

دانشگاه صنعتی خلیج فارس شهروندی مهندسی

MAGLEV

HW1

Modern Control

Dr. TaghiRad

Group:7

Feb,2024

فرزاد مقدم 40009453

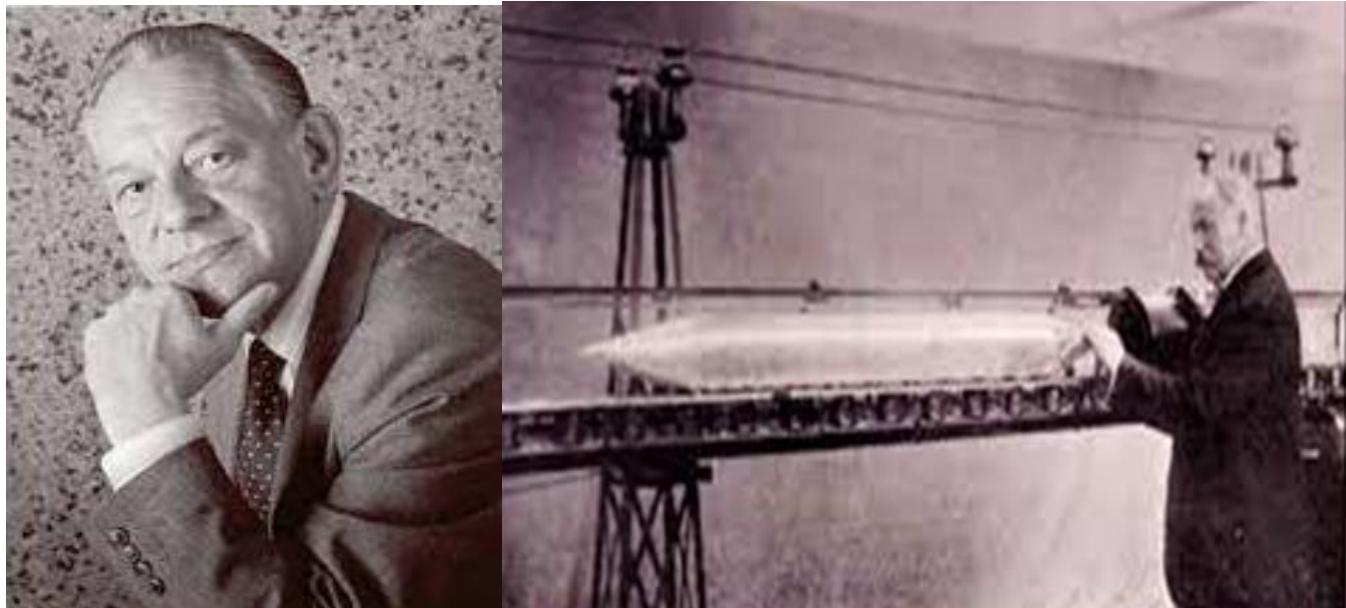
لیونا یدیاریان 40010483

❖ گزارشی از معرفی سیستم ، کاربرد ها ، نحوه عملکرد و اجزاء ، محركه ها و حسگرهای سیستم ، بررسی قطار های MagLev

انواع و تفاوت آنها

تاریخچه

سیستم حمل و نقل ریلی بر پایه اصطکاک بین ریل و چرخ های قطار ساخته می شود که با توجه به نیاز روز افزون به حمل و نقل سریع، محدودیت های این سیستم و عملکرد ناپایدار آن تحت تاثیر عوامل محیطی، نیاز به جایگزین بهینه تر احساس می شود[1]. در اوایل قرن بیستم زمانی که هنوز هواپیماهای مسافربری تجاری وجود نداشتند، دو دانشمند به نام های امیل بچلت¹ و رابت گودارد² برای رسیدن به یک سیستم حمل و نقل سریعتر، ایمن تر و مطمئن تر از حمل و نقل ریلی، به ایده استفاده از خواص الکترومغناطیسی در این حوزه رسیدند که بعد ها به قطار Maglev شهرت پیدا کرد[1]. البته که افراد دیگری نیز همچون دکتر اریک لیتویت³ به واسطه اختراع موتور خطی بهینه و عملی، همچنین فعالیت های او در این زمینه به عنوان پدر Maglev شناخته می شود[3]. این قطارها از سال 1984 تجاری سازی شدند[1]؛ گرچه محدودیت های علمی و اقتصادی مانع از گسترش سریع این فناوری شده است[4]. اولین و سریع ترین خط تجاری سازی شده از قطارهای پرسرعت از این نوع نیز در سال 2004 با نام قطار Maglev شانگهای رونمایی شده است[5].



¹ Emile Bachelet

² Robert Goddard

³ Eric Laithwaite

معرفی سیستم و کاربرد ها

سامانه شناور مغناطیسی در سالهای اخیر به طور گسترده در صنایع مختلف مورد توجه قرار گرفته است. این سامانه به صورت حلقه باز به شدت غیرخطی و ناپایدار است؛ از این رو، مدلسازی و طراحی کنترل کننده برای چنین سامانه‌ای مسئله‌ای چالشی محسوب می‌شود.

سامانه‌های شناور مغناطیسی که اساس ساخت قطارهای مغناطیسی می‌باشند، فناوری بدون تماسی هستند که به دلیل عدم وجود اصطکاک، نویز و لرزش‌های ناشی از تماس مکانیکی اجزا، موجب کاهش هزینه تعمیرات شده و بازده سامانه را بال برده‌اند. این فناوری در زمینه‌های گوناگون دیگر از قبیل مهندسی پژوهشی، هوا و فضا، مهندسی برق و ساخت سامانه‌های اندازه‌گیری کاربرد دارد.

با توجه به اهمیت این موضوع، تاکنون کنترل کننده‌های بسیاری جهت کنترل این سامانه طراحی و ارائه شده‌اند. کنترل کننده‌های تناسبی-مشتقی-انتگرالی یکی از پرکاربردترین کنترل کننده‌های صنعتی هستند که به دلیل سهولت طراحی و پیاده‌سازی مورد توجه قرار گرفته‌اند؛ اما در سامانه‌هایی که دارای باند مرده، تاخیر زیاد و عدم تطبیق مدل با سامانه هستند، قابلیت کمتری دارند. مهمترین مسئله در طراحی این نوع کنترل کننده‌ها، تنظیم پارامترها می‌باشد. عبدالهادی در سال 2008 از روش‌های فازی برای تنظیم پارامترهای این نوع کنترل کننده استفاده کرده است.

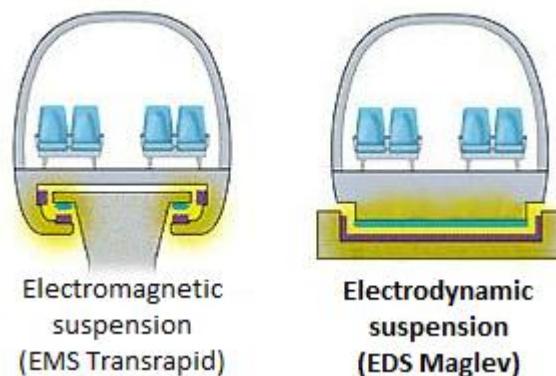
Maglev به معنی قطار با شناوری مغناطیسی بوده و مکانیزم جهت دهی، حرکت و شناوری در آن، تماماً به کمک نیروی الکترومغناطیسی می‌باشد که به مراتب شتاب و سرعت نهایی بالاتر و پایدارتری نسبت به قطارهای معمولی ارائه می‌کند. علاوه بر آن، این قطارها به واسطه سبک بودنشان می‌توانند شبیه‌های تند تری را نیز به راحتی پشت سر بگذارند. شکل قطار، مسیر حرکت آن و تکنولوژی ساخت این قطارها می‌تواند بسیار متفاوت باشد..

انواع سیستم‌های MAGLEV

به طور کلی می‌توان این قطارها را بر اساس نحوه کارکرد آنها به دو مدل EMS و EDS تقسیم بندی نمود (شکل ۱) [2].⁴ مدل اول یا همان EMS، از نیروی جاذبه الکترومغناطیسی بین قطب‌های مخالف آهنربا استفاده می‌کند و به صورت تجاری در خطوط مختلفی از جمله همان خط شانگهای از آن استفاده می‌شود [4]. این تکنولوژی قدیمی‌تر بوده و به واسطه آن دارای خطوط فعال می‌باشد.

⁴ Electromagnetic Suspension

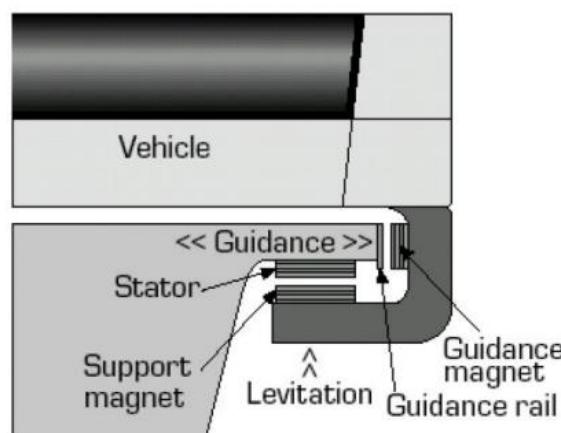
مدل دوم که به EDS^۵ معروف است، از نیروی دافعه الکترومغناطیسی بین قطب های موفق آهنربا بهره میبرد و به جز در خط آزمایشی یاماناشی در ژاپن خط فعالی نداشته و هنوز به صورت رسمی تجاری سازی نشده است [۴]. نوع بروز تری از این قطار نیز در چین ساخته شده که هنوز به بهره برداری نرسیده است.



[7] نوع مرسوم از قطار های Maglev

نحوه عملکرد این قطارها

mekanizm قطارهای maglev را میتوان در سه سیستم خلاصه کرد؛ حرکت رو به جلو^۶، شناوری^۷ و هدایت^۸.

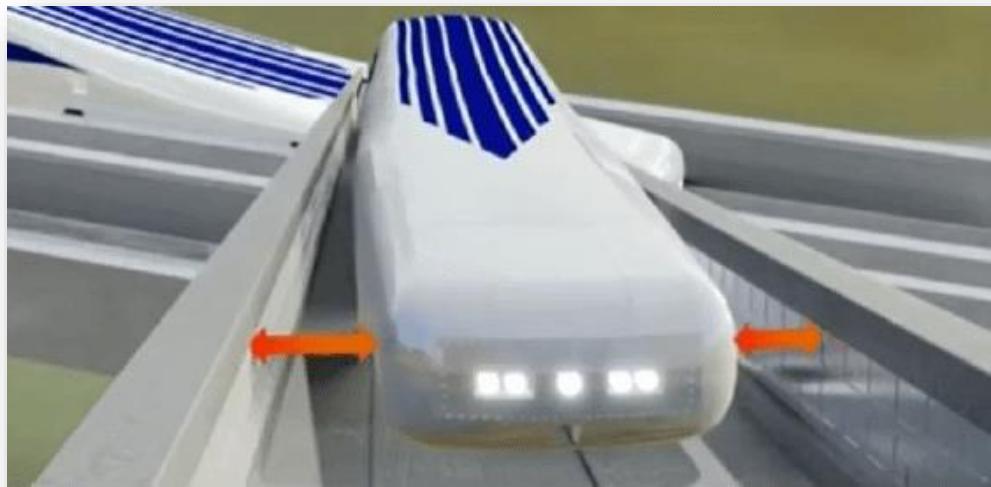
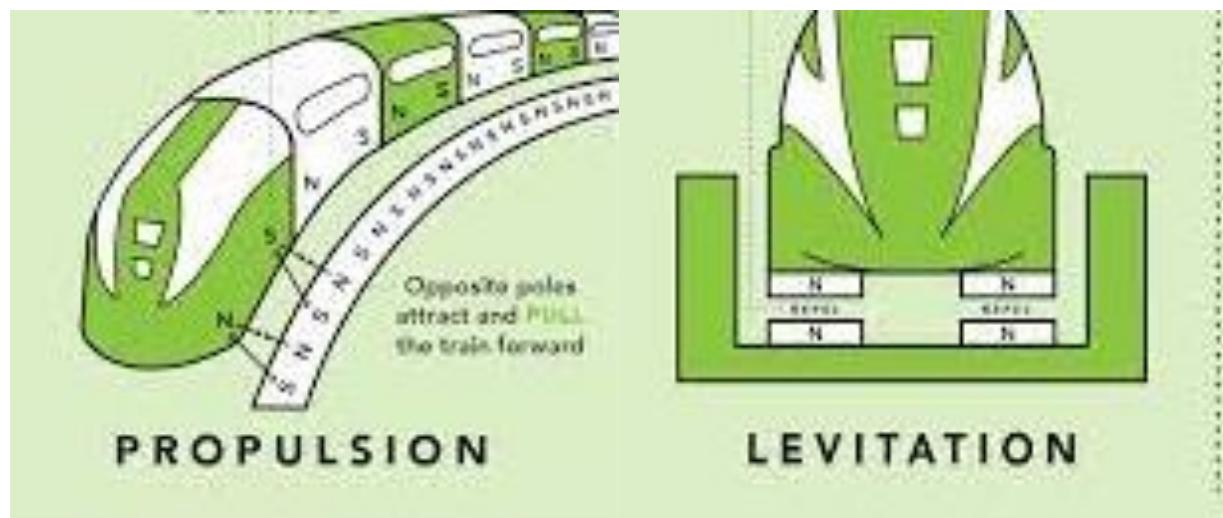
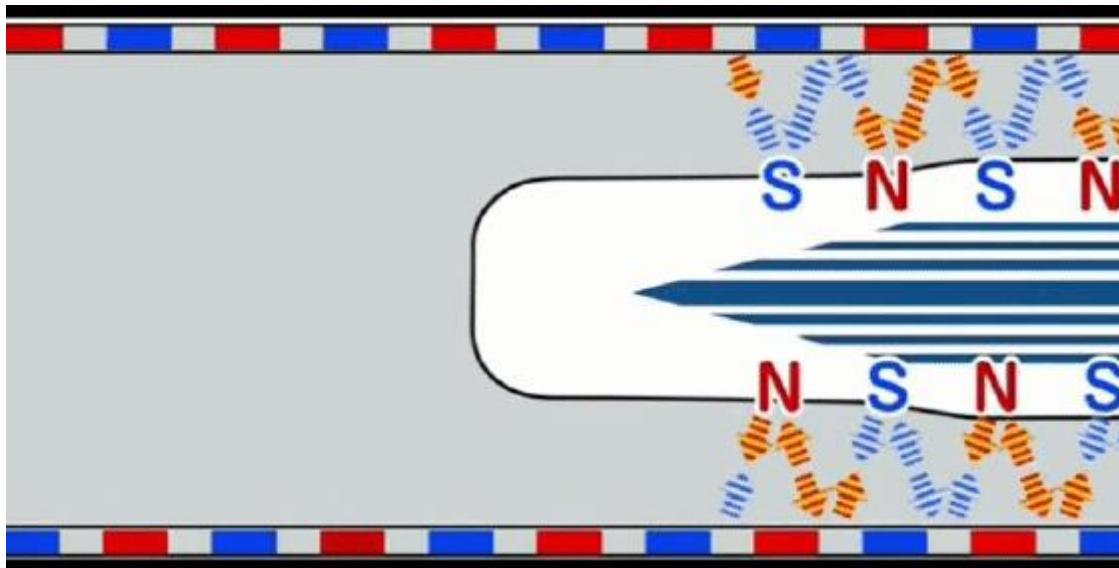


⁵ Electrodynamic Suspension

⁶ Propulsion

⁷ Levitation

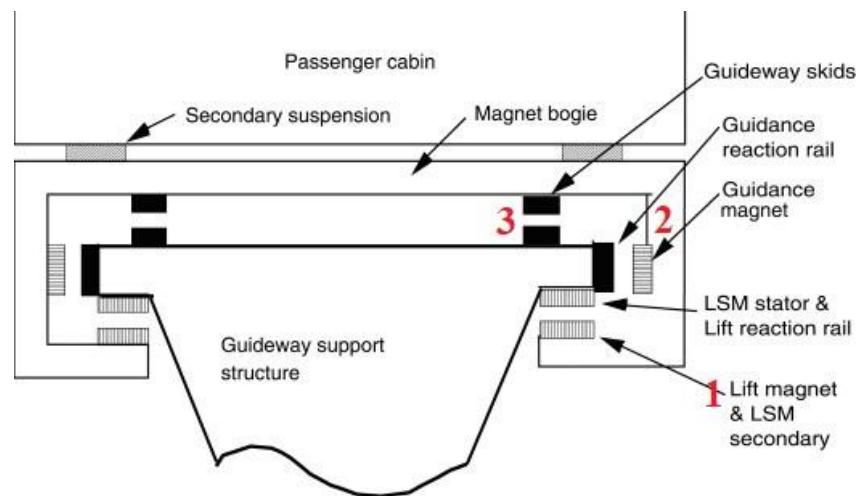
⁸ Guidance



در این مدل که نوع ساده‌تر می‌باشد، برای شناوری قطار از خاصیت جذب مغناطیسی بین قطب‌های مخالف آهنربا استفاده می‌شود (شکل 2-1). آهنرباهای استفاده شده در این بخش باید به حدی قوی باشند که نیروی مغناطیسی ناشی از آن‌ها بر وزن قطار غلبه کند و بتواند آن را در ارتفاع 1.3 سانتی‌متری از سطح مسیر نگه دارد [1].

از طرفی برای حرکت رو به جلو و عملیات کاهش سرعت، از سیستم موتورهای خطی سینک شده یا LSM⁹ استفاده می‌شود. برای این منظور بخش‌های کوچکی بر روی مسیر حرکت تعییه می‌شوند که می‌توانند به صورت متناوب به قطب شمال یا جنوب مغناطیسی تبدیل شوند و با دفع و جذب پیوسته آهنرباهای قطار ثابت بر روی قطار به صورت زمان بندی شده می‌توانند آن را رو به جلو سوق دهند (شکل 2-2) [3].

برای جلوگیری از خروج قطار از خط و هم مرکز کردن آن با مسیر حرکت از آهنرباهای هدایتی¹⁰ در دو طرف بوژی¹¹ استفاده می‌شود. این آهنرباها با استفاده از دفع مغناطیسی به صورت کنترل شده این عملکرد را ایجاد می‌نمایند (شکل 2-2) [3]. به منظور توقف قطار در شرایط اضطراری همچون زلزله یا قطعی برق، ترمز‌های اصطکاکی در زیر قطار تعییه می‌شود تا قطار با شتاب بیشتری متوقف شود (شکل 2-3) [3].



شکل 2) شماتیک قطارهای نوع EMS [6]

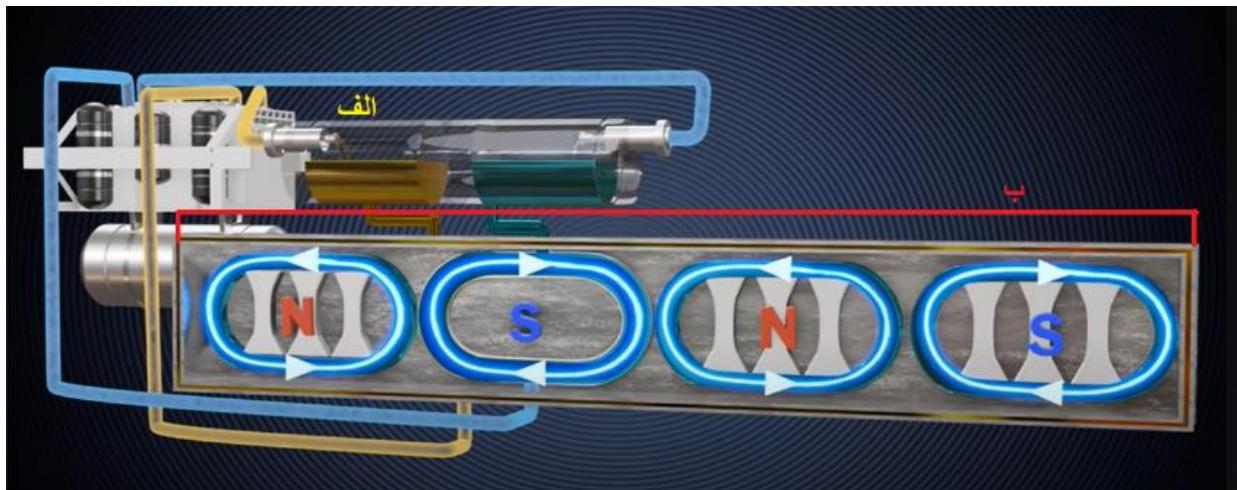
⁹ Linear Synchronous Motor

¹⁰ Guidance magnets

¹¹ Bogie

این نوع از قطارها به واسطه استفاده از ابررساناها، تکنولوژی بالاتری نسبت به نوع قبلی داشته و هنوز به صورت رسمی به بهره برداری نرسیده اند. در حال حاضر دو شرکت مطرح چینی و ژاپنی به پیاده سازی عملی این سیستم رسیده اند که در اینجا به بررسی نوع ژاپنی آن از شرکت Yamanashi Maglev¹² خواهیم پرداخت که به علت استفاده از ابررساناها در آن به SCMaglev شهرت دارد[4]. عملکرد EDS بر پایه شناوری به کمک خاصیت دفع مغناطیسی و خواص ابررساناهای میباشد. این فرایند به کمک چند جزء کلیدی انجام میشود:

(۱) پنل های آهنرباها ابررسانا¹³ که در طرفین قطار تعبیه میشوند، دارای ۴ آهنربا به صورت یک در میان هم جهت بوده و دارای جریان گیری اولیه 700kA میباشند و میتوانند به واسطه مقاومت صفرشان، به صورت یک آهنربای دائمی بدون نیاز به جریان گیری مجدد عمل نمایند (شکل ۳-الف). البته که برای حفظ خاصیت خود نیاز به دمای بسیار پایینی در نزدیکی صفر کلوین دارند که این مهم با سیستم های خنک کننده هلیم مایع میسر میشود(شکل ۳-ب)[4].



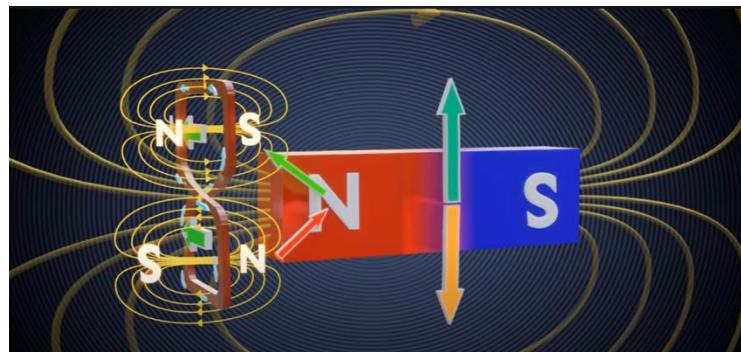
شکل ۳) بخش های الف) خنک کننده ب) پنل ابررسانا در مدل های EDS.[4]

(۲) حلقه های رسانا که در دو طرف مسیر حرکت تعبیه میشوند و با حرکت قطار و طبق قانون القای فارادی، دو آهنربا با جهت مخالف یکدیگر در سطح بالایی و پایینی حلقه ها به واسطه پیچش آنها از وسط پدید می آیند. شکل ۴ و همچنین شکل ۵-۱ این

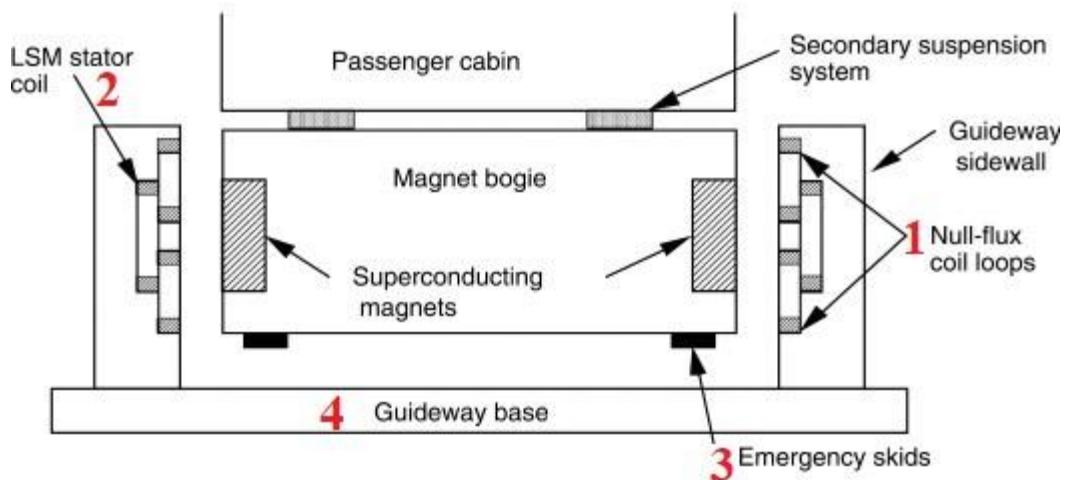
¹² Super Conductor

¹³ Super Conductor Magnets Unit

بخش را نمایش میدهد. این قضیه با جهت جریان پدید آمده در حلقه و قاعده دست راست قابل اثبات است. طراحی به گونه ای است که حلقه پایین قطب موافق آهنربای قطار، و حلقه بالا قطب مخالف داشته باشد. اگر قطار بیش از حد از مرکز عمودی این حلقه ها به سمت پایین حرکت کند، نیروی دافعه حلقه پایین و جاذبه حلقه بالا شدید شده و قطار را به سمت بالا هل میدهد. از آن جایی که قانون القای فارادی به سرعت نیز بستگی دارد، شناوری تنها در صورتی رخ میدهد که قطار با سرعتی بالاتر از یک مقدار مشخصی حرکت کند که در مدل ژاپنی مورد بحث، این مقدار 150km/h میباشد. برای سرعت های پایین و یا توقف کامل قطار از چرخ های کوچک با قابلیت جمع شدن در زیر قطار استفاده میشود. همچنین این چرخ ها در صورت وقوع زلزله و قطع شبکه برق میتوانند فعال شوند و قطار را به سلامت متوقف نمایند. علاوه بر آن ترمز های اضطراری در زیر قطار تعییه شده که میتوانند درصورت وقوع مشکل در چرخ ها، قطار را بدون آسیب متوقف نمایند (شکل 5-3).[4]

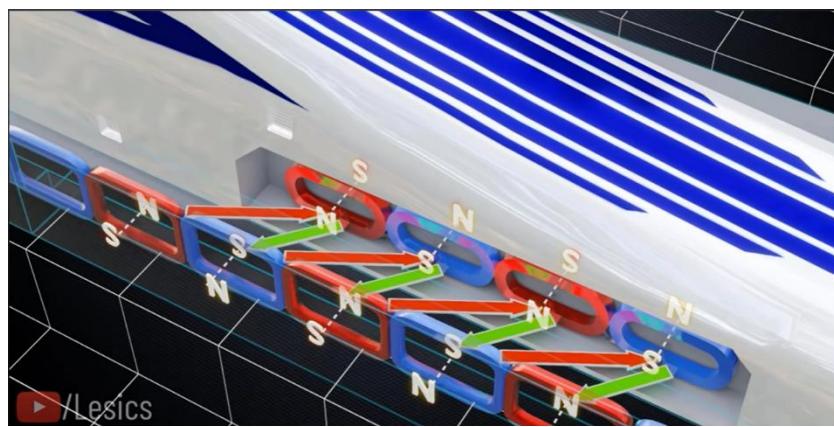


شکل 4) حلقه های رسانا و عملکرد آن ها در حضور ابررسانای قطار که به صورت نمادین با یک آهنربای میله ای نمایش داده شده است.[4]



شکل 5) شماتیک قطارهای نوع EDS [6]

برای حرکت رو به جلو در این سیستم نیز همانند EMS از روش موتور خطی و با زمان بندی دقیق استفاده میشود. آهنربای ثابت در این حالت همان پنل ابررساناها میباشد و کویل های موجود در طرفین خط نیز قطب های متناوب را تشکیل میدهند[4]. این کویل ها در شکل 5-2 و شکل 6 قابل رویت میباشند.



شکل 6) ابررسانا بر روی قطار و کویل های متناوب بر روی خط [4]

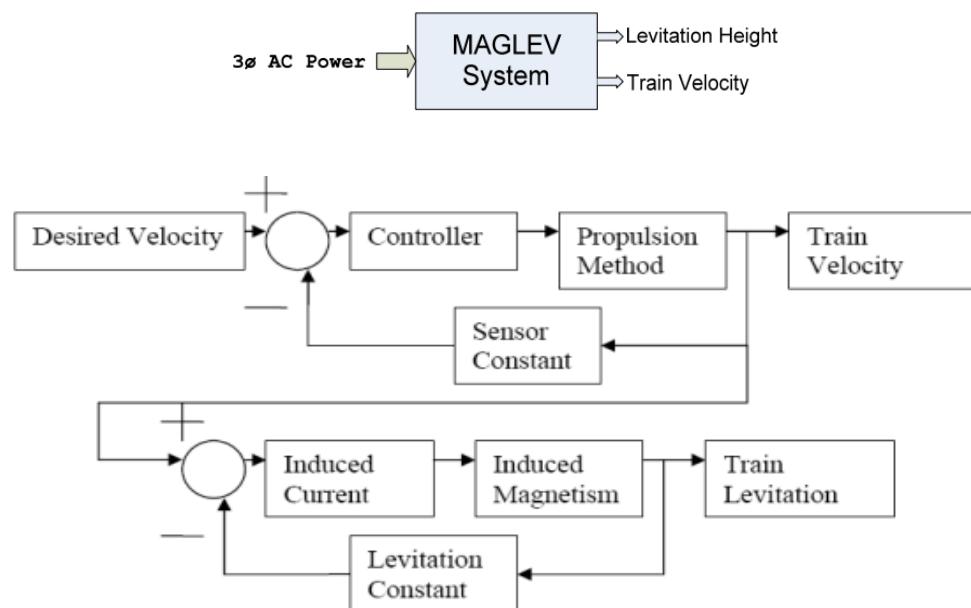
برای هدایت قطار به صورت هم مرکز با مسیر حرکت راه های متنوعی وجود دارد. یکی از بهینه ترین راه ها که در مدل ژاپنی استفاده میشود اتصال حلقه های رسانا به یکدیگر میباشد. در این صورت اگر قطار به طرفین خود متمایل شود در آن سمت جریان بیشتری القا میشود که به واسطه اتصال به یکدیگر بخشی از این جریان به سمت حلقه دیگر روانه میشود و در نتیجه نیروی دافعه بزرگتری قطار را به سمت دیگر هل خواهد داد. به صورتی که برایند نیرو ها در جهت بالا تغییری نخواهد کرد. و شناوری قطار با مشکل یا تغییر همراه نخواهد شد[4]. این مکانیزم در شکل های 7 و 8 قابل مشاهده است.



شکل 7) ابررسانا از مرکز منحرف شده و سبب القای جریان نامتقارن در حلقه های متصل شده. شکل 8) نیروی واردہ از حلقه ها بر ابررسانا آن را به سمت مرکز سوق میدهد[4]

پیاده کردن سیستم های EMS نسبت به نوع دوم مقرنون به صرفه تر بوده و به واسطه سادگی تکنولوژی، پیاده سازی آن به صورت جهانی آسان تر میباشد. از طرفی این مدل ها نیاز به چرخ حائل برای سرعت پایین و یا توقف کامل نخواهند داشت [3]. از طرفی نوع دوم به واسطه هزینه نگهداری پایین تر و ایمنی بیشتر آن در شرایط اضطراری، در برخی پیاده سازی ها میتواند بهتر عمل نماید [3]. متأسفانه به دلیل هزینه بالای ساخت و تامین مواد اولیه به خصوص برای آهنرباهای این قطارها هنوز قابلیت جایگزینی کامل با سیستم حمل و نقل ریلی فعلی را نداشته و فعلا در کشورهایی چون انگلیس، آمریکا، ژاپن، آلمان، روسیه، چین و کره جنوبی در ارتباط با آن مطالعه و پیاده سازی های مقیاس کوچک انجام شده است [4]. امید است در آینده به روش هایی از پیاده سازی این قطار ها بررسیم که بهینه بوده و قابلیت پیاده سازی بزرگ مقیاس را دارا باشند.

بلوک دیاگرام



مدل دینامیکی شناور مغناطیسی

سامانه شناور مغناطیسی که در این مقاله استفاده میشود شامل یک گوی معلق در هوا است که توسط سیم پیچ مغناطیسی نگه داشته میشود. با تغییر ولتاژ سیم پیچ ارتفاع گوی نیز تغییر میکند. ساده ترین مدل غیرخطی سامانه شناور مغناطیسی به صورت زیر میباشد که بر حسب موقعیت گوی و جریان سیم پیچ است:

$$m\ddot{x} = mg - k \frac{i^2}{x^2}$$

که در آن، m جرم گوی و g ثابت گرانش میباشد، همچنین k به متغیرهای سامانه بستگی دارد.



Yamanashi Maglev

- 1.<https://www.britannica.com/technology/maglev-train>
 - 2.https://www.cs.mcgill.ca/~rwest/wikispeedia/wpcd/wp/m/Maglev_train.htm
 - 3.<https://www.youtube.com/watch?v=GGnzB9BqtIc>
 - 4.<https://www.youtube.com/watch?v=XjwF-STGtfE>
 - 5.<https://www.independent.co.uk/games/how-we-can-make-superfast-hyperloop-travel-a-reality-a7529316.html>
 - 6.<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B012176480X001820>
 - 7.<https://mediarail.wordpress.com/are-futuristic-maglev-train-could-revolutionize-railways>
7. Yaghoubi, H. "The most important maglev applications", Journal of Engineering, Vol. 2013, pp. 1-19, 2013.