم حفاظت اصلی، عنصر حفاظت شونده جدا شده و مدل به حالت (۹) می‌رود. در حالت (۹) خط معیوب شده، تعمیر و دوباره برق‌دار می‌شود و مدل به حالت (۱) برمی‌گردد. در حالت (۳) سیستم حفاظت اصلی و در حالت (۸) سیستم حفاظت پشتیبان تحت تست دوره‌ای قرار می‌گیرند. هر گاه خرابی سیستم‌های حفاظتی توسط تست مانیتورینگ مشخص شود مدل برای سیستم حفاظت اصلی به حالت (۱۸) و برای حفاظت پشتیبان، به حالت (۱۹) منتقل می‌شود. سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان به ترتیب در حالت‌های (۲۰) و (۲۱) تحت تست خودبازبینی قرار می‌گیرند. هنگامی که خرابی سیستم حفاظت اصلی توسط تست خودبازبینی مشخص شود، سبب جابجایی مدل از حالت (۱) به حالت (۵)



شکل (۲): مدل مارکوف پیشنهادی برای سیستم حفاظتی و عنصر حفاظت - شونده با لحاظ کردن امکان انجام تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ



انجمن مهندسين برق والكترونيك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

R_r و R_{br} : به ترتيب نرخ تعمير سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان (تعمير بر واحد ساعت)،

R_{bp} : نرخ تعمير همزمان سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان (تعمير بر واحد ساعت)،

S_n و S_{bn} : به ترتيب عملكرد تريپ نرمال سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان بر ساعت (معكوس زمان رفع خطا با سيستمهاي حفاظتي)،

S_b : عملكرد تريپ نرمال سيستم حفاظت پشتيبان لايه دوم بر ساعت (معكوس زمان رفع خطا با عملكرد مناسب سيستم حفاظت پشتيبان لايه دوم)،

S_m : جداسازي دستي بر ساعت،

θ_{bp} و θ_{pm} : به ترتيب نرخ انجام تست دورهاي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان (معكوس فاصله زماني تست دورهاي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان)،

θ_{ST} و θ_{bST} : به ترتيب نرخ انجام تست خودبازيمني سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان (معكوس فاصله زماني تست خودبازيمني سيستم حفاظت اصلي و پشتيبان)،

ISO: نشاندهنده جداسازي عنصر حفاظت شونده و عنصر اضافي،

ins: نشاندهنده تحت بازرسي بودن سيستم حفاظتي،

up: نشاندهنده سالم بودن عنصر،

dn: نشاندهنده خراب بودن عنصر.

پارامترهاي F_{bST} ، F_{ST} ، F_{bMT} ، F_{MT} ، F_{pp} و F_{bpp} که در مدل مارکوف شکل (۲) وجود دارند به کمک معادلات (۴) محاسبه مي شوند:

$$\begin{aligned} F_{ST} &= F_p \times ST_p \\ F_{MT} &= F_p \times MT_p \\ F_{pp} &= F_p \times (1 - ST_p - MT_p) \\ F_{bST} &= F_{bp} \times ST_b \\ F_{bMT} &= F_{bp} \times MT_b \\ F_{bpp} &= F_{bp} \times (1 - ST_b - MT_b) \end{aligned} \quad (4)$$

X: تجهيزات اضافي همراه با عنصر حفاظت شونده که به صورت دستي از شبکه جدا مي شوند،

F_p و F_{bp} : به ترتيب نرخ خرابي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان (معكوس متوسط فاصله زماني بين خرابيها)،

F_{ST} و F_{bST} : به ترتيب نرخ خرابي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان مشخص شده توسط تست خودبازيمني،

F_{MT} و F_{bMT} : به ترتيب نرخ خرابي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان مشخص شده توسط تست مانيتورينگ،

F_{pp} و F_{bpp} : به ترتيب نرخ خرابي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان مشخص نشده توسط تست خودبازيمني و مانيتورينگ،

F_c : نرخ خرابي عنصر حفاظت شونده (خرابي بر واحد ساعت)،

F_{cc} : نرخ خرابي مشترک سيستم حفاظت اصلي و عنصر حفاظت شونده (خرابي بر واحد ساعت)،

F_{bcc} : نرخ خرابي مشترک سيستم حفاظت پشتيبان و عنصر حفاظت شونده (خرابي بر واحد ساعت)،

F_{cbp} : نرخ خرابي مشترک سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان (خرابي بر واحد ساعت)،

F_{ccc} : نرخ خرابي مشترک سيستمهاي حفاظت اصلي، پشتيبان و عنصر حفاظت شونده (خرابي بر واحد ساعت)،

ST_p و ST_b : به ترتيب شاخص تأثيرپذيري تست خودبازيمني سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان،

MT_p و MT_b : به ترتيب شاخص تأثيرپذيري تست مانيتورينگ سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان،

R_c : نرخ تعمير عنصر حفاظت شونده (تعمير بر واحد ساعت)،

R_t و R_{bt} : به ترتيب نرخ بازرسي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان به کمک تست دورهاي (بازرسي بر واحد ساعت)،

R_{ST} و R_{bST} : به ترتيب نرخ بازرسي سيستمهاي حفاظت اصلي و پشتيبان به کمک تست خودبازيمني (بازرسي بر واحد ساعت)،



۳- شبیه‌سازی

برای تحلیل قابلیت اطمینان از نرخ‌های گذار جدول (۱) استفاده شده است [۷]. البته شایان ذکر است که نرخ‌های گذار مربوط به سیستم حفاظت پشتیبان، مشابه نرخ‌های گذار سیستم حفاظت اصلی انتخاب شده است. نرخ‌های گذار R_{ST} و R_{BST} برابر ۷۲۰ تست بر ساعت، فرض شده‌اند [۲].

جدول (۱): نرخ‌های گذار لازم برای تحلیل قابلیت اطمینان

| | |
|--|---|
| $R_c = 0.5$ (repairs per hour) | $F_{bcc} = 10^{-7}$ (failures per hour) |
| $R_t = 1$ (test per hour) | $F_{bb} = 10^{-7}$ (failures per hour) |
| $R_{bt} = 1$ (test per hour) | $F_{ccc} = 10^{-7}$ (failures per hour) |
| $R_r = 0.5$ (repairs per hour) | $S_n = 43200$ (operation per hour) |
| $R_{br} = 0.5$ (repairs per hour) | $S_{bn} = 21600$ (operation per hour) |
| $R_{bp} = 0.5$ (repairs per hour) | $S_b = 14400$ (operation per hour) |
| $F_{cc} = 10^{-7}$ (failures per hour) | $S_m = 0.5$ (operation per hour) |

نتایج زیر از شبیه‌سازی‌های انجام شده، استخراج شده است.

۳-۱- حالت پایه

برای بررسی چگونگی تغییرات زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی با تغییر نرخ خرابی عنصر حفاظت‌شونده و نرخ خرابی مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ، یک حالت شبیه‌سازی به عنوان حالت پایه لحاظ شده است. در این حالت فرض شده است که امکان انجام تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ برای سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان وجود ندارد. همچنین متوسط فاصله زمانی بین دو خرابی برای سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان برابر ۵۰ سال و خرابی عنصر حفاظت‌شونده برابر ۲ خطا در سال در نظر گرفته شده است. فاصله زمانی انجام تست خودبازبینی برابر ۲۵ ساعت لحاظ شده و برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ، احتمال خرابی در نظر گرفته نشده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در شکل‌های (۳) تا (۷) نشان داده شده است.

در صورتی که برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ احتمال خرابی لحاظ شود باید احتمال خرابی این مدارها در نرخ‌های گذاری که مربوط به تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ می‌شوند، اعمال گردند. اگر مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ دچار خرابی شوند، خرابی آن‌ها در تست دوره‌ای بعدی مشخص شده و تعمیر یا جایگزین می‌شوند. دسترس‌ناپذیری به این مدارها با روابط (۵) محاسبه می‌شود. در روابط (۵)، T_c فاصله زمانی تست دوره‌ای، U_{ST} و U_{MT} به ترتیب دسترس‌ناپذیری به مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ، λ_{ST} و λ_{MT} به ترتیب نرخ خرابی مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ می‌باشد [۲].

$$U_{ST} = \frac{1}{T_c} \int_0^{T_c} (1 - \exp(-\lambda_{ST}t)) dt \Rightarrow$$

$$U_{ST} = 1 - \frac{1}{\lambda_{ST}T_c} (1 - \exp(-\lambda_{ST}T_c)) \quad (5)$$

$$U_{MT} = \frac{1}{T_c} \int_0^{T_c} (1 - \exp(-\lambda_{MT}t)) dt \Rightarrow$$

$$U_{MT} = 1 - \frac{1}{\lambda_{MT}T_c} (1 - \exp(-\lambda_{MT}T_c))$$

روابط (۶) چگونگی محاسبه احتمال حالت‌های شکل (۱) با توجه به مدل مارکوف پیشنهادی، برای تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی را نشان می‌دهند.

$$P(I) = p_1$$

$$P(II) = p_2 + p_3 + p_{11} + p_{11} + p_{12} + p_{13}$$

$$P(III) = p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8$$

$$+ p_{16} + p_{18} + p_{19} + p_{20} + p_{21} \quad (6)$$

$$P(IV) = p_{14} + p_{15}$$

$$P(V) = p_{17}$$



انجمن مهندسين برق والكترونيك ايران
شاخه تهران

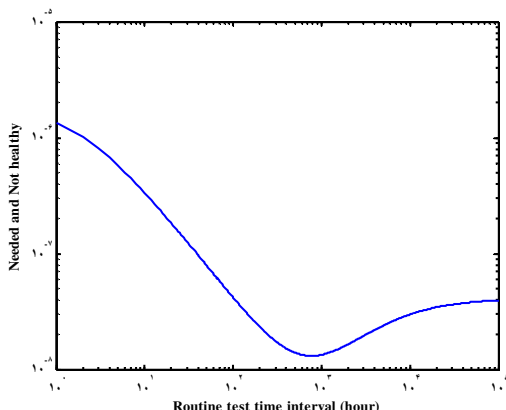
پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي

قدرت

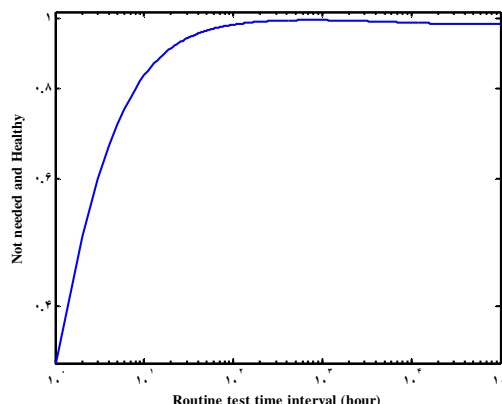
تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



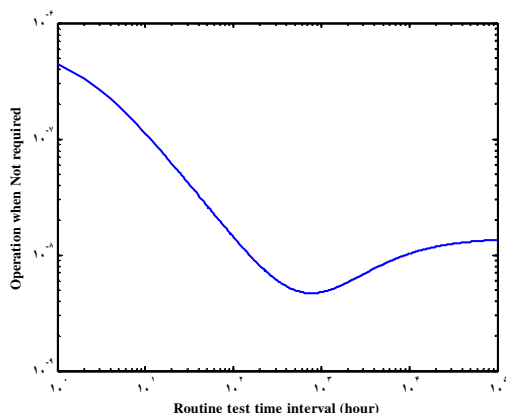
دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر



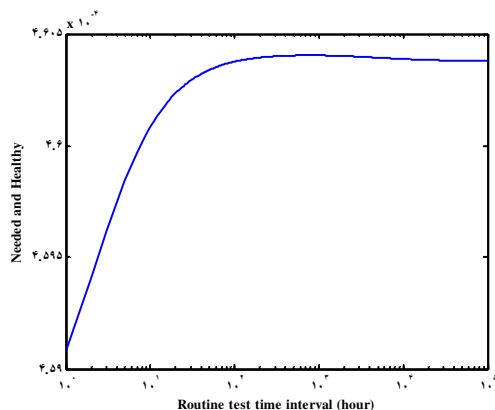
شكل (۶): تغييرات دسترس ناپذيري غير عادي به سيستم حفاظتي بر حسب فاصله زماني تست دوره‌اي



شكل (۳): تغييرات دسترس پذيري به سيستم حفاظتي بر حسب فاصله زماني تست دوره‌اي

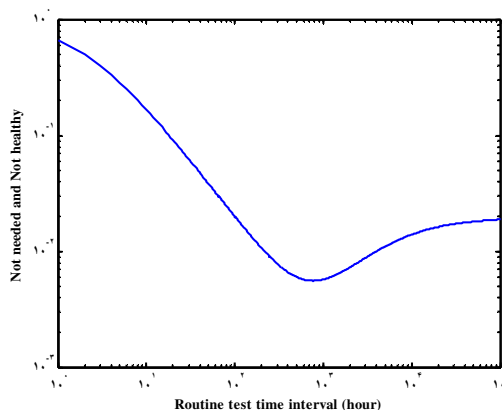


شكل (۷): تغييرات احتمال عملکرد نابعلي سيستم حفاظتي بر حسب فاصله زماني تست دوره‌اي



شكل (۴): تغييرات قابليت اتكا به سيستم حفاظتي بر حسب فاصله زماني تست دوره‌اي

با توجه به شكل‌هاي (۳) تا (۷)، زمان بهينه تست دوره‌اي سيستم حفاظتي برابر ۷۸۰ ساعت است. در زمان بهينه فوق مقدار شاخص دسترس پذيري برابر $۰/۹۹۳۷۹۰۸$ ، مقدار شاخص قابليت اتكا برابر $۴/۶۰۴۰۳۸۸ \times 10^{-4}$ ، مقدار شاخص دسترس ناپذيري به سيستم حفاظتي برابر $۰/۰۰۵۷۴۸۸$ ، مقدار شاخص دسترس ناپذيري غير عادي به سيستم حفاظتي برابر $۱/۳۴۸۱۳۱۶ \times 10^{-8}$ و در نهايت مقدار شاخص عملکرد نابعلي سيستم حفاظتي برابر $۴/۸۰۴۸۹۰۳ \times 10^{-9}$ مي‌باشد.



شكل (۵): تغييرات دسترس ناپذيري به سيستم حفاظتي بر حسب فاصله زماني تست دوره‌اي



انجمن مهندسين برق والكترونيك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

۳-۲- تأثیر نرخ خرابی عنصر حفاظت شونده بر روی زمان بهینه تست دوره‌های سیستم حفاظتی

صورت عملکرد نامناسب سیستم حفاظتی باید تعمیرات پیشگیرانه قبل از زمان مقرر برای انجام تست دوره‌ای انجام شود. در صورتی که برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ احتمال خرابی لحاظ نشود، زمان بهینه تست دوره‌ای هنگامی که تعداد خرابی عنصر حفاظت‌شونده برابر ۵ خطا در سال لحاظ شود به سمت بی‌نهایت میل کرده است که حاکی از عدم نیاز به انجام تست دوره‌ای می‌باشد. اما با در نظر گرفتن احتمال خرابی برای این مدار، زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی به ۳۲۸۶۳ ساعت رسیده و حتی برای نرخ خرابی ۱۵ خطا در سال برای عنصر حفاظت‌شونده، به سمت بی‌نهایت میل نمی‌کند. این نتیجه نشان می‌دهد که با لحاظ کردن احتمال خرابی برای مدارهای مذکور، زمان بهینه تست دوره‌ای افزایش می‌یابد ولی هیچ‌گاه به سمت بی‌نهایت میل نمی‌کند و لزوم انجام تست دوره‌ای را برای سیستم حفاظتی مطالبه می‌کند. بنابراین در نظر گرفتن خرابی برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ به طور قابل توجه‌ای بر روی زمان بهینه تست دوره‌ای تأثیرگذار است.

در این بخش تأثیر نرخ خرابی عنصر حفاظت‌شونده بر روی زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی مورد بررسی قرار گرفته است. جدول (۲) نشان‌دهنده نتایج شبیه‌سازی با توجه به تغییرات نرخ خرابی عنصر حفاظت‌شونده با و بدون در نظر گرفتن احتمال خرابی برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ می‌باشد. برای انجام شبیه‌سازی احتمال خرابی برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان به ترتیب برابر ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۰۵ خطا در سال لحاظ شده است [۲]. شاخص تأثیرپذیری تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ سیستم‌های حفاظت اصلی و پشتیبان برابر ۴۰٪ و سایر پارامترها، مشابه پارامترهای حالت پایه است.

با توجه به جدول (۲) مشاهده می‌شود که با افزایش نرخ خرابی عنصر حفاظت‌شونده، زمان بهینه تست دوره‌ای افزایش یافته است. چرا که وقوع خرابی به نحوی سیستم حفاظتی را قبل از انجام تست دوره‌ای بعدی تحت آزمایش قرار می‌دهد و در

جدول (۲): تأثیر نرخ خرابی عنصر تحت حفاظت بر شاخص‌های قابلیت اطمینان و زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی

| F_c (f/yr) | P(I) | P(II) | P(III) | P(IV) | P(V) | T_c |
|--|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|
| بدون لحاظ نمودن احتمال خرابی برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ | | | | | | |
| ۱ | ۰/۹۹۷۶۴۳۵ | $۲/۳۲۲۵۶۵۴ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۲۱۲۴۲ | $۶/۲۳۹۸۷۲۶ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۵۸۹۰۸ \times 10^{-6}$ | ۲۲۹۱ |
| ۲ | ۰/۹۹۷۶۴۳۳ | $۴/۶۰۴۱۱۵۷ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۱۸۹۶۳ | $۵/۷۸۴۰۹۵۹ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۶۱۷۱۹ \times 10^{-6}$ | ۳۱۰۲ |
| ۳ | ۰/۹۹۷۶۴۳۱ | $۶/۸۸۴۶۲۴۶ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۱۶۶۸۴ | $۵/۳۲۸۲۶۹۴ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۶۳۳۹۸ \times 10^{-6}$ | ۴۸۰۴ |
| ۴ | ۰/۹۹۷۶۴۳۱ | $۹/۱۶۴۰۹۳۶ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۱۴۴۰۵ | $۴/۸۷۲۳۹۲۷ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۶۳۹۴۴ \times 10^{-6}$ | ۱۰۶۳۹ |
| ۵ | - | - | - | - | - | >۱۰۰۰۰۰۰ |
| با لحاظ نمودن احتمال خرابی برای مدار تست‌های خودبازبینی و مانیتورینگ | | | | | | |
| ۱ | ۰/۹۹۷۶۴۲۹ | $۲/۳۲۲۵۶۵۴ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۲۱۲۴۹ | $۶/۲۴۱۲۹۰۲ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۶۳۶۳۵ \times 10^{-6}$ | ۲۲۸۹ |
| ۲ | ۰/۹۹۷۶۴۲۳ | $۴/۶۰۴۱۱۵۷ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۱۸۹۷۳ | $۵/۷۸۶۰۱۴۸ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۶۱۱۶۷ \times 10^{-6}$ | ۳۰۹۶ |
| ۳ | ۰/۹۹۷۶۴۱۶ | $۶/۸۸۴۶۲۴۶ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۱۶۶۹۹ | $۵/۳۳۱۲۳۲۸ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۶۳۲۷۷ \times 10^{-6}$ | ۴۷۷۳ |
| ۴ | ۰/۹۹۷۶۴۰۰ | $۹/۱۶۴۰۹۳۶ \times 10^{-2}$ | ۰/۰۰۱۴۴۳۷ | $۴/۸۷۸۷۳۸ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۳۸۵۲۲۰ \times 10^{-6}$ | ۱۰۰۸۵ |
| ۵ | ۰/۹۹۷۶۲۵۴ | ۰/۰۰۱۱۴۴۳ | ۰/۰۰۱۲۳۰۳ | $۴/۴۵۲۰۲۵۹ \times 10^{-4}$ | $۲/۲۴۸۱۹۳۹ \times 10^{-6}$ | ۳۲۸۶۳ |
| ۱۰ | ۰/۹۹۷۰۰۵۶ | ۰/۰۰۲۲۸۱۹ | $۷/۱۲۴۱۶۱۳ \times 10^{-2}$ | $۳/۴۱۴۹۷۴۵ \times 10^{-4}$ | $۲/۶۶۱۰۰۹۶ \times 10^{-6}$ | ۱۰۲۵۶۷ |
| ۱۵ | ۰/۹۹۶۰۵۲۱ | ۰/۰۰۳۴۱۷۰ | $۵/۳۰۹۵۷۵۴ \times 10^{-2}$ | $۳/۰۵۰۱۴۱۳ \times 10^{-3}$ | $۳/۲۹۶۱۵۶۶ \times 10^{-6}$ | ۱۳۶۵۷۷ |

جدول (۳): حساسیت شاخص‌های قابلیت اطمینان و زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی به نرخ خرابی مدارها

| λ (f/yr) | P(I) | P(II) | P(III) | P(IV) | P(V) | T_c |
|------------------|------|-------|--------|-------|------|-------|
|------------------|------|-------|--------|-------|------|-------|



انجمن مهندسين برق و الكترونك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي

قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

| با تغيير نرخ خرابي مدار تست خودبازيبي سيستم حفاظت پشتيبان و $\lambda_{bST} = 0.002$ ، $\lambda_{bMT} = 0.0005$ ، $\lambda_{MT} = 0.0005$ و $ST_b = 0$ و $MT_b = 0/9$ | | | | | | |
|--|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|
| 0.0005 | 0.9984736 | 6.8846415×10^{-1} | 8.3792926×10^{-2} | 3.6689394×10^{-9} | 1.6822317×10^{-9} | 34685 |
| 0.001 | 0.9984710 | 6.8846415×10^{-1} | 8.4048159×10^{-2} | 3.6740531×10^{-9} | 1.6839362×10^{-9} | 31641 |
| 0.002 | 0.9984766 | 6.8846415×10^{-1} | 8.4500137×10^{-2} | 3.6830701×10^{-9} | 1.6869419×10^{-9} | 27676 |
| 0.004 | 0.9984589 | 6.8846409×10^{-1} | 8.5258766×10^{-2} | 3.6982259×10^{-9} | 1.6919939×10^{-9} | 23247 |
| 0.008 | 0.9984468 | 6.8846409×10^{-1} | 8.6479489×10^{-2} | 3.7226189×10^{-9} | 1.7001250×10^{-9} | 18944 |
| با تغيير نرخ خرابي مدار تست مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان و $\lambda_{bST} = 0.002$ ، $\lambda_{ST} = 0.0005$ ، $\lambda_{MT} = 0.0005$ و $MT_b = 0$ و $MT_b = 0/9$ | | | | | | |
| 0.000125 | 0.9985011 | 6.8846421×10^{-1} | 8.1042008×10^{-2} | 3.6139740×10^{-9} | 1.6639097×10^{-9} | 37884 |
| 0.0025 | 0.9985003 | 6.8846421×10^{-1} | 8.1110554×10^{-2} | 3.6105435×10^{-9} | 1.6643995×10^{-9} | 36683 |
| 0.0005 | 0.9984990 | 6.8846421×10^{-1} | 8.1250642×10^{-2} | 3.6182426×10^{-9} | 1.6653225×10^{-9} | 34654 |
| 0.001 | 0.9984964 | 6.8846421×10^{-1} | 8.1513653×10^{-2} | 3.6233978×10^{-9} | 1.6670009×10^{-9} | 31097 |
| 0.002 | 0.9984918 | 6.8846421×10^{-1} | 8.1968372×10^{-2} | 3.6324834×10^{-9} | 1.6700795×10^{-9} | 27623 |

مانيتورينگ از 0.002 خرابي در سال به 0.000125 خرابي در سال، زمان بهينه تست دوره‌اي 1/37 برابر شده است.

۴- نتيجه گيري

در اين مقاله تأثير نرخ خرابي عنصر حفاظت شونده و نرخ خرابي مدار تست‌هاي خودبازيبي و مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان بر روي زمان بهينه تست دوره‌اي سيستم حفاظتي بررسي شده است. براي تعيين زمان بهينه تست دوره‌اي، يك مدل ماركوف توسعه يافته با در نظر گرفتن احتمال خرابي براي سيستم حفاظت پشتيبان پيشنهاد شده است. همچنين در مدل ماركوف پيشنهادي امکان انجام تست‌هاي خودبازيبي و مانيتورينگ لحاظ شده است. نتايج اين مطالعه نشان مي‌دهد كه با افزايش نرخ خرابي عنصر حفاظت شونده، زمان بهينه تست دوره‌اي بيشتري مي‌شود. همچنين زمان بهينه تست دوره‌اي با کاهش نرخ خرابي مدار تست‌هاي خودبازيبي و مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان به طور قابل ملاحظه‌اي افزايش مي‌يابد. بنا بر اين لحاظ نمودن تأثير سيستم حفاظت پشتيبان در تعيين دقيق‌تر زمان بهينه تست دوره‌اي سيستم حفاظتي ضروري به نظر مي‌رسد.

مراجع

- [1] G. F. Johnson, "Reliability consideration of multifunction protection," *IEEE Trans. Industry Applications*, Vol. 28, No. 6, pp. 1688-1800,

۳-۳- تأثير نرخ خرابي مدار تست‌هاي خودبازيبي و

مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان بر روي زمان بهينه

تست دوره‌اي سيستم حفاظتي

در اين بخش ميزان حساسيت زمان بهينه تست دوره‌اي به نرخ خرابي مدار تست‌هاي خودبازيبي و مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان، مورد بررسي قرار گرفته است. نتايج شبیه‌سازي در جدول (۳)، نشان داده شده است. براي انجام شبیه‌سازي، شاخص تأثيرپذيري تست‌هاي خودبازيبي و مانيتورينگ سيستم حفاظت اصلي برابر ۰.۴۵٪ لحاظ شده است. متوسط فاصله زماني بين خرابي‌هاي سيستم‌هاي حفاظتي ۱۰۰ سال، خرابي عنصر حفاظت شونده ۳ خطا در سال لحاظ شده و ساير پارامترها، مشابه پارامترهاي حالت پايه است

با توجه به نتايج جدول (۳) نرخ خرابي مدار تست‌هاي خودبازيبي و مانيتورينگ سيستم حفاظت پشتيبان مي‌تواند تأثير بسزايي بر روي زمان بهينه تست دوره‌اي داشته باشد. به عنوان نمونه با افزايش نرخ خرابي مدار تست خودبازيبي سيستم حفاظت پشتيبان از 0.0005 خرابي در سال به 0.008 خرابي در سال، زمان بهينه تست دوره‌اي از 34685 ساعت به 18944 ساعت کاهش يافته است. با کاهش نرخ خرابي مدار تست



انجمن مهندسين برق والكترونيك ايران
شاخه تهران

پنجمين كنفرانس تخصصي حفاظت و كنترل سيستمهاي

قدرت

تهران - دانشكده برق و كامپيوتر دانشگاه شهيد بهشتي ۲۱ و ۲۲ دی ماه ۱۳۸۹



دانشكده مهندسي برق و كامپيوتر

- Conference, pp. ۲۵۴-۲۵۷, ۲۰۰۱.
- [۱۱] H. Seyedi, M. Fotuhi-Firuzabad and M. Sanaye-Pasand, "An Extended Markov Model to Determine the Reliability of Protective System," *IEEE Power India Conference*, April ۲۰۰۶.
- [۱۲] L. Wang, G. Wang and Z. Sun, "Determination of the Optimum Routine Maintenance Intervals for Protective Systems," *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, July ۲۰۰۹.
- [۱۳] Y. Damchi and J. Sadeh, "Considering Failure Probability for Back-up Relay in Determination of the Optimum Routine Test Interval in Protective System Using Markov Model," *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, July ۲۰۰۹.
- [۱۴] یاسر دامچی، جواد ساده "لحاظ نمودن سیستم حفاظت پشتیبان در تعیین زمان بهینه تست دوره‌ای سیستم حفاظتی" هجدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اردیبهشت ۱۳۸۹.
- [۱۵] R. Billinton and R. N. Allan, *Reliability Evaluation of Engineering Systems*, New York: Plenum, ۱۹۹۴.
- Nov/Dec. ۲۰۰۲.
- [۲] R. Billinton, M. Fotuhi-Firuzabad and T.S. Sidhu, "Determination of the Optimum Routine Test and Self-checking Intervals in Protective Relaying Using a Reliability Model," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. ۱۷, No. ۳, pp. ۶۶۳-۶۶۹, Aug. ۲۰۰۲.
- [۳] J. Sykes, V. Madani, J. Burger, M. Adamiak and W. Premerlani, "Reliability of Protection Systems (What Are the Real Concerns)," *IEEE Protective Relays Engineers Conference ۲۰۱۰*.
- [۴] K. Mazlumi and H.A. Abyaneh, "Relay Coordination and Protection Failure Effects on Reliability Indices in an Interconnected Sub-Transmission System," *Electric Power Systems Research*, Vol. ۷۹, No. ۷, pp. ۱۰۱۱-۱۰۱۷, July ۲۰۰۹.
- [۵] X. Yu and C. Singh, "Power System Reliability Analysis Considering Protection Failures," *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, pp. ۹۶۳-۹۶۸, July ۲۰۰۲.
- [۶] P.M. Anderson and S.K. Agarwal, "An Improved Model for Protective System Reliability," *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. ۴۱, No. ۳, pp. ۴۲۲-۴۲۶, Sep. ۱۹۹۲.
- [۷] J.J. Kumm, M.S. Weber, D. Hou and E.O. Schweitzer, "Predicting The Optimum Routine Test Interval For Protection Relays," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. ۱۰, No. ۲, pp. ۶۵۹-۶۶۵, April ۱۹۹۵.
- [۸] J.J. Meeuwsen, W.L. Kling and W.A.G.A. Ploem, "The Influence of Protection System Failures and Preventive Maintenance on Protection Systems in Distribution Systems," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. ۱۲, No. ۱, pp. ۱۲۵-۱۳۳, Jan. ۱۹۹۷.
- [۹] S.T.J.A. Vermeulen, H. Rijanto and F.A.D Schouten, "Modeling the Influence of Preventive Maintenance on Protection System Reliability Performance", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. ۱۳, pp. ۱۰۲۷-۱۰۳۲, No. ۴, Oct. ۱۹۹۸.
- [۱۰] K. Kangvansaichol, P. Pittayapat and B. Eua-Arporn, "Optimal Routine Test Intervals for Pilot Protection Schemes Using Probabilistic Methods," *IEE Power System Protection*