

KN0-0902-3605

سیستم‌های توزیع انرژی در مترو

مریم فریور^۱

^۱ کارشناسی ارشد، مهندسی برق-الکترونیک، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای، farivar.maryam@yahoo.com

چکیده: بی‌شک یکی از صنایع مهم و اساسی هر کشور و از جمله کشور ما، صنعت حمل‌ونقل است. در این میان راه‌آهن شهری (مترو) بنا به دلایل بسیاری از جمله تسریع در مسافرت، ذخیره کردن وقت، جلوگیری از آلودگی هوا، حل مشکل ترافیک، فراهم نمودن آسایش و راحتی برای مسافری و جلوگیری از بیماری‌های عصبی و ارائه سرویس سودمند، نقش فعالی را ایفا می‌کند. و بنا به همان دلایل اتوماتیک کردن و کنترل بهینه آن ضروری است. با اعمال پدیده اتوماسیون به سیستم مترو، نقش راننده حداقل شده و تمامی عملیات هدایت و کنترل قطار از طریق مراکز کامپیوتری انجام می‌شود. روش‌ها و الگوریتم‌هایی که هدف فوق را برآورده سازند می‌بایست از هر لحاظ ایمن و مطمئن بوده و کمترین خلل و خسارتی را وارد نکنند.

کلید واژه‌ها: قطار شهری، اتوماسیون، توزیع انرژی

۱. مقدمه

مترو سیستمی است که برای جابجایی حجم انبوهی از مسافر مورد استفاده قرار می‌گیرد و طبق استانداردهای بین‌المللی، ظرفیت این نوع سیستم، ۱۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ نفر مسافر در ساعت می‌باشد. این سیستم بصورت کاملاً حفاظت شده و در بافت درون شهری عموماً زیرزمینی و در حومه بصورت هم سطح با تعداد حداقل ۵ واگن به جابجایی مسافر می‌پردازد. این سیستم خود کشش برقی از طریق ریل سوم یا شبکه بالاسری تغذیه می‌گردد.

برای تغذیه قطار در سیستم‌های ریلی بین شهری ولتاژهای ۱۵ و ۲۵ و ۵۰ کیلو ولت AC پیشنهاد می‌شود. در قطارهای درون شهری مانند تراموا و مترو از برق DC استفاده می‌شود. چون در قطارهای شهری نیاز به شتاب اولیه بالا و سرعت گرفتن سریع قطار می‌باشد هر واگن خود کشش است و باید دارای موتور مستقل باشد و برای رسیدن به شتاب اولیه بالا و سرعت گرفتن سریع قطار باید از موتورهای DC سری استفاده شود. به همین دلیل برق AC در پست‌ها به DC تبدیل شده و به کمک شبکه در اختیار هر واگن قرار می‌گیرد. البته امروزه به کمک علم الکترونیک صنعتی می‌توان از موتورهای AC به جای موتور DC استفاده کرد اما باز هم به دلایل فنی شبکه باید DC باشد. چون ما در محدوده شهری قرار

داریم در این رابطه ولتاژهای ۷۵۰ و ۱۵۰۰ و در فواصل دورتر از ۳۰۰۰ ولت DC استفاده می‌شود. در قطارهای سنگین بین شهری و حومه شهری از برق AC استفاده می‌شود چون در قطارهای بین شهری و حومه شهری نیاز به شتاب اولیه بالا و سرعت گرفتن سریع قطار نمی‌باشد هر واگن خود کشش نیست و کل واگن‌ها به کمک یک کشنده کشیده می‌شوند. ولی باز هم در این کشنده از موتورهای DC سری استفاده می‌شود. به همین دلیل برق AC دریافت شده از شبکه بالاسری در قطار به برق DC تبدیل شده و در اختیار موتورهای قرار می‌گیرد.

۲. برق‌رسانی به روش شبکه بالاسری

در این روش به کمک شبکه‌ای که در بالای سر قطار ایجاد می‌شود انرژی قطار تامین می‌شود.

مزایای شبکه بالا سری

- در پست‌ها تنظیم‌کننده‌ها لازم نیست زیاد حساس باشند.
- سایدگی پانتوگراف نسبت به جاروبک در ریل سوم کمتر است.
- صدا در شبکه بالاسری نسبت به ریل سوم کمتر است.

برای اینکه ما به منظور اصلی خود یعنی صاف بودن سیم اتصال برسیم، شبکه هوایی را به بلوک‌هایی تقسیم می‌کنیم و در ابتدا و انتهای بلوک، ابتدا و انتهای سیم‌های اتصال و حمال را به وزنه‌هایی می‌بندیم تا انبساط و انقباض سیم به دلیل تغییرات دما، تغییری در صاف بودن سیم اتصال، ایجاد نکند. در انتها نیز انرژی الکتریکی انتقال یافته به سیم اتصال، به پانتوگراف قطار منتقل می‌شود تا برای انرژی الکتریکی مورد نیاز قطار مورد استفاده قرار گیرد. در شبکه برق بالاسری سیم‌های هوایی دارای بار مثبت و ریل دارای بار منفی است.

۲.۱.۲. شبکه برق بالاسری داخل تونل:

شبکه بالاسری تونل مانند شبکه برق بالاسری مسیر رو باز است با این تفاوت که در این سیستم پایه‌های O.C.S وجود ندارد و براق‌آلات توسط پیچ رولپلاک به سقف تونل مستقر می‌شود و از نظر بلوک‌بندی و تغذیه نیز مانند شبکه برق بالاسری مسیر رو باز می‌باشد.

۲.۱.۳. شبکه برق بالاسری در دیوها

شبکه برق بالاسری در دیوها به روش هد اسپن Hed span می‌باشد. به این صورت که اگر ما از بالا به این شبکه نگاه کنیم مانند یک تور شطرنجی است و بر خلاف طول مسیر که سیم حمال موازی با سیم اتصال بود، در این شبکه، سیم حمال عمود بر راستای سیم اتصال می‌باشد.

۳. تجهیزات شبکه برق بالاسری O.C.S

۱. پایه‌های نصب تجهیزات: پایه‌های شبکه بالاسری با توجه به محلی که قرار می‌گیرند مانند ابتدا و انتهای بلوک، سوزن یا وسط بلوک، دارای انواع مختلفی است زیرا در هر نقطه بارهای وارده بر پایه متفاوت است.

۲. سیم حمال: در پروژه قطار شهری مشهد این سیم دو رشته است با سطح مقطع ۱۵۰ mm² وظیفه اصلی آن نگه داشتن سیم اتصال جهت جلوگیری از هرگونه افتادگی می‌باشد.

- برای تعمیرات ریل نیاز به قطع کردن برق نیست.

- خطرات جانی برای افرادی که از روی ریل حرکت می‌کنند بسیار کم است.

معایب

- دشواری در تنظیمات اولیه شبکه

- دشواری در ترمیم شبکه بعد از سوانح

- خطرات رعد و برق و شاخ و برگ درختان محیط‌های باز

۲.۱. بخش‌های مختلف شبکه برق بالاسری در پروژه قطار

شهری مشهد

۱. شبکه مسیر رو باز

۲. شبکه تونل

۳. شبکه دیوها

۲.۱.۱. شبکه مسیر رو باز

مطمئن این شبکه نیز مانند تمام شبکه‌های هوایی دارای بلوک یا section هایی می‌باشد. در یک شبکه طول بلوک‌ها گاهی به ۳ کیلومتر نیز می‌رسد که در پروژه قطار شهری مشهد بیشترین طول یک بلوک ۱۲۰۰ متر است.

در این پروژه بیشترین فاصله پایه‌های OCS ۶۰ متر است و در محل هایی که ریل قوس دارد و دارای فراز و نشیب است فاصله پایه ها تغییر می‌کند.

ما می‌خواهیم انرژی الکتریکی را به کمک سیمی به نام سیم اتصال contact wire و پانتوگراف به قطار انتقال دهیم و مطمئن زمانی پانتوگراف می‌تواند راحت با سیم اتصال، تماس داشته باشد که نسبت به سطح ریل، کاملاً صاف باشد و تغییر ارتفاع شدید نداشته باشد تا بتوان ایجاد یک خاصیت ارتجاعی در پانتوگراف، به راحتی انرژی را از سیم اتصال دریافت کرده و به قطار منتقل کنیم. به همین دلیل است که برای شبکه بالاسری دو نوع سیم لازم می‌شود:

۱. سیم اتصال

۲. سیم حمال

وظیفه سیم حمال نگه‌داشتن سیم اتصال به صورتی است که اصلاً افتادگی نداشته باشد و وظیفه دیگر آن نیز انتقال انرژی الکتریکی است. بین دو سیم حمال و اتصال، سیمی به عنوان سیم تار Dropper wire قرار دارد که عمود بر سطح زمین است.

است و ما می خواهیم از ولتاژ ۷۵۰ استفاده کنیم ریل سوم پیشنهاد می شود. این ریل تا ۶۰۰۰ آمپر به ما جواب می دهد.

مزایای ریل سوم

- با ولتاژ ۷۵۰ ولت و جریان مستقیم
- نصب شدن در قطعات کوچک با بهترین فاصله جداکننده
- استفاده از برق متناوب محلی در شهر برای پست های حمل و نقل و رکتیفایرها
- ساده بودن سیستم

معایب

- برای حفاظت بیشتر باید در مسیرهای مستقیم استفاده شود
- پیچیدگی در نصب کلیدها
- خطر برق گرفتگی برای پرسنلی که روی خط حرکت می کنند و برای حفاظت پرسنل لازم است از روکش های عایق استفاده شود.
- چون سطح جریان در این سیستم بالا است و در ابتدای راه اندازی قطار جریان زیادی طلب می کند و بار زیاد است در هدوی کم ممکن است بعضی اوقات اتصال کوتاه رخ دهد و برای رفع مشکل باید کلید را باز کرد.
- تنظیمات زیاد و حساس کلیدها در پست

۴. مقایسه بین روش های برق رسانی

همان گونه که دیدید در سیستم های برق ناوگان ریلی دو روش برق رسانی به قطار با توجه به استاندارد IEC60850، EN50163 صورت می گیرد:

- ۱- شبکه بالاسری
 - ۲- سیستم ریل سوم
- در توان های بالا با ولتاژ ۷۵۰ ولت استفاده از شبکه OCS مناسب نیست چون باعث سنگین شدن شبکه و قطور شدن پایه ها می شود و تنظیمات شبکه مشکل خواهد بود.
- به لحاظ طبیعت، ریل سوم در اتصال جاروبک به ریل، نسبت به OCS انعطاف کمتری وجود دارد به همین دلیل در سرعت های

۳. سیم اتصال: وظیفه آن انتقال انرژی الکتریکی به پانتوگراف قطار است و دارای مقاطع ۱۲۰mm است. این سیم یکپارچه و مفتولی می باشد.

۴. سیم تار: وظیفه آن نگه داشتن سیم اتصال با کمک گرفتن سیم حامل می باشد.

۵. عایق ها یا ایزولاتورها: این عایق ها دو وظیفه دارند:

الف- تحمل وزن سیم های حامل

ب- عایق کردن سیم ها

۶. پست های مختلف: برای بستن سیم حامل بر روی بازوها و بستن آن ها به وزنه ها مورد استفاده قرار گیرند.

۷. کلیدها: در شبکه برق بالاسری دو نوع کلید وجود دارد

الف- کلیدهای فیدری: برق پست کشش را به شبکه با لاسری منتقل می کند

ب- کلیدهای سکسیونری: وظیفه اتصال با پارالل کردن دو بلوک را به عهده دارند.

۸. برق گیرها: در روی کلیدهای فیدری نصب می شود

۹. وزنه ها: در ابتدا و انتهای بلوک برای صاف نگه داشتن سیم در مقابل انقباض و انبساط استفاده می گردد.

۱۰. چرخ وزنه ها: این چرخ ها واسطه بین سیم و وزنه می باشند نسبت نیروی کشش سیم را تغییر می دهند.

۱۱. میل مهارها: پایه های شبکه در ابتدا و انتهای بلوک، نیروی زیادی وارد می شود، برای مقابله با این نیرو باید آنها را از طرف دیگر مهار کرد و این کار توسط میل مهارها صورت می گیرد.

۳. برق رسانی به روش ریل سوم

در این روش به کمک یک ریل هادی که در کنار دو ریل دیگر نصب می شود انرژی قطار تامین می شود.

اما اگر بخواهیم از ریل سوم برای تغذیه قطار استفاده کنیم استاندارد سیستم های ولتاژ اروپایی در راه آهن های برقی بر اساس EN50163 به ما فقط اجازه می دهد از ولتاژ ۷۵۰ ولت استفاده کنیم. پس اگر ما بخواهیم از سطوح ولتاژ بالاتر استفاده کنیم باید از شبکه OCS استفاده کنیم.

معمولاً ریل کنتا تاکت سیم هادی با سطح مقطع ماکزیمم ۹۰۰ میلی متر مربع می باشد به همین دلیل در جاهایی که ترافیک زیاد

بعد از هر آب افتادگی حتما کل ایزو لاتورها باید نظافت شود. با خارج شدن قطار از ریل اولین جایی که آسیب می‌بیند ریل سوم است و پس از این حادثه اتصال کوتاه شدید رخ می‌دهد و جرقه‌های شدید به وجود می‌آید که در اکثر موارد باعث آتش‌سوزی در قطار و ترس و وحشت مسافران می‌شود این موضوع را ما در شبکه بالاسری نداریم.

چون سیستم با برق DC کار می‌کند با هربار جدا دشن جاروبک از ریل سوم قوس الکتریکی شدید به وجود می‌آید. و این مسئله باعث آسیب جدی به ریل می‌شود.

۵. مراجع

[1] www.sobco.ir

[۲] مدیریت هوشمند انرژی در سیستم حمل و نقل برقی، سپهر نجفی لاریجانی، فاضل سیدسعید

بالا از ریل سوم نمی‌توان استفاده کرد و با کوچکترین غیر و یکنواختی جاروبک می‌شکند.

همان گونه که می‌دانید در OCS پانتوگراف به علت زیگزاگ بودن شبکه سایش کمتری دارد. اما در ریل سوم به دلیل ثابت بودن محل جاروبک سایش در آن زیاد است و به همین دلیل مداوم جاروبک‌ها در باید تعویض شود و آلودگی کربن در تونل زیاد خواهد بود و هزینه نگهداری ریل سوم نسبت به شبکه بالاسری زیاد است.

در OCS بیشتر سوانح مربوط به قطع شدن سیم بر اثر سایش و خوردگی است، تعمیر چنین سوانحی به ساعت‌ها وقت نیاز دارد به همین دلیل تعمیرات و نگهداری در OCS حساس‌تر است.

هزینه احداث ریل سوم از شبکه بالاسری کمتر است ولی هزینه نگهداری و تعمیرات ریل سوم کمتر از شبکه بالاسری می‌باشد.

در سیستم ریل سوم احتمال برق‌گرفتگی پرسنلی که به تعمیرات خطوط مشغول هستند زیاد است و به همین دلیل حتما در زمان این گونه عملیات برق باید قطع شود.

این مسئله آنقدر مهم است که در روی سکوی ایستگاه‌ها شستی‌های اضطراری در اختیار مسافر خواهد بود که با احساس خطر برق شبکه قطع شود این شستی‌ها مانند شستی‌های اعلام حریق هستند که توسط یک شیشه حفاظت می‌شود.

ما به صورت یکپارچه نمی‌توانیم ریل سوم داشته باشیم و باید برای اتصال قطعه‌های آن‌ها از کابل استفاده کنیم که این کابل‌ها و محل اتصال معمولا مشکل‌آفرین است.

در خطوط ریلی که قوس آن‌ها کمتر از ۵۰ متر است از ریل سوم نمی‌توان استفاده کرد.

در محل سوزن‌ها و قوسی‌ها معمولا سیستم ریل سوم دچار مشکل می‌شود و قطار با سرعت بسیار پایین در این نقاط باید حرکت کند.

به علت اینکه ریل سوم در پایین و در مجاورت خطوط نصب می‌گردد بروز حوادث طبیعی مانند سیل و آبگرفتگی، برف، باران، خطر برق‌گرفتگی را زیاد می‌کند و باعث از کار افتادن سیستم انتقال می‌شود.