بسمه تعالی

انواع پانتوگراف

تهیه وتنظیم: جلال نظری

شهریور۹۱

۱–پانتوگراف:

پانتوگراف نامی است که به بازوهای جمع کننده جریان از شبکه بالاسری داده شده است، این اصطلاح با دستگاه هایی که شکلی مشابه با دستگاه فتوکپی دارد گرفته شده است.

قطارهای برقی وواگنهای خود کشش مترو، اتوبوس برقی و یا تراموا‌ها همگی دارای پانتوگراف می باشند.

انرژی الکتریکی بوسیله پانتوگراف از شبکه بالا سری دریافت و به مصرف ترکشن موتور ها می رسد کیفیت حرکت پانتوگراف در زیر شبکه بالاسری به ساختمان و نوع پانتوگراف و سیستم شبکه بالا سری بستگی دارد .

پانتوگراف بایستی در هر سرعتی ، حتی المکان بدون قوس الکتریکی و قطعی از سیم تماس انرژی الکتریکی را به وسیله نقلیه کشنده انتقال دهد. اکثر وسایط نقلیه ای که از طریق پانتوگراف انتقال برق بالاسری انجام می گیرد معمولا دو پانتوگراف نصب می شود و پانتوگراف عقبی بکار گرفته می شود و پانتوگراف جلویی معمولا بعنوان رزرو به خدمت گرفته می شود .

برحسب اینکه تغذیه از طریق شبکه بالاسری یا ریل سوم انجام شود ساختمان و محل نصب پانتوگراف متفاوت است شکل ۱–۱ پانتوگراف در شبکه بالاسری و ریل سوم را نشان می دهد.

قابل توضیح است ریل سوم وسیله است شبیه جاروبک و یا کفشک که برق مورد نیاز قطار را از کنار ریل تامین می کند.

معمولا در سیستم با ولتاژ کم از ریل سوم استفاده می شود و از شبکه بالاسری در سیستم های متناوب ومستقیم با ولتاژ زیاد استفاده می شود.

سازمان قطارشهری تبریز و حومه

۱–۱–اجزاء پانتوگراف در شبکه بالاسری

پانتوگراف از چهار قسمت اساسی تشکیل شده است:

۱ – ساختمان اصلی پانتوگراف که در روی چهار مقره روی سقف قرار دارد.
۲ – سیستم محرکه پانتوگراف که از آلیاژ سبک تهیه می شود.
۳ – بلبرینگ و بازوهای متحرک و سیستم تغذیه پانتوگراف
۴ – جاروبک پانتوگراف که از یک یا دو صفحه گرافیتی یا آلیاژهای خاص تشکیل شده است که به وسیله سیم های افشان به سیستم تغذیه اتصال می گردد.

۱–۲–جاروبک

جاروبک از جنسهای گوناگونی تهیه می شود که عبارتند از مس، طلا،پلاتین،ذغال، جاروبکهای مسی و پلاتینی دارای مقاومت الکتریکی کمتری هستند و فقط در محل کنتاکت(محل تماس) با سیستم شبکه بالاسری ایجاد سوختگی می کنند ولی جاروبک ذغالی یا گرافیتی به علت مقاومت بیشتر نمی توانند به راحتی جریان مورد نیاز قطار را از خود عبور بدهند وباعث تولید حرارت شده و سوختگی در سیم تماس به وجود می آید. بدین جهت از این جاروبک ها در خطوطی که دارای جریان کمتری است استفاده می شود و در شبکه های با جریان متناوب نیز از این جارویک استفاده می شود ولی در شبکه های با جریان مستقیم که دارای جریان بیشتر از ۱۵۰۰ آمپر می باشد استفاده از این جاروبک ها غیر منطقی می باشد.

الف- در شبکه بالاسری ب- در ریل سوم

شکل ۱-۱- پانتوگراف

جاروبک ذغالی از کربن یا از پودر گرافیت و یا از قیر پیوندی(ضخیم وسفت) تهیه می شود،در بعضی موارد پودر کربن نیز به آن اضافه می شود. جاروبک ذغالی معمولا از سه پهلو به قاب فلزی بسته می شود و تشک جاروبک ذغالی با فلزات حامل جریان آبکاری می شود و برای تشک و آبکاری آن معمولا از آلومینیوم استفاده می شود که نرمتر از سیم شبکه می باشد تا در موقع تماس هادی تماس با این تشک(قاب فلزی) به راحتی ساییده شود وتخریبی در هادی تماس به وجود نیاید. شکل۱-۲ جاروبک ذغالی پانتوگراف را نشان می دهد.

شکل ۱-۲-جاروبک ذغالی پانتوگراف

تماس بین شبکه بالاسری و پانتوگراف باید بدون وقفه برقرار باشد، زیرا فاصله هوائی موجب ایجاد یک قوس الکتریکی در میان شبکه بالاسری و پانتوگراف شده و ایجاد نقطه جوش در سیم تماس می شود واین نقطه جوشها مانع لغزش پانتوگراف روی هادی می شود این امر سطح تماس جاروبک و هادی تماس را کم و بر نوسانات و فواصل هوائی در طول حرکت می افزاید. در اثر ایجاد قوس الکتریکی مداوم ما بین هادی تماس و پانتوگراف هر دو گرم شده و هادی تماس در اثر گرم شدن شکل خود را از دست می دهد.

شکل۱-۳- قوس الکتریکی در میان شبکه بالاسری و پانتوگراف

۲-فنر پانتوگراف

از آنجا که پانتوگراف باید در سطح یکنواخت از ریل قرار گرفته باشد تا با نیروی ثابت در تماس دائم با شبکه برق بالاسری باشد، استفاده از فنرهای با صلبیت یکنواخت اهمیت پیدا می کند. مدول صلبیت فنر پانتوگراف و صلبیت خمشی آن باید برای تمام بازوها یکسان باشد.
شکل۱-۴ فنر پانتوگراف را نشان می دهد.

شکل ۱-۴- فنر پانتوگراف

۳-ویژگی های پانتوگراف:

۱.در تماس دائم با شبکه بالاسری باید باشد تا انرژی الکتریکی مورد نیاز لکوموتیو را به صورت یکنواخت تامین کند.

۲.باید کمترین ارتعاش را در حرکت داشته باشد.

۳.نباید سیم تماس را خراش دهد و همچنین نباید سایش بیش از حد ایجاد کند.

۴. باید مقاومت آیرودینامیکی پایینی داشته باشد.

۵.باید پانتوگراف مطابق با سرعت حرکت قطار انتخاب شود تا کیفیت مورد نیاز جهت جمع آوری جریان را از شبکه بالاسری تامین کند.

۶. باید در ارتفاع یکنواخت از سطح ریل قرار بگیرد. برای بهینه کردن جمع آوری جریان و کیفیت قدرت آن باید مدول صلبیت فنر پانتوگراف و صلبیت خمشی آن باید برای تمام بازوها یکسان باشد.

۷. باید مقاومت به حرارت، خوردگی و ارتعاش را به همراه اینکه قابلیت اعتماد وعمر عملیات مناسبی را داشته باشند، را حفظ کنند.

۴–انواع سازه پانتوگراف از لحاظ شکل ظاهری:

۱. تک بازویی
۲. دو بازویی
۳. بالی شکل

۴–۱–پانتوگراف تک بازویی

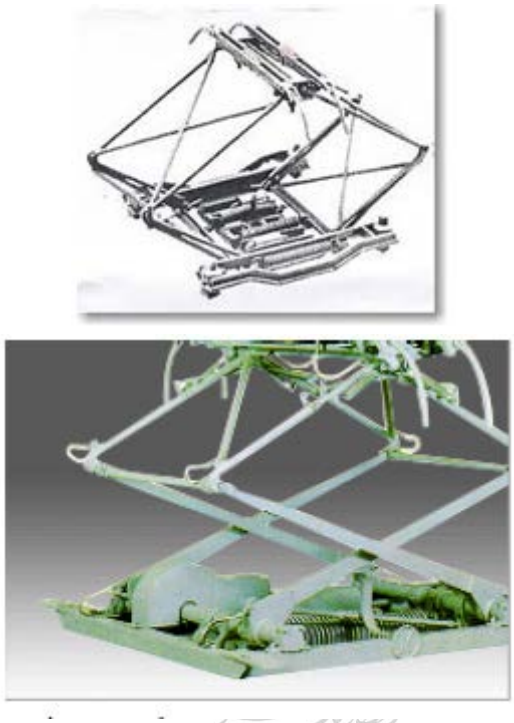
پانتوگراف تک بازویی مطابق با شکل ۱–۵ دارای یک بازو است که با خم شدن آن تیغه پانتوگراف پایین و با باز شدن آن تیغه بالا می رود. این نوع پانتوگراف به صورت سنتی در اروپا استفاده می شود و در ژاپن به صورت فزاینده ای در حال استفاده است و بیشتر در شبکه برق رسانی AC کاربرد دارد. چون توانائی کشیدن جریان الکتریکی کمی را دارد و استفاده آن در شبکه DC از نظر تکنیکی درست نمی باشد.

آن چه موجب استفاده گسترده از پانتوگراف تک بازویی می شود، نیروی کم مورد نیاز برای بلند شدن پانتوگراف است در صورت خرابی پانتوگراف جلویی از پانتوگراف عقبی استفاده می شود.

شکل ۱–۵– پانتوگراف تک بازویی SINGLE –ARM

۴-۲- پانتوگراف دو بازویی

پانتوگراف دو بازویی مطابق با شکل ۱-۶ دارای دو بازوی مقابل هم است که بصورت آکاردئونی بازو بسته می شود. این پانتوگراف بصورت گسترده در راه آهن ژاپن استفاده می شود STRIP (نواری که در تماس با شبکه بالاسری است و بر روی پایه ای به نام COLLECTOR SHOE تثبیت شده است) در هنگامی که تحت سایش قرار می گیرد قابل تعویض است این پانتوگراف معمولا در شبکه برق رسانی DC بیشتر استفاده می شود.



شکل ۱-۶- پانتوگراف دو بازویی DIAMOND

۴-۳- پانتوگراف بالی شکل

این نوع پانتوگراف برای کاهش سر و صداهای تولید شده در قطارهای پرسرعت است که در حال حاضر در قطارهای شینکانسن استفاده می شود شکل ۱-۷ پانتوگراف بالی شکل را نشان می دهد.

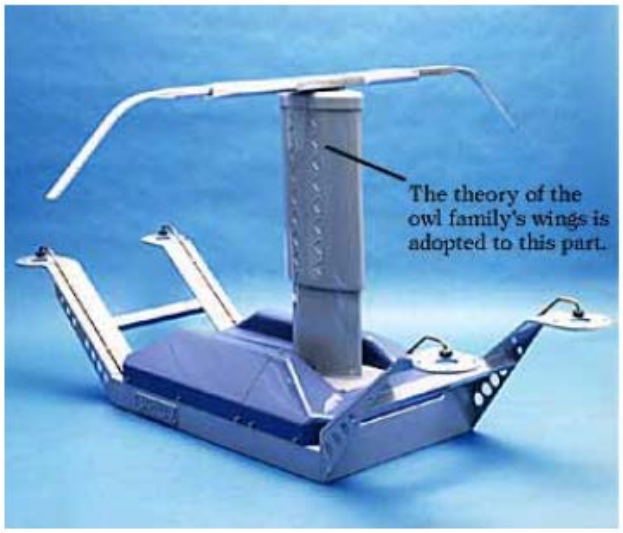
آنچه که موجب تفاوت در سیستم مکانیکی این مدل تک بازویی است وجود دو سیلندر به همراه سیستم فنربندی دوتایی است. پانتوگراف دایموند به دلیل وجود دو فنر و افزایش سختی، سیستم می تواند نیروی بیشتری اعمال کند. واز آنجا که پانتوگراف دایموند شکل دارای دو بازو می باشد نیروی لازم برای بلند کردن پانتوگراف بین دو بازو تقسیم و در واقع بین دو سیلندر که نیرو را وارد می کنند تقسیم می شود.

بطور کلی ایجاد سرو صدا در قطار های پرسرعت ناشی از دو عامل است:

۱. سرو صدای ناشی از غلتش که در این نوع شدت نویز با توان دو سرعت، نسبت مستقیم دارد این مشکل بیشتر در هنگامی که قطار وارد تونل می شود بیشتر آشکار می شود این نوع از نویز با تصحیح شکل آیرودینامیکی قطار تا حدودی بهبود یافته است که سطح تماس برخورد جریان هوا را با قطار کاهش داده اند.

۲. سر و صدای ناشی از برخورد هوا با پانتوگراف که در این نوع نیز شدت نویز با افزایش سرعت نسبت افزایش می یابد.

برای جلوگیری از این پدیده از تکنیک بکار رفته در بال عقاب استفاده شده . این پرنده هنگام پرواز سرو صدای کمتری نسبت به دیگر پرنده گان تولید می کند. با بررسی بال عقاب دلیل این موضوع را کاهش جریان های گردابی هوا در اطراف بال پرنده توجیه کردندو سعی نمودند با تغییر در شکل پانتوگراف و با گذاشتن مستطیل های نازک و موازی مشابه با شکل بال عقاب در رو به روی هم موجب کاهش سرو صدا شوند.



شکل۱-۷-پانتوگراف بالی شکل

۵-مشخصات چند نوع پانتوگراف

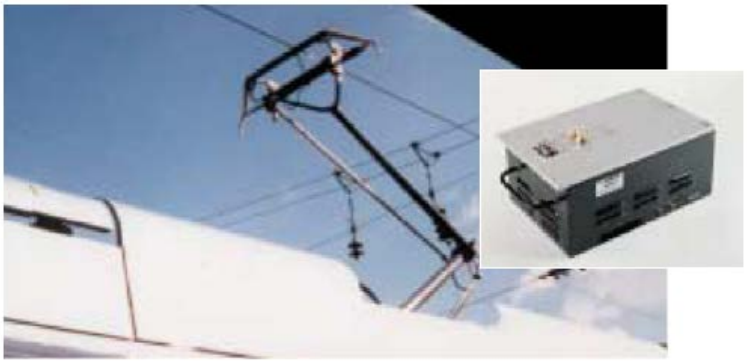
۵-۱-سیستم پانتوگراف هدایت شده مدلCX

پانتوگراف باید با چندین متغییر عملیاتی(سرعت قطار، نوع سیستم برق رسانی ، وضعیت پانتوگراف بر روی وسیله نقلیه ریلی و جهت حرکت وسیله ریلی و...)کنترل شود لذا سیستم پانتوگراف کنترل شونده برای بهبود عملکرد شبکه پیشنهاد شده است. این سیستم رنج وسیعی از وسایل نقلیه ریلی را پوشش می دهد به عنوان مثال می توان EMUهای با سرعت 250Km/h وحتی سرعت های بالاتر را پوشش می دهد. شکل ۱-۸ شکل ظاهری پانتوگراف مذکور را نشان می دهد.

شکل۱-۸- شکل ظاهری پانتوگراف CX

در این مدل فعال کننده نیوماتیکی پانتوگراف به یک کنترل کننده(IPCU) متصل شده است که روی سقف لکوموتیو نزدیک پانتوگرافی که هدایت می شود قرار گرفته است. سیستم IPCU برای هدایت بیش از دو پانتوگراف مستقل(البته نه به صورت هم زمان) طراحی شده است وهمچنین شامل یک مدول تنظیم کننده دیجیتالی اصلی و یک مدول مخابراتی پانتوگراف است.

وقتی دستور مبنی بر بالابردن پانتوگراف دریافت شد، مدار نیوماتیکی فشار وارد می کند وپانتوگراف مورد نظر توسط رگلاتور فشار فعال شده بالا برده می شود. و در زمانیکه فرمان بالابردن قطع می شود پانتوگراف به صورت اتوماتیک پایین می آید. IPCU می تواند میزان نیروی بین هادی تماس و پانتوگراف را کنترل نماید. شکل ۱-۹ IPCU این پانتوگراف را نشان می دهد.



The ergonomic IPCU block is housed under the roof near the pantograph

شکل ۱-۹- IPCU پانتوگراف CX

۵-۲-پانتوگراف مدل LX

این سیستم هم مشابه با سیستم CX می باشد. این سیستم هم مدولار می باشد وتک بازویی است. سازه آن فولادی است و جنس نوار جاروبک آن کربن و مس می باشد. و همچنین قابلیت جمع آوری جریان الکتریکی تا سرعت سیر 160Km/h را دارد شکل ۱-۱۰ این نوع پانتوگراف را نشان می دهد.

شکل ۱-۱۰- پانتوگراف LX در دو حالت بالا و پایین

۵–۳– پانتوگراف لکوموتیو TM1 (خط تهران کرج)

لکوموتیو های TM1 مجهز به پانتوگراف تک بازویی می باشند این دستگاه که از یک جک هوایی، فنر و آلات مکانیکی تشکیل شده است، به وسیله فشار هوا و نیروی فنر با شبکه بالاسری تماس برقرار کرده و جریان مورد نیاز لکوموتیو را از شبکه جمع آوری می کند. با فعال نمودن کلید پیانویی پانتوگراف هوای فشرده به جک مربوط به فنر پانتوگراف راه یافته و باعث آزاد شدن فنر می شود و به وسیله نیروی فنر ، پانتوگراف به شبکه برق بالاسری متصل می شود و در هنگام قطع کلید پانتوگراف و مسدود نمودن مسیر هوای فشرده، فنر جمع شده و به وسیله جک پانتوگراف از شبکه برق بالاسری جدا می شود.

پانتوگراف از طریق ایزولاتوری به لکوموتیو نصب شده است و حداقل فشار هوای لازم برای بالا بردن آن جهت اتصال به شبکه برق بالاسری 400Kpa می باشد. شکل ۱–۱۱– نمایی از پانتوگراف مترو تهران–کرج را نشان می دهد.جدول ۱–۱ مشخصات فنی این پانتوگراف را نشان می دهد.

شکل ۱–۱۱– نمایی از پانتوگراف مترو تهران–کرج

ولتاژ عملکردی	25 kv
جریان عملکردی	630 A
فشار تماس با شبکه	90 +/- 10 N
فشار هوا	700 kpa
ارتفاع کاری	500 – 2250 mm
ماکزیمم ارتفاع (بالا رفتن کامل)	2600 mm
ارتفاع تا شده	228 mm
طول کل پانتوگراف	2085 mm
طول لغزنده پانتوگراف (ذغال ها)	1250 mm
زمان بالا رفتن پانتوگراف از ۰ تا 1.8m	6 – 8 s
زمان پایین آمدن پانتوگراف از 1.8 m تا ۰	5 – 7 s

جدول ۱–۱– مشخصات فنی پانتوگراف خط تهران –کرج

۵–۴–نمونه ای از پانتوگراف خطوط سریع السیر

نمای ظاهری از پانتوگراف خطوط سریع السیر مطابق با شکل ۱-۱۲ مشخصات فنی آن مطابق با جدول 2-1 می باشد:

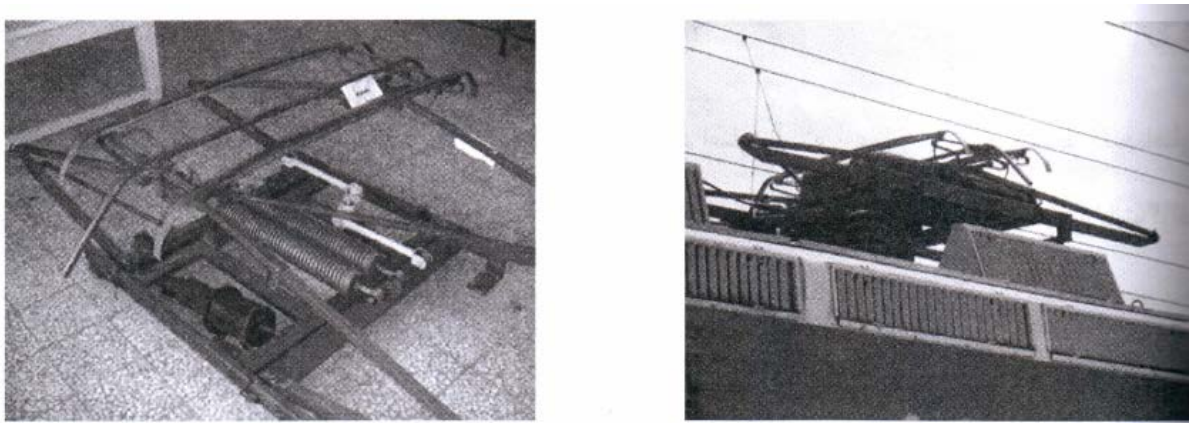
شکل۱-۱۲ نمای ظاهری پانتوگراف قطار سریع السیر(350Km/h)

Catenary method		Simple catenary line
Catenary voltage		AC 25,000V
Rated current		500A (Peak : 1000A)
Operating method		Single Arm type. ascending air, descending spring
Operating air pressure		4.5 ~ 6.5kgf/cm² (standard 5.5kgf/cm²)
Uplift force		7.0 ± 0.5kgf (standard value: 7.0kgf)
Pantograph Height	Folded height	0mm
	Minimum height	100mm
	Standard height	2500mm
	Maximum height	2700mm
Weight		Approximately 120 ± 10kg
Ambient Temperature		-25□ ~ 40□
Operating speed		350km/hr

جدول ۱-۲ مشخصات فنی پانتوگراف خطوط سریع السیر

۵-۵- نمونه از پانتوگراف لکوموتیوهای RC4 خط برقی تبریز –جلفا

شکل۱-۱۳ پانتوگراف دوبازویی نصب شده در لکوموتیوهای سوئدی RC4 را نشان می دهد.



شکل ۱-۱۳-پانتوگراف لکوموتیو RC4

منابع:

۱-آشنایی با لکوموتیوهای برقی ،ناصر مجیدی فرد،سعید باریکانی

۲-مبانی راه آهن برقی انتشارات دانشگاه علم وصنعت، دانشکده مهندسی راه آهن

۳-آشنایی با لکوموتیو برقی RC4 مسیر تبریز جلفا

۴-مشخصات فنی قطار شینکانسن

۵-مشخصات فنی مترو تهران-کرج

۶-منابع اینترنتی

سازمان قطارشهری تبریز و حومه