



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش:

مخابرات

عنوان:

تفنگ مغناطیسی

استاد راهنما:

دکتر فرشاد مریخ بیات

نگارش:

محمود مولایی

بهمن 1389

دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

2

انواع پرتابگرهای الکترومغناطیسی و قوانین حاکم بر آنها

3

فصل اول

10

پرتابگرهای الکترومغناطیسی

12

ریلگان

13

کویلگان

14

کاربرد پرتابگرهای الکترومغناطیسی

15

مزایای پرتابگرهای الکترومغناطیسی

16

ایراد های پرتابگرهای الکترومغناطیسی

فصل دوم

18

الکترومغناطیسی

فصل سوم

28

ساختار ریلگان

37

قطعات ریلگان

47

منابع و مراجع

مقدمه

چنانکه می‌دانیم در پرتاب کننده های متعارف، بر اثر انفجار باروت و آزاد شدن حجم قابل توجهی از گاز

ناشی از انفجار، فشار قابل ملاحظه ای ایجاد می گردد که سیستم های مختلف پرتاب کننده در جهت

استفاده از این فشار برای پرتاب پرتابه و احیاناً مسلح کردن مجدد پرتاب کننده طراحی شده‌اند. گرچه این

سیستم انفجاری پرتاب، سرعت های خروجی قابل قبولی برای پرتابه حاصل می کند اما دارای معایبی نیز

می باشد که عمدتاً عبارتند از صدا، آتش (یا نور)، و دود ناشی از انفجار باروت که از عوامل عمده ی لو

دهنده ی محل شلیک می باشند، و نیز خطرات ناشی از انفجار ناخواسته ی خرج (یا باروت) لازم برای

شلیک که باید همواره توسط نفر یا واحد شلیک کننده حمل شود. از این رو همواره سعی بر این بوده است

که سیستم جایگزینی یافت شود که حتی الامکان عاری از معایب سیستم انفجاری بوده و حتی به علاوه

سرعت های بیشتری را برای پرتابه حاصل نماید.

از آنجا که نیروهای الکترومغناطیسی، نیروهای نسبتاً قدرتمند و قابل کنترلی می باشند عموماً سیستم

جایگزین فوق الذکر، در طراحی های مختلف جهت استفاده از این نیروها برای پیش رانش پرتابه جستجو

شده است. توضیح اینکه بر اثر حرکت نسبی قطب های مختلف مغناطیسی و الکتریکی در مجاورت یکدیگر،

بر آنها نیروهایی اعمال می شود که بزرگی و جهت آنها به شدت میادین مغناطیسی و الکتریکی و فاصله ی

بین قطب ها و نیز سرعت جابجایی آنها نسبت به یکدیگر بستگی دارد. از آنجا که این پارامترها، به ویژه

سرعت جابجایی، با استفاده از فناوری های موجود، به راحتی قابل کنترل و افزایش است به سهولت می توان

علاوه بر هدایت و جهت دهی به نیروهای الکترومغناطیسی، آنها را به اندازه ی کافی افزایش داد و در

سیستم های مختلف مهندسی، مثل الکتروموتورها، سولنوئیدها، توربین ها، و ... از آنها استفاده کرد. طبیعی

است که طراحان مختلف، به فکر استفاده از این نیروی بزرگ قابل کنترل به عنوان نیروی پیشران پرتابه باشند

تا علاوه بر حذف معایب فوق الذکر سیستم انفجاری، احتمالاً سرعت های بیشتری برای پرتابه نیز به دست آید.

در همین راستا تاکنون عمدتاً دو سیستم پرتابه ی الکترومغناطیسی در حد آزمایشی و نیمه صنعتی ساخته

شده است که عبارتند از کویل گان و ریل گان که در مورد آنها به اختصار در این جا توضیح داده خواهد شد.

در این دو سیستم، به طور مستقیم (در کویل گان) و غیرمستقیم (در ریل گان) از شتاب گرفتن دوقطبیهای

مغناطیسی بزرگ (در کویل گان) و کوچک (در ریل گان) در شیب میدان مغناطیسی یک سیملوله ی حامل

جریان، برای پرتاب پرتابه استفاده می شود. این سیستم ها، باتوجه به معایبی از آنها که تاکنون مرتفع نشده

است، هنوز به طور کامل گسترش نیافته و جایگزین سیستم های مرسوم نشده اند هرچند (بهویژه سیستم

کویل گان) فافقی عیوب سیستم های انفجاری مرسوم و حتی (بهویژه سیستم ریل گان) موجد سرعت های خیلی

بیشتر برای پرتابه می باشند.

انواع پرتاب کننده های الکترومغناطیسی و قوانین فیزیکی حاکم بر آنها

یک اسلحه ی انرژی پالسی (Pulsed Energy Weapons) اسلحه ای است که از پالسهای الکتریکی برای

شلیک پرتابه استفاده میکند یا عملکردش انتقال جریان الکتریکی به هدف است . در این اسلحه ها غالباً از

خازنهای بزرگ برای ذخیره ی بار الکتریکی که هنگام شلیک آزاد میشود استفاده میگردد . در سیستمهای

دوربرد بزرگ گاهی از سیستم های Compulsator یا Compensated pulsed alternator که با

استفاده از نیروی چرخشی، بار را ذخیره می کنند استفاده می شود. اسلحه های آزمایشی انرژی پالسی عبارتند

از تفنگ ریلی (Railgun) ، تفنگ کویلی (Coilgun) . در یک تفنگ کویلی از یک یا تعداد بیشتری

کوئل الکترومغناطیسی برای شتاب دادن به پرتابه ی مغناطیسی استفاده می شود . کوئلها در امتداد لوله ی

تفنگ قرار داده می شوند و به ترتیب روشن می شوند به گونه ای که از اینکه پرتابه به سرعت در امتداد لوله ی

تفنگ تحت تأثیر نیروهای مغناطیسی شتاب گیرد اطمینان حاصل شود . در واقع تفنگ کویلی، سیملوله ای

است که به هنگام عبور جریان از آن میدان مغناطیسی ای ایجاد می کند که پرتابه ی فرومغناطیس را به درون

خود می کشد. جریان عبور داده شده بزرگ و لحظه ای است. وقتی پرتابه به نزدیکی مرکز کوئل می رسد این

جریان قطع شده و در کوئل بعدی برقرار می شود. با تکرار این عمل پرتابه در مراحل متوالی به طور تصاعدی

شتاب می گیرد. جریان از یک منبع جریان قابل تخلیه شدن سریع که نوعاً یک باتری یا یک مجموعه خازن

ظرفیت بالای ولتاژ بالا می باشد تأمین می شود. از یک دیود برای محافظت از خازنهای حساس به جهت گیری

مثال الکترولیت ها استفاده می شود تا در برابر صدمه ی ناشی از جهت گیری معکوس جریان پس از انجام عمل تخلیه از آنها محافظت شود.

یک مانع اساسی در طراحی تفنگ کویلی تنظیم زمان برقراری جریان در کویلهاست . چند گزینه ی اصلی وجود دارد. ساده ترین (و احتمالاً کم اثرترین) آن گاف جرقه (spark gap) است که هنگامی که ولتاژ به یک

حد آستانه ی معین برسد انرژی ذخیره شده را در کویل آزاد می کند. گزینه ی بهتر، استفاده از سویچهای

حالت جامد است که شامل IGBT ها (که می توانند در بین پالس خاموش شوند) و SCR ها (که همه ی انرژی ذخیره شده را قبل از خاموش شدن آزاد می کنند) می شود. یک سویچ سریع و نامطبوع، استفاده از لامپ فلاش به عنوان سویچ است . با متوالی بستن آن با کویل، می تواند بدون سروصدا و تخریب (گرچه

فلاشی از نور وجود خواهد داشت (به مقدار زیادی از جریان اجازه ی عبور از کویل را بدهد. همانند هر لامپ

فلاشی، یونش گاز داخل لامپ تحت تأثیر یک ولتاژ بالا، جریان را برقرار می کند، لکن مقدار زیادی از انرژی به صورت گرما و نور هدر می رود، و چون لامپ نقش یک گاف جرقه را بازی می کند هنگامی که ولتاژ دو سر لامپ به اندازه ی کافی آفت کند لامپ، رسانش جریان را قطع می کند که این امر باعث می شود مقداری بار در

خازن باقی بماند.

علیرغم تحقیق و توسعه های فراوان انجام گرفته توسط جامعه ی آماتور و حرفه ای، هنوز باید بر موانع بزرگی

غلبه کرد. از بزرگترین محدودیتهای تفنگ کویلی اولاً سرعتی است که تح ت آن پرتابه ی فرومغناطیسی

بوسیله‌ی میدان مغناطیسی کاملاً اشباع می‌شود و ثانیاً سرعتی است که تحت آن اشباع شدگی مغناطیسی

خود را از دست می‌دهد. هنگامی که یک شیء فرومغناطیس کاملاً اشباع می‌شود میزان نیروی جاذبه‌ی وارد

بر آن از افزایش باز می‌ایستد. پارامترهای مشکلی که برای حداکثر بهره‌برداری از کار هر کویل باید در نظر

گرفت شامل تنظیم فاصله‌ی بین کویلها و نیز فاصله‌ی زمانی بین شروع جریان دهی به هر کویل است که باید

برحسب سرعتی که پرتابه در هر مرحله بدست می‌آورد و با در نظر گرفتن سرعت اشباع و از دست دادن

اشباع که در بالا گفته شد و میزان اصطکاک و مقاومت هوا محاسبه شود. همچنین وجود مقاومت الکتریکی

باعث تلف شدن درصد قابل توجهی از انرژی داده شده به کویل می‌شود. بر این مشکل با استفاده از مواد

ابریسانا می‌توان غلبه کرد که البته استفاده از این مواد مشکلات ویژه‌ی خود را به همراه دارد.

یک تفنگ ریلی تفنگی کاملاً الکتریکی است که به پرتابه‌های رسانا در امتداد یک جفت ریل فلزی شتاب

میدهد. در تفنگ ریلی از دو تماس الکتریکی لغزشی یا غلطشی که اجازتی عبور جریان الکتریکی بزرگی از

پرتابه را می‌دهد استفاده می‌شود. این جریان در تعاملی متقابل با میدان مغناطیسی قوی ایجاد شده

بوسیله‌ی ریل‌های حامل جریان، به پرتابه شتاب میدهد. آمریکا تفنگ ریلی‌ای را آزمایش کرده است که به

پرتابه‌های 3.5 کیلوگرمی سرعتی تا هفت برابر سرعت صوت میدهد.

یک تفنگ ریلی از دو ریل فلزی موازی متصل به یک منبع تغذیه الکتریکی تشکیل شده است. هنگامی که

یک پرتابه‌ی رسانا به میان دو ریل هدایت میشود مدار بسته میشود. الکترونها با شروع حرکت از پایانه‌ی

منفی منبع تغذیه در طول ریل منفی از بین پرتابه در طول ریل مثبت به پایانه

ی مثبت منبع تغذیه

بازمی گردند. این جریان باعث میشود که تفنگ ریلی شبیه یک آهنربای الکتریکی میدان مغناطیسی پر قدرتی

را در ناحیه ی بین ریلها ایجاد کند. میدان مغناطیسی بر طبق قانون دست راست، اطراف هر رسانایی در مدار

به وجود میآید. چون جهت جریان در دو ریل مخالف یکدیگر است میدان مغناطیسی خالص بین ریلها (B)

عمود بر سطح بین ریلهاست. چون جریان عبوری از پرتابه (I) در واقع عمود بر این میدان مغناطیسی است

یک نیروی لورنتس بر پرتابه وارد میشود که به آن در امتداد ریلها شتاب میدهد. همین نیرو همچنین بر ریلها

به طرف بیرون وارد میشود و سعی در باز کردن آنها از یکدیگر میکند، اما چون ریلها سگده به گونه ای پابرجا

مستحکم شده اند قادر به حرکت نیستند. پرتابه در امتداد ریلها به طرف انتهای مقابل منبع تغذیه میلغزد.

یک منبع تغذیهی بسیار بزرگ که جریانی از مرتبه ی میلیون آمپر فراهم میکند باعث اعمال نیرویی عظیم بر

پرتابه میشود که به آن شتابی در حد چند کیلومتر بر ثانیه میدهد. اما از طرفی گرمای ایجاد شده ی ناشی از

جریان الکتریکی و پیش رانش پرتابه کافی است که به سرعت ریلها را فرسوده کند. چنین تفنگ ریلی ای نیاز

به تعویض مکرر ریلها دارد یا در آن باید از یک ماده ی مقاوم در مقابل گرما استفاده شود که به اندازه ی

کافی رسانا باشد که همان اثر الکترومغناطیسی را ایجاد کند. با اعمال یک پالس الکتریکی شدید به یک تفنگ

ریلی عمل پرتاب پر قدرتی توسط این وسیله صورت می گیرد. ایده ی این اختراع علاوه بر اثر الکترومغناطیسی

فوق الذکر بر این مبنا استوار است که دو قطبیهای مغناطیسی ریز م محیط به سمت ناحیه ی شدید میدان

مغناطیسی ای که بر اثر عبور جریان در حلقه ایجاد می شود کشیده شده و فشار را در این قسمت افزایش

می دهند که متعاقباً این فشار افزایش یافته عمل پرتاب یک پرتابه را صورت می دهد. لذا لازم است به نقش

فشار هوا در پدیده دیامغناطیسم و نیز در جاذبه یا دافعه ی بین سیمهای حامل جریان اشاره شود.

به طور خلاصه اولاً میدان مغناطیسی ایجاد شده در بین و اطراف دو سیم حامل جریان موازی یا پادموازی

بهبگونه ای است که باعث جذب مولکولهای اکسیژن (که دارای دو قطبی های مغناطیسی با قدرتی قابل ملاحظه

در مقایسه با دیگر گازها می باشند) به سمت ناحیه های شدید این میدان می شوند و لذا فشار هوا را در آن

نواحی بالا برده و باعث جاذبه یا دافعه ی سیمها نسبت به یکدیگر، یا در واقع هل داده شدن به سمت یکدیگر

یا به سمت دور شدن از یکدیگر می شوند و این فرایند دقیقاً مشابه حالتی است که تئوری فوقالذکر رایج

الکترومغناطیس برای جاذبه و دافعه ی دو جریان موازی یا پادموازی پیشگویی می کند. ثانیاً، می دانیم که

اجسام از میدان های شدید مغناطیسی رانده می شوند که در صورتی که اجسام، خود خاصیت مغناطیسی

نداشته باشند که آنها را به طرف قسمت شدید میدان مغناطیسی جذب کند این پدیده به صورت دفع اجسام

از قطب ها یا نواحی شدید میدان مغناطیسی مشاهده می شود که به این پدیده دیامغناطیسم گفته می شود.

آنچه در رابطه با توجیه این پدیده باید ذکر کرد این است که مولکولهای اکسیژن هوای محیط آزمایش که

دارای دو قطبیهایی مغناطیسی هستند به سمت ناحیه ی شدید میدان مغناطیسی کشیده شده و در آنجا فشار برق آزمایشگاه پروژه

هوا را افزایش می دهند که این پدیده مشابه با قانون ارشمیدس باعث رانش اجسام واقع در این ناحیه کی شدید

مغناطیسی می شود. در پدیده‌ی جاذبه یا دافعه‌ی بین حاملین جریانهای الکتریکی به نظر میرسد نقش این

افزایش فشار هوا در جریانهای بسیار بزرگ مورد استفاده در تفنگ ریلی خیلی بیشتر از علت الکترومغناطیسی

مذکور باشد.

کتابخانه کارشناسی

فصل اول

پرتابه های الکترو مغناطیسی

در این متد با استفاده از خاصیت الکترو مغناطیس اجسام با اندازه های بزرگ را با سرعتهای بسیار بالا پرتاب

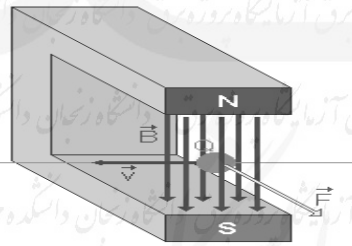
کرده و محدودیتهای بسیار زیاد پرتابه های شیمیایی را برطرف کرده اند

این پرتاب ها بر اساس همان قانون ساده فارادی که در دوران دبیرستان آموخته ایم استوار است اگر به خاطر

بیاورید در آنجا آموختیم که اگر سیمی حامل جریان در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد از طرف میدان

مغناطیسی بر آن نیرویی وارد میشود (نیروی لورنتز) و باعث حرکت آن میشود. اساس کار موتورهای الکتریکی

و عکس قانون ژنراتورها که اگر یک سیم در یک میدان مغناطیسی حرکت کند در آن جریان تولید میشود.



شکل 1 نیروی وارد بر ذره متحرک در میدان مغناطیسی

در این شیوه با استفاده از این نیروی الکترومغناطیسی تولید شده و قانون دوم نیوتون به جسم شتاب داده

شده و توانایی پرتاب بدست می آید در پرتابگرهای معمولی که با انرژیهای شیمیایی پرتاب می شوند

محدودیت سرعت 2000 متر بر ثانیه وجود دارد در حالی که با استفاده از الکترومغناطیس به سرعتهای در

حدود 6000 تا 7000 متر بر ثانیه دسترسی خواهیم داشت و همچنین کنترل پ ذیری سامانه را در حین

شلیک ممکن ساخته و سینماتیک حرکت پرتابه در درون سازه (لانچر) قابل کنترل است. این پرتابگرها در دو

نوع عمده ساخته میشوند:



شکل 2 ریلگان

کتابخانه دانشکده مهندسی

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.



منابع و مراجع

[1] MICHAEL DAY, PHILLIP, "OPERATION OF THE HERA RAILGUN FACILITY AT TEXAS TECH," Submitted

to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF SCIENCE IN ELECTRICAL ENGINEERING, pp.1-99, December, 1992

[2] Glenn E. Rolader, Lindsey D. Thomhill, Jad H. Batteh, and James J. Scanlon EI, "Electromagnetic Gun Circuit Analysis Code (EGCAC)", presented at the 6th, Symposium on Electromagnetic Launch Technology, Austin, TX, April, 1992.

[3] R. S. Hawke, W. J. Nellis, G. H. Newman, J. Rego, and A. R. Susoeff, "Summary of EML Launcher Experiments Performed At LLNL," presented at the 4th Symposium on Electromagnetic Launch Technology, Austin, TX, April, 1992.

[4] John E. Osher and Jerald V. Parker, "Guest Editorial: Introduction to this Special Issue on Electromagnetic Launchers," IEEE Trans. Magn., MAG-17, June 1989.