فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره پنجم/ شماره سوم/ پاییز ۹۲/ صفحات ۴۸-۴۲

ارزیابی ریسک حریق مقاومت‌های سقفی قطارهای با جریان یکنواخت در مترو شهر تهران با روش درخت تجزیه و تحلیل خطا

سمیه دانشور[۱]، سید باقر مرتضوی[۲*]، صدیقه عطرکار روشن[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. عضو هیأت علمی گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۱/۲۲

چکیده

مقدمه: بروز حریق داخل یا خارج از قطارهای فعال در سیستم ریلی مترو را می‌توان ناشی از دلایل متعددی دانست، که می‌تواند علاوه بر ایجاد خسارات و تلفات فاجعه‌بار، باعث ایجاد شوک به جامعه نیز گردد. بدین جهت مطالعه‌ای با هدف شناسایی عوامل موثر در ایجاد حریق و ارزیابی میزان خطر حریق در قطارهای نوع Direct Current فعال در خطوط مترو شهر تهران انجام شد.

روش بررسی: در اجرای این تحقیق پس از شناسایی انواع عوامل بوجود آورنده حریق در قطارهای مترو از طریق مشاهده، مصاحبه و بررسی مستندات با استفاده از تکنیک آنالیز درخت خطا مهم‌ترین علل بروز خطر حریق در قطارهای DC فعال در خطوط مترو شهر تهران تعیین شد. همچنین با آنالیز کمی درخت خطا میزان احتمال وقوع خطر حریق در طول یک سال محاسبه گردید.

یافته‌ها: مهم‌ترین عوامل موثر در بروز حریق در قطارهای Direct Current مترو تهران را می‌توان عدم وجود برنامه منظم تعمیرات پیشگیرانه، عدم انجام تعمیرات صحیح، کیفیت نامناسب تجهیزات، عدم تعبیه data logger جهت پایش تغییرات دمایی مقاومت‌های سقف قطار و نیز نحوه هدایت راهبران قطار ذکر کرد. بر اساس محاسبات به عمل آمده در این پژوهش احتمال وقوع خطر یک بار برای هر ۱/۳ سال محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به نقش سیستم ریلی مترو تهران در جابجایی مسافرین و تراکم جمعیت در آن و همچنین احتمال وقوع خطرمحاسبه شده، با برگزاری دوره‌های آموزشی مناسب برای پرسنل درگیر و نظارت دقیق در حین انجام تعمیرات، نصب تجهیزات پایش حرارتی و آموزش مناسب راهبران قطار می‌توان احتمال وقوع خطر را کاهش داد.

کلید واژه‌ها: ایمنی، تجزیه و تحلیل درخت خطا، حریق، مترو، قطارهایDirect Current

* نویسنده مسؤول: آدرس پستی: تهران، تقاطع بزرگراه جلال آل احمد و چمران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، صندوق پستی: ۳۳۱-۱۴۱۱۵
تلفن: ۸۲۸۸۳۸۴۵ -۰۲۱، پست الکترونیکی:mortazaz@modares.ac.ir

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]

مقدمه

صنعت حمل و نقل امروزه جزء لاینفک زندگی جوامع بشری قرارگرفته است. با نگرشی به حجم جابجایی سالیانه مسافر توسط سیستم حمل و نقل ریلی، از جمله مترو جایگاه و اثرات آن در اقتصاد و توسعه کشورها نمایان می‌گردد(۱).

بروز حوادثی مانند حریق، سیل، نشت گازهای سمی و غیره در سیستم حمل و نقل ریلی علاوه بر ایجاد خسارات و تلفات فاجعه‌بار، می‌تواند باعث ایجاد شوک به جامعه گردد. در میان چنین حوادثی، تهدیدآمیزترین خطر برای افراد وقوع حریق می‌باشد، به طوری که تقریباً ۵۷٪ از حوادث فوق‌الذکر را شامل می‌شود(۲). وقوع حریق در سیستم مترو را می‌توان در زیر سیستم‌های قطار و ایستگاه تقسیم‌بندی و بررسی کرد. طبق آمار سالانه منتشر شده از اداره قوانین و مقررات ریلی انگلستان در سال ۲۰۰۷ تقریبا ۱۰۰۶ مورد حادثه در قطارها اتفاق افتاده است که از این میزان ۱۳۲ مورد حریق در قطارهای مسافربری، ۹ مورد حریق در قطارهای باربری و ۵۳ مورد حریق در ایستگاه‌های مسافربری رخ داده است(۳). همچنین طبق آماری دیگر ۹۴ حادثه ریلی بزرگ در طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۰ در سرتاسر جهان رخ داده است که علل اصلی این حوادث خارج شدن قطار از خط و نیز تصادف دو قطار با هم بوده است(۴)، بررسی‌های فوق بیانگر آنست که اگرچه حریق تنها در ۵ حادثه بزرگ علت اصلی بوده و این امرنشان‌دهنده فراوانی کم حوادث ناشی از حریق در قطارهای ریلی است، اما از سوی دیگر آمار مرگ و میر حریق‌های مترو، به وقوع پیوسته در کشورهای عمدتاً در حال توسعه نظیر کره جنوبی، هند، مصر، آذربایجان نشان‌دهنده پیامدهای شدید این حادثه و لزوم توجه بیشتر در این زمینه است(۵).

تجربه نشان می‌دهد که احتمال وقوع حریق داخل یا اطراف واگن‌های قطار وجود دارد که در اثر انتشار گرما، دود و گازهای سمی می‌تواند خطرات زیادی را برای مسافرین ایجاد نماید. اغلب حریق‌های مترو در ولتاژهای بالای سیستم تغذیه (۷۰۰-۶۰۰ ولت) رخ داده است، که می‌تواند از وقوع آرک یا اتصال کوتاه در ریل سوم به وسیله از بین رفتن مواد عایق در جعبه‌های کنترل موتور یا دیگر بخش‌های الکتریکی سیستم ایجاد شود. به طور کلی درصد پایینی از حریق‌ها با منشاء داخل واگن رخ می‌دهد، زیرا اغلب واگن‌های مترو از مواد غیر قابل اشتعال یا به سختی قابل اشتعال ساخته شده است(۶،۷).

در حال حاضر دو نوع قطار با مدل‌های AC (Alternative Current) و DC (Direct Current) در خطوط متروی شهر تهران استفاده می‌شود که بر اساس آمارهای موجود در طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۱، ۱۴۵ مورد حریق مقاومت‌های سقفی در قطارهای DC رخ داده است، به همین علت در این مطالعه به بررسی ارزیابی ریسک حریق و شناسایی علل وقوع آنها در این نوع از قطارها پرداخته شده است. جنس مقاومت‌های سقف قطارهای DC از کامپوزیت (ترکیب الیاف و رزین) با تحمل دمایی ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقاومت‌های قطار شامل مقاومت‌های سقفی (R_0,R_1,R_2,R_3) و مقاومت‌های زیر واگن (شامل مقاومت R_4) می‌باشد که این مقاومت‌ها دارای اندازه‌های مختلفی بوده و هر کدام وظیفه خاصی را به عهده دارند. مقاومت‌های سقفی ۱۱ یونیت می‌باشد که ۴ یونیت آن مقاومت R_0 بوده و بقیه مقاومت‌ها مربوط به R_1,R_2,R_3 می‌باشد. مقاومت‌های زیر واگن در مدار ترمزی قرار می‌گیرند.

فراوانی وقوع و پیامدهای احتمالی ناشی از آن علت اصلی مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ریسک حریق و شناسایی عوامل به وجودآورنده حریق در قطارهای مترو شهر تهران بوده است.

روش بررسی

مطالعه حاضر بر روی قطارهای DC فعال در مترو شهر تهران شامل دو مدل از قطارهای DC: پروژه ۲۱۷ دستگاه واگن چینی شامل ۳۱ رام قطار DC و پروژه ۷۷

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]

دستگاه واگن پارس شامل ۱۱ رام قطار DC انجام شده است. تفاوت این قطارها در تعداد مقاومت‌های سقفی آنها می‌باشد.

واگن‌های چینی دارای ۱۱ مقاومت و واگن‌های پارس دارای ۸ مقاومت بر روی سقف می‌باشند. جمع‌آوری داده‌های لازم با روش Walking– Talking– Through، به صورت مشاهده، مصاحبه و بررسی مستندات صورت گرفته است. با استفاده از تکنیک آنالیز درخت خطا FTA (Fault Tree Analysis)، مهم‌ترین عوامل مؤثر در بروز حادثه یاد شده شناسایی گردیدند. این تکنیک یک مدل نمادین به شکل درختی است که از بالا به پایین تولید شده و رویدادهایی را که در بروز واقعه اصلی نقش دارند را نشان می‌دهد. مدل مزبور مسیر خطرها را از یک رویداد یا شرایط نامطلوب و از پیش شناسایی شده به نام رویداد اصلی تا رسیدن به خطرها یا عیوبی که می‌توانند به عنوان عامل سببی عمل کنند (رویدادهای پایانی) دنبال می‌کند. شناخت رویدادهای پایانی و دسترسی به احتمال وقوع آنها این امکان را فراهم می‌سازد که تکنیک مزبور هم به صورت کیفی و هم به صورت کمی انجام شود. از روشFTA در زمینه پیدا کردن علل ریشه‌ای یک خطر و یا رویداد نامطلوب در طول گسترش به منظور کاهش و یا حذف آن، تعیین مسیرهای خرابی دارای ریسک بالا و مکانیزم آنها، شناسایی اندازه ریسک‌های مهم برای اجزاء و رویدادهای خطا، تایید سیستم طراحی شده به وسیله ارزیابی ریسک احتمالات می‌توان بهره برد(۸،۹). با مشخص شدن احتمال وقوع رویدادهای پایانی، امکان تجزیه و تحلیل کمی درخت فراهم می‌شود. با رده‌بندی رویدادهای پایانی بر حسب نقش آنها در بروز رویداد اصلی، کوچکترین و در عین حال مهم‌ترین ترکیب‌هایی از رویدادهای پایانی که برای وقوع رویداد اصلی لازم و کافی می‌باشند (برش‌های حداقل) مشخص خواهد شد.

در نهایت با محاسبه احتمال وقوع رویدادهای میانی، احتمال وقوع رویداد اصلی در یک سال محاسبه می‌گردد.

Mann نیز در سال ۲۰۰۵، به منظور ارائه یک مدل ارزیابی ریسک کمی، تلفیقی از دو تکنیک Fault and Event Tree Analysis را برای ارزیابی ریسک حریق در قطارهای سریع‌السیر به کار برده است، که البته طبق بیان وی این روش، روشی کاملاً اختصاصی و کارا برای همین پروژه می‌باشد(۱۰). در مطالعه حاضر نرخ نقایص از طریق تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۱ که در شرکت مترو موجود بود، و نیز نظرات کارشناسی (مصاحبه با افراد دارای سابقه کار مرتبط شامل کاربرها، کارکنان فنی و سرپرستی) با استفاده از فرمول $\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$ تعیین شد، که λ برابر با نرخ شکست و (Mean time between failure) طبق فرمول زیر بدست می‌آید(۸،۹):

$$\text{MTBF}=\frac{\text{تعداد دستگاه} \times \text{ساعت کارکرد}}{\text{تعداد نقص}}$$

به علت عدم ثبت دقیق اطلاعات توسط کارکنان فنی و سرپرستان برای قطعات مختلف، نرخ شکست بدست آمده از فرمول فوق برای تمامی قطعات تعمیم داده شده است. برای تعیین احتمال وقوع پیشامدهای خطا برای برون داد ورودی AND و OR از روابط زیر استفاده شده است(۸،۹) :

$$P_A(E)=\prod_{i=1}^{K} P(Ei) \quad P_O(E)=1-\prod_{i=1}^{K}(1-P(Ei))$$

K تعداد کل پیشامدهای خطای درون‌داد

$P_A(E)$ احتمال وقوع برون‌داد ورودی AND

$P_O(E)$ احتمال وقوع برون‌داد ورودی OR

$P(E_i)$ احتمال وقوع پیشامد خطای برون‌داد E_i و برای $i=1,2,\ldots,K$

یافته‌ها

درخت خطای بسط یافته نهایی دارای ۵۵ رویداد (نهایی، میانی و اولیه) بود که با ۲۰ دروازه منطقی شامل ۸ دروازه "و" و ۱۲ دروازه "یا" به یکدیگر متصل شدند. تعداد رویدادهای اولیه این درخت ۳۵ مورد بود که با توجه به ماهیت این رویدادها به ۳ دسته (خطاهای انسانی، نقایص طراحی و نقایص سخت‌افزاری)

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]

تقسیم‌بندی شدند، نرخ سالیانه وقوع هر دسته در جدول۱ نشان داده شده است. در جدول ۲ به منابع تولید گرما موثر بر مقاومت سقفی قطارهای DC که همراه با وجود اکسیژن و منابع قابل اشتعال منجر به ایجاد حریق می‌گردند، اشاره شده است.

جدول ۱- توزیع فراوانی رویدادهای پایانی درخت خطا

ردیف	نوع خطا	فراوانی (سال)	درصد
۱	نقص سخت‌افزاری	۱۵	٪۴۲/۸
۲	خطای انسانی	۱۱	٪۳۱/۴
۳	اشکال در طراحی	۹	٪۲۵/۷

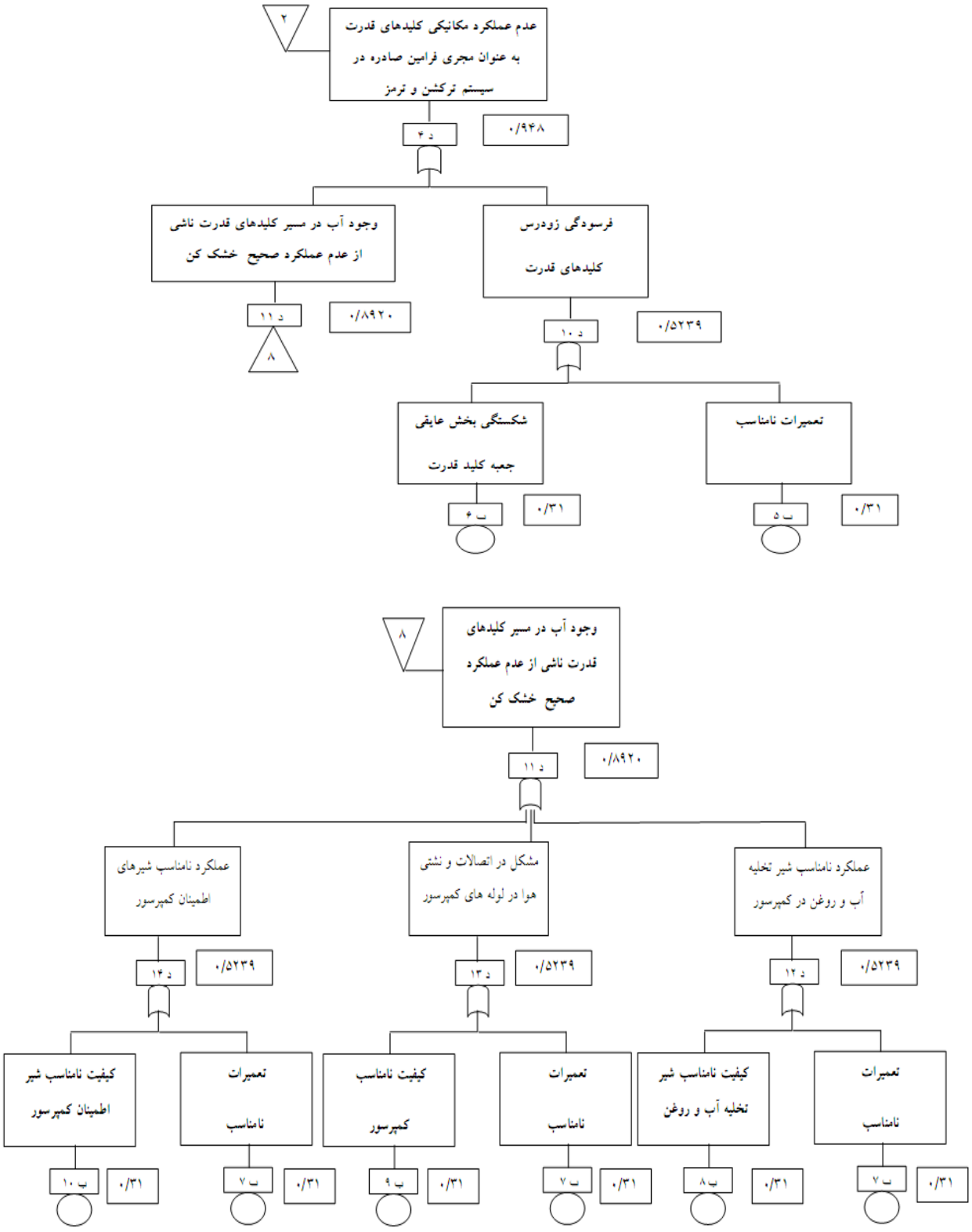
جدول ۲- منابع تولید گرما در مقاومت‌های سقف قطارهای DC

ردیف	رویداد میانی	احتمال وقوع
۱	عدم عملکرد مکانیکی کلیدهای قدرت	۰/۹۴۸
۲	ضعیف شدن مقاومت‌ها	$۸/۸۷\times(۱۰)^{-۵}$
۳	اتصال کوتاه در المنتهای موجود در مقاومتهای سقف قطار	$۲/۸۸\times(۱۰)^{-۳}$
۴	طراحی نامناسب قطار	۰/۶۷۲
۵	عدم همزمانی در فرمان میکروکامپیوترها	۰/۹۹۶
۶	نحوه نادرست راهبری اپراتور قطار	۰/۳۱

بر اساس نتایج حاصله از آنالیز درخت خطا مشخص گردید که برای وقوع حریق در قطارهای DC، ۵۰ راه با احتمال مختلف (برش حداقل) وجود دارد. با توجه به وسعت درخت خطای ترسیم شده و عدم امکان ارائه کامل آن در مقاله، تنها بخشی از درخت در قالب رویداد میانی عدم عملکرد مکانیکی کلیدهای قدرت ارائه می‌گردد. کلیدهای قدرت یکی از مهم‌ترین قسمت‌های قطار می‌باشد که وظیفه بای‌پس کردن مقاومت‌های R_1,R_2,R_3 و اتصال انرژی الکتریکی به ترکشن‌ها (موتورهای حرکت) را به عهده دارد و شامل سه دسته کلید است؛ کلیدهای سرعت پایین KP_1 تا KP_6، کلیدهای سریع QF_1,QF_2,QF_3 و نیز کلیدهای KM_1,KM_2، که ترتیب بسته شدن این کلیدها در هر ناچ (ترمز)، متفاوت می‌باشد. قابل ذکر است که رویداد عدم عملکرد مکانیکی کلیدهای قدرت در کنار رویدادهای میانی اکسیژن کافی و وجود منابع سوختنی، بخشی از درخت حریق را تشکیل خواهد داد.

پس از یافتن احتمال وقوع رویدادهای پایانی، با استفاده از منطق‌های ارتباطی (جبر بولین) در درخت خطا احتمال وقوع رویدادهای میانی محاسبه گردید و نهایتاً احتمال وقوع خطر حریق به ترتیب در قطارهای DC مدل واگن پارس و واگن چینی به میزان ۰/۷۵۹۲۴ و ۰/۷۵۹۶۲ بدست آمد که معادل با هر ۱/۳ سال (۱۵ ماه) یک بار می‌باشد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]



شکل۱–بخشی از درخت خطای حریق قطارهای DC

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]

بحث

بررسی درخت خطای اجرا شده نشان می‌دهد که بالاترین درصد رویدادهای پایانی در درخت خطا را نقایص سخت‌افزاری با میزان ٤٢/٨٪ به خود اختصاص می‌دهند و خطاهای انسانی ٣١/٤٪ و اشکال (نقایص) در طراحی ٢٥/٧٪ رتبه‌های دوم و سوم رویدادهای پایانی را دارا می‌باشند(جدول شماره ۱)، همچنین عدم همزمانی در فرمان میکروکامپیوترها، عدم عملکرد مکانیکی کلیدهای قدرت و طراحی نامناسب قطار به ترتیب با میزان احتمالات ٠/٩٩٦، ٠/٩٤٨ و ٠/٦٧٢ بیشترین تاثیر را در گرم شدن مقاومت‌های سقفی داشتند(جدول ۲).

عدم عملکرد مکانیکی کلیدهای قدرت را می‌توان ناشی از "فرسودگی زودرس کلیدها" و نیز "وجود آب در مسیر کلیدهای قدرت ناشی از عدم عملکرد صحیح خشک‌کن" دانست. به عبارتی دیگر با توجه به میزان جذب نسبتا بالای آلودگی در کلیدهای قدرت به علت فرسودگی و خرابی نوارهای آب‌بندی درب جعبه کلیدهای قدرت و نیز به علت عدم عملکرد صحیح خشک کن، آب زیادی در مسیر هوای فشرده و کلیدهای پنوماتیک قرار می‌گیرد که موجب می‌شود عملکرد مکانیکی کلیدهای قدرت به سختی انجام گرفته و طبق برنامه و فرامین صادره از میکروکامپیوتر به صورت مطلوب عمل ننمایند و به همین دلیل مقاومت‌های (R_0,R_1,R_2,R_3) بیش از حد مجاز در مدار باقی مانده و موجب افزایش دما در سطح مقاومت‌های سقف می‌گردند.

گزارشاتی از حریق‌های موردی در قطارهای مترو لندن و آمریکا، اتصال کوتاه به علت شکستگی کفشک جمع‌آوری کننده جریان و ایجاد نقص در گروه کنترل موتور را به عنوان علل حریق معرفی کردند(۷،۱۱). همچنین طی مطالعه Bolbol Amiri که به ارزیابی ریسک آتش‌سوزی قطارهای مسافربری ایران با استفاده از رویکرد FMEA فازی- تئوری گری پرداخته است علل اصلی بروز حریق در قطارهای مسافری ایران، در زیرمجموعه‌های مولد برق موتور و سیستم‌های مکانیکی، ژنراتور و سیستم‌های برقی مخابرات، مولدهای بخار، برق و تهویه واگن‌های مسافری شناسایی شده است(۱۲).

طبق آمار سالانه منتشر شده از اداره قوانین و مقررات ریلی انگلستان در سال ۲۰۰۷ علل ایجاد حریق در قطارها در ۷۰ مورد نقص فنی و ۵۰ مورد حریق عمدی و ۱۸ مورد علتی شناسایی نگردیده است(۳). اما طی بررسی مستندات شرکت مترو تهران عمده علت حریق در قطارهایDC، گرم شدن بیش از حد مقاومت‌های سقف قطار می‌باشد. بررسی مهم‌ترین برش‌های حداقل در درخت خطا نشان داد که در بسیاری از برش‌های حداقل دارای رتبه بالا یک خطای سخت‌افزاری وجود دارد. جالب توجه است که در پژوهشی در سال ١٣٧٦ نه تنها بالاترین احتمال در برش‌های حداقل مربوط به برش‌هایی با رویداد پایانی از نوع نقایص سخت‌افزاری بود، بلکه ۷ رتبه برتر برش‌ها، دارای رویداد پایانی از جنس نقایص سخت‌افزاری بودند(۱۳).

در پایان لازم به ذکر است که اگرچه این پژوهش از همکاری‌های خوب کارکنان شرکت بهره‌برداری راه‌آهن شهری تهران و حومه بهره گرفته است اماعدم ثبت دقیق آمارهای موجود در زمینه وقوع حریق در مترو تهران از جمله محدودیت‌های موجود در انجام مطالعه مذکور بوده است.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف شناسایی عللی که منجر به حریق در قطارهای DC مترو تهران می‌شود، صورت گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده، محاسبه احتمال وقوع خطر یک‌بار برای هر ۱/۳ سال و توزیع فراوانی رویدادهای پایانی درخت خطا (ذکر شده در جدول ۱) در مجموع می‌توان عدم وجود یک برنامه منظم تعمیرات پیشگیرانه، عدم انجام تعمیرات صحیح، کیفیت نامناسب تجهیزات، عدم تعبیه data logger جهت پایش تغییرات

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]

دمایی مقاومت‌های سقف قطار و نیز نحوه هدایت راهبران قطار را به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر در بروز حریق در قطارهای DC مترو تهران دانست. اگرچه تاثیر عواملی مانند فشار باری بر موتورها ناشی از تعداد مسافرین، تعداد تریپ‌های قطار در طول مسیر، افزایش واگن‌های ایزوله و نیز شرایط جوی (ماه‌های مختلف سال) را نیز نباید نادیده گرفت که به علت محدودیت امکان کمی‌سازی، در این مطالعه در نظرگرفته نشده است، از اینرو پیشنهاد می‌گردد تا حتی‌الامکان با برگزاری دوره‌های آموزشی مناسب برای پرسنل درگیر، نظارت دقیق در حین انجام تعمیرات، نصب تجهیزات پایش حرارتی و آموزش مناسب راهبران قطار احتمال وقوع خطر را کاهش داد.

تقدیر و تشکر

این مطالعه با همکاری شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه انجام پذیرفته است. نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از واحد مدیریت کیفیت و ایمنی عملیات و واحد مدیریت کیفیت و ایمنی مهندسی که در این مطالعه بسیار همکاری نمودند، اعلام می‌نمایند.

منابع

1. Assessing the benefits of public transport [cited 2009 Jan]. Available from: http://www.uitp.org/Public-Transport/economics/index.cfm.
2. Gao R, Li A, Hao X, Lei W, Deng B. Prediction of the spread of smoke in a huge transit terminal subway station under six different fire scenarios. Tunneling and Underground Space Technology, incorporating Trenchless Technology Research 2012; 31: 128-38.
3. Railway safety statistical report 2007.Office of rail regulation. Available from: http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/370.pdf.
4. Wikipedia, the free encylopedia. List of Rail Accidents. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/List-of-rail-accidents, 2005.
5. White N. Fire development in passenger trains: Victoria University 2010; 3-4.
6. Braun E. A Fire Hazard Evaluation of the Interior of WMATA Metrorail Cars: National Bureau of Standards 1975; 1-2.
7. Gossard WH. Some major accident investigations of fires in underground rail rapid transit systems. Fire /Safety Journal 1984; 8(1): 9-14.
8. Rausand M, Høyland A. System reliability theory: models, statistical methods, and applications: John Wiley & Sons 2004; 96-100.
9. Vesely W. Fault tree handbook with aerospace application version 1.1: Washington DC, NASA Office of Safety and Mission Assurance 2002; 22-31.
10. Mann P.Fire risk assessment study for a high speed train.paper on generic approach to fire QRA for high speed 2005; 1-23.
11. Thomas AA. A recent fire incident on London underground. Fire Safety Journal 1984; 8(1): 47-52.
12. Bolbol Amiri N. Fire risk assessment of passenger trains with the Fuzzy FMEA-Grey Theory. Transportation Engineering 2010; 1(4). [persian]
13. Mohammad fam E. Evaluation of cement kiln electrofilter explosion hazard in Tehran cement factory by Fault tree analysis. Tarbiat modares university: Faculty of Medical Sciences; 2001. [persian]

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-11-22]