

مطالعه ی عوامل مؤثر بر سرعت پرتابگر مغناطیسی نخ بود در ماشین بافندگی و تهیه ی یک مدل آزمایشگاهی

سیدعباس میرجلیلی
استادیار

حسن مشروطه
مرتبی

دانشکده ی مهندسی نساجی، دانشگاه یزد

چکیده

بودگذاری در ماشین بافندگی موضوع مهمی است که به وسیله محققین بسیاری آن را مورد مطالعه قرار داده اند. تاکنون مکانیزم های مختلفی بدین منظور، طراحی و ایجاد شده است؛ هرچند بعضی از این سیستم ها به تولید تجاری نرسیده اند. مقاله ی حاضر نوعی سیستم بودگذار مغناطیسی را که بر اساس نیروی الکترومغناطیس عمل می کند، توضیح می دهد. این سیستم در حال حاضر به صورت یک مدل آزمایشگاهی طراحی و ساخته شده و تأثیر پارامترهای مؤثر بر سرعت پرتابگر در آن بررسی و مطالعه قرار شده است.

کلمات کلیدی

پرتابگر، مغناطیسی، بودگذاری، بافندگی

Design and Manufacturing an Electromagnetic Projectile Mechanism for Weft Insertion in a Loom

H Mashroteh
Instructor

S.A. Mirjalili
Assistant Professor

Textile Engineering Department, Yazd University

Abstract

Weft insertion in weaving is an important subject, which has been studied by different research workers. A number of mechanisms have been invented, designed, manufactured, developed and employed for this purpose. However, some of these systems have been commercialized. The present paper reports a magnetic weft inserting system, based on electromagnetic force, which was designed and manufactured as a model. Different features of the system and the parameters affecting in weft insertion are reported and discussed.

Keywords

Projectile, Magnetism, Weft Insertion, Weaving

مغناطیس فضای تحریک کننده‌ی خاصی است که به صورت میدان در اطراف یک بار الکتریکی متحرک ایجاد می‌شود. تحریک این فضا به گونه‌ای است که باعث اعمال نیروی جاذبه بر بار غیر هم‌نوع می‌شود و راستای نیروی حاصل از میدان مغناطیسی، همیشه بر راستای حرکت (سرعت) بار غیر هم‌نوع عمود است. به بیان دیگر: $\vec{V} \cdot \vec{F} = 0$.

مواد از الکترون‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها و سایر ذرات بنیادی موجود در هسته تشکیل شده‌اند که تعداد، ساختار و سرعت ذرات بنیادی متحرک خواص فیزیکی مواد مغناطیسی را تشکیل می‌دهد. مواد مختلف، خواص گوناگونی را در برابر میدان مغناطیسی خارجی از خود نشان می‌دهند. از جمله‌ی آنها مواد فرومغناطیس است که در حضور یک میدان مغناطیس ضعیف، با هم جهت شدن کلیه دو قطبی‌های موجود در آن با جهت میدان مغناطیسی، باعث ایجاد یک میدان مغناطیسی قوی می‌شوند و چگالی شار مغناطیسی در ماده افزایش زیادی می‌یابد. در نتیجه، جسم فرو مغناطیس به طرف میدان مغناطیسی خارجی جذب می‌شود و این نیروی جاذبه تا آنجا ادامه می‌یابد که نقطه‌ی دارای بیشترین شدت میدان مغناطیسی در داخل جسم فرومغناطیس بر نقطه‌ای که دارای بیشترین مقدار شدت میدان مغناطیسی خارجی است منطبق شود. بنابر این در صورتی که در هنگام حرکت و جذب جسم فرومغناطیس، اثر میدان مغناطیسی خارجی حذف شود می‌توان امیدوار بود که جسم فرومغناطیس با همان نیروی اعمال شده‌ی ناشی از تأثیر دو میدان بر یکدیگر، بتواند به حرکت خود ادامه دهد و در حقیقت جسم فرومغناطیس را از نقطه‌ی شروع به نقطه‌ی دیگری پرتاب کرد.

جسم پرتاب شونده و نیروی مغناطیس

به طور کلی دو روش مختلف ضربه‌ای و غیر ضربه‌ای برای پرتاب یک جسم کوچک به کمک نیروی مغناطیس وجود دارد. در این بررسی تلاش شده است که از روش غیر ضربه‌ای استفاده شود، چرا که در این روش احتمالاً از تعداد قطعات کمتری می‌توان استفاده کرد؛ یا به دلیل آنکه هیچ گونه برخورد فیزیکی با پرتابگر وجود ندارد، صدای کمتری ناشی از عمل پرتاب ایجاد خواهد شد. دیگر این که اتلاف انرژی، به خاطر نبود قطعات واسطه کمتر خواهد بود. به منظور بررسی روش غیر ضربه‌ای و نیروی حاصل از پدیده‌ی مغناطیس از جسم پرتاب شونده‌ی فلزی استفاده شده که ماده‌ی فرومغناطیس است. این جسم پرتاب شونده، همان پرتابگری است که در ماشین بافندگی ساخت شرکت سولزر از آن استفاده شده است، با این تفاوت که در ماشین بافندگی سولزر توسط ضربه‌ی مکانیکی حاصل از پیچش یک میله‌ی پیچشی پرتاب می‌گردد.

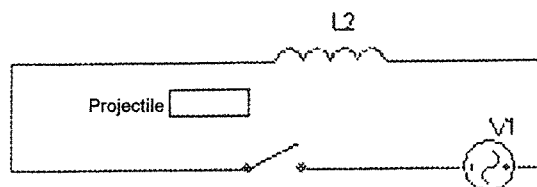
بر اساس علم مغناطیس، در روش غیر ضربه‌ای می‌توان از سه روش زیر برای پرتاب یک جسم استفاده کرد.

۱ - استفاده از پرتابگر رسانا که طبق رابطه‌ی $F = L I B$ در هر لحظه می‌توان نیروی پرتاب را با تغییر عوامل مؤثر تغییر داد. در این رابطه F نیروی حاصل از میدان (مغناطیسی)، L طول سیم پیچ، I شدت جریان و B شدت میدان مغناطیسی است. مشکل اساسی این روش، الزامی بودن برقراری یک جریان دائمی در پرتابگر هنگام پرتاب است [۱].

۲ - استفاده از پرتابگر ساخته شده از آهن ربای دائمی که می‌تواند توسط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم پیچ جذب یا دفع شود. اما مشکل اصلی آن از دست رفتن تدریجی خاصیت آهن ربایی پرتابگر و جذب سریع گرد و غبار و فلزات به خاطر خاصیت آهن ربایی است که می‌تواند مشکلاتی را هنگام بافت پارچه بوجود آورد [۲ و ۱].

۳ - استفاده از پرتابگر فرومغناطیس که بر اساس نحوه‌ی حرکت پرتابگر در یک ماشین بافندگی مناسب‌ترین روش به نظر می‌رسد. چرا که جسم فرومغناطیس به سمت نقطه‌ای که دارای قویترین میدان مغناطیسی (مرکزی پیچ) است، جذب می‌شود. در صورتی که جریان الکتریسیته‌ی سیم پیچ همچنان برقرار باشد، پرتابگر بعد از یک حرکت نوسانی در داخل سیم پیچ، در مرکز آن به حالت سکون در می‌آید. برای رفع این مشکل باید هنگامی که مرکز پرتابگر با مرکز سیم پیچ منطبق شد، جریان قطع شود. در این صورت پرتابگر با نیروی حاصل از جذب به حرکت خود در مسیر تعیین شده ادامه می‌دهد و در واقع پرتاب می‌شود [۱]. به دلیل نفوذپذیری مغناطیسی قابل توجه در مواد فرومغناطیس، نزدیک کردن پرتابگر به یک میدان مغناطیسی خارجی، شدت میدان مغناطیسی القا شده را در آن دست کم ۲۰۰۰ برابر افزایش می‌دهد. این افزایش کافی است تا پرتابگر با سرعت مناسب به داخل میدان مغناطیسی خارجی جذب شود [۱].

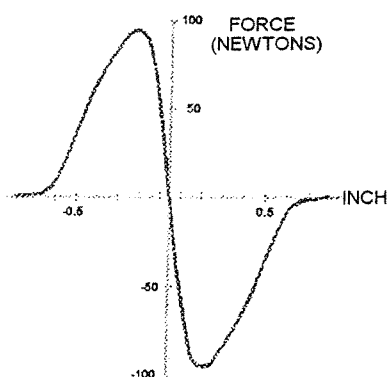
شکل (۱) موقعیت نسبی مکان پرتابگر را نسبت به یک میدان مغناطیسی که با برق ۲۲۰ ولت متناوب تغذیه می‌شود،



شکل (۱): موقعیت نسبی مکان پرتابگر نسبت به میدان مغناطیسی در روش غیر ضربه‌ای با پرتابگر فرومغناطیس.

همانگونه که در شکل (۱) مشاهده می‌کنید با قرار گرفتن یک جسم فرومغناطیس در محدوده‌ی میدان مغناطیسی، جسم به داخل مسیر مغناطیسی جذب می‌شود و در صورت قطع جریان مولد میدان مغناطیسی می‌تواند با شتاب محرکه حاصل از جذب به حرکت خود ادامه دهد و در واقع در مسیر جذب شده‌ی اولیه پرتاب شود. این مدار ساده می‌تواند پرتابگر را با سرعتی حدود ۱۰ متر بر ثانیه پرتاب کند. البته به دلیل پدیده‌ی تداخل میدان‌های مغناطیسی ناشی از سیم پیچ و القای آن در جسم فرومغناطیس، پرتابگر پس از چند سانتیمتر حرکت موقعی که در وسط سیم‌پیچ به نقطه‌ی انطباق دو میدان بر یکدیگر می‌رسد، متوقف می‌شود. بنابراین برای ادامه‌ی حرکت پرتابگر ضروری است که جریان برق قطع شود تا میدان مغناطیسی حاصل از بین برود؛ زیرا این میدان با ادامه‌ی حرکت پرتابگر مخالفت می‌کند و آن را به داخل سیم‌پیچ بر می‌گرداند.

شکل (۲) نیروی وارد بر پرتابگر را در مقابل فاصله‌ی بین مراکز پرتابگر و سیم‌پیچ نشان می‌دهد. در شکل، هنگامی که مراکز پرتابگر و سیم‌پیچ بر یکدیگر منطبق شود ($X=0$)، نیروی وارد بر پرتابگر در اثر القای مغناطیسی برابر صفر است. در حقیقت برای ادامه حرکت پرتابگر باید در موقعیت ($X=0$) جریان الکتریسیته مولد سیم‌پیچ را قطع کرد.

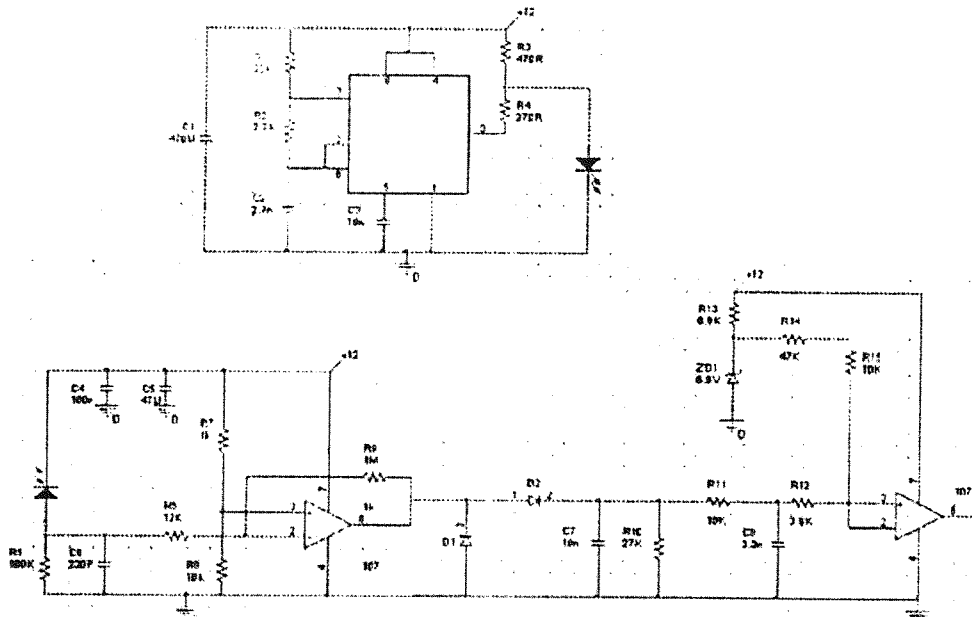


شکل (۲): تغییرات نیروی وارده بر پرتابگر بر حسب فاصله‌ی بین مرکز پرتابگر و مرکز سیم‌پیچ.

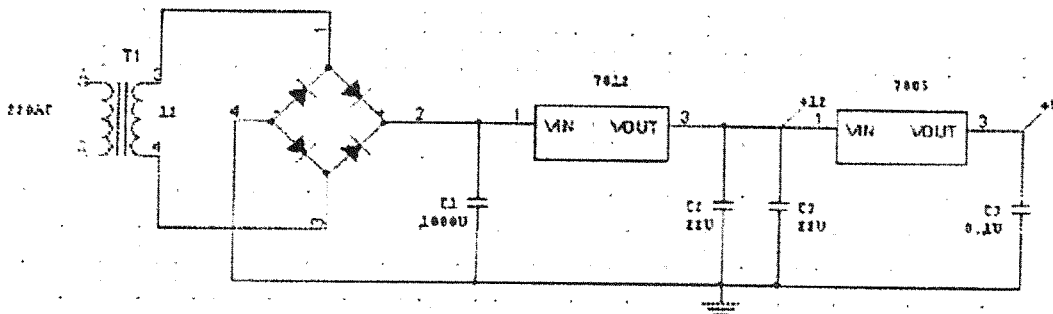
برای قطع جریان، می‌توان از کلیدهای الکترومکانیکی استفاده کرد که به دلیل محدودیت‌های مختلف، استفاده‌ی عملی از آن در مدت طولانی مناسب نیست. بنابراین به جای کلید از یک جفت حسگر نوری مادون قرمز از نوع دیودی برای تشخیص وجود پرتابگر استفاده شده است. نوع دیودی این حسگر، دارای سرعت بالاست و محدودیتی را ایجاد نخواهد کرد. شکل‌های (۳) و (۴) مدارهای حسگر و منبع تغذیه‌ی مربوط به آن را نشان می‌دهد [۳].

سرعت مناسب پرتاب پرتابگر مستلزم عبور جریان نسبتاً زیاد در حدود ۱۵۰ آمپر از سیم پیچ است. این جریان زیاد در هنگام قطع و وصل مجدد در مدار حسگر نوری باعث اتلاف انرژی و ایجاد گرمای زیاد می‌شود. بنابراین به کمک یک ترانس مناسب، مقدار جریان مورد نیاز تأمین و به کمک یک رله در کنار حسگر نوری از اتلاف انرژی زیاد جلوگیری شده است.

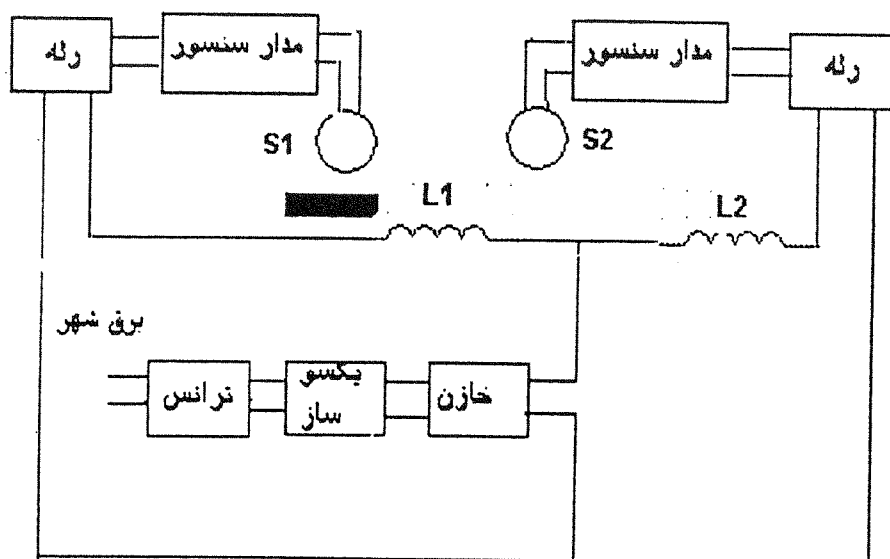
شکل (۵) نمای یک مدار تهیه شده، برای پرتاب پرتابگر را نشان می‌دهد. همان گونه که در شکل می‌بینید برای تقویت جریان تغذیه شده از برق شهر، از ترانس، یکسوساز و خازن استفاده شده است.



شکل (۳): مدار حسگر نوری مادون قرمز دیودی.

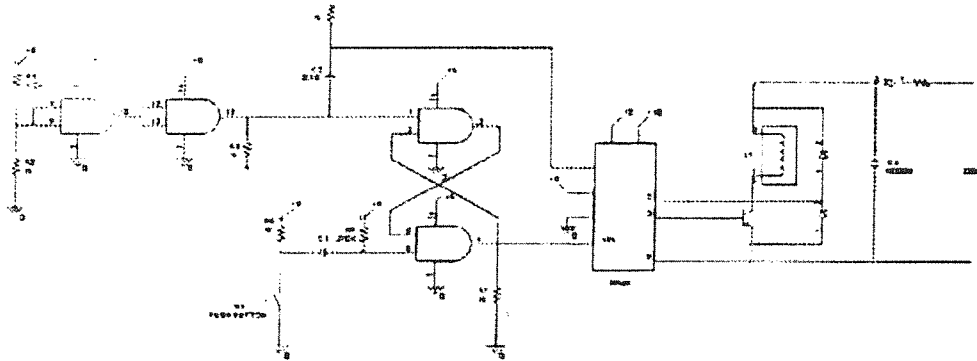


شکل (۴): مدار منبع تغذیه‌ی حسگر نوری مادون قرمز دیودی.

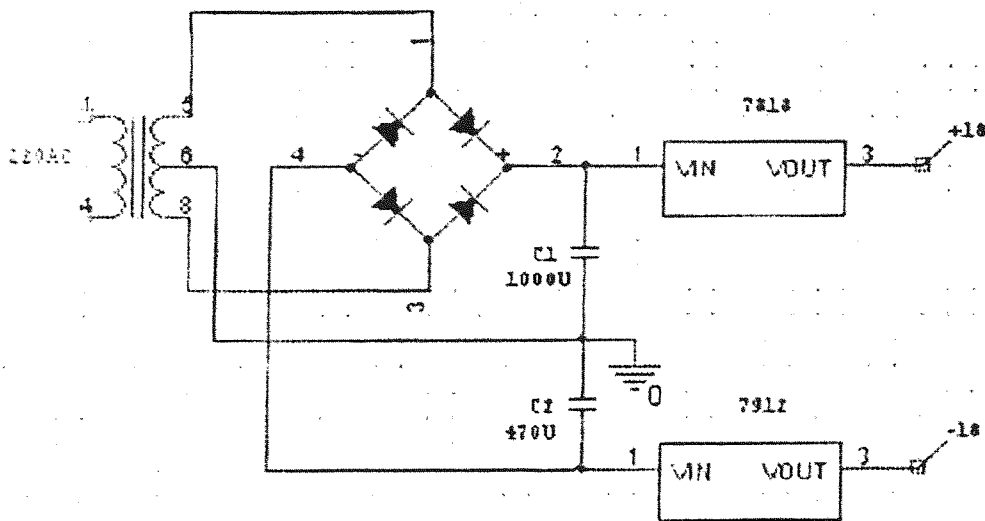


شکل (۵): نمای مدار پرتابگر پرتابگر.

آزمایشهای اولیه نشان می‌دهد که هر چه قطع و وصل جریان سریعتر و در زمان مناسبتر صورت گیرد، پرتابگر سرعت بیشتری خواهد داشت. ضمناً می‌توان از دو مجموعه‌ی سیم پیچ و رله استفاده کرد. البته این امر مستلزم استفاده از خازن‌های با ظرفیت بالاتر از $600\mu f$ است که در آزمایشات نخستین از آنها استفاده شده است. از این رو در ادامه‌ی کار، استفاده از مدار IGBT مورد توجه است [۴]. این مدار قطع و وصل، می‌تواند جریان 150 آمپر و ولتاژ 1200 ولت را تحمل کند و منبع تغذیه‌ی آن یک خازن 400 ولت $10000\mu f$ است که با برق شهر شارژ می‌شود. مدارهای کلیدزنی IGBT و منبع تغذیه‌ی مربوط به آن در شکل‌های (۶) و (۷) مشخص است.



شکل (۶): مدار سوئیچینگ IGBT.



شکل (۷): مدار منبع تغذیه سوئیچینگ IGBT.

سرعت پرتابگر و عوامل مؤثر بر آن

معادله‌ی زیر ارتباط انرژی مصرفی روش مورد استفاده در این سیستم را با سرعت پرتابگر نشان می‌دهد [۴۱].

$$W - W_R = FL + \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

که در آن W انرژی مصرفی، F نیروی مقاومت هوا و اصطکاک، W_R تلفات اهمی، m جرم پرتابگر، L طول تماس پرتابگر باسیم‌پیچ و v سرعت پرتابگر است.

این معادله نشان می‌دهد در صورت افزایش $(W - W_R)$ و با ثابت ماندن پارامترهای $(L, F \& m)$ سرعت پرتابگر V افزایش می‌یابد.

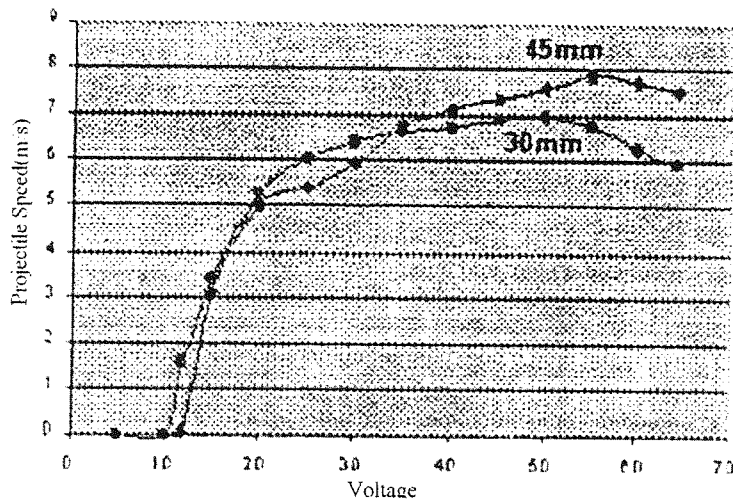
افزایش $(W - W_R)$ در اثر کاهش تلفات اهمی W_R به وجود می‌آید. به عبارت دیگر باید از مدارهای قطع و وصلی استفاده کرد که کمترین تلفات انرژی را داشته باشد.

در این قسمت، پارامترهای الکتریکی مؤثر بر سرعت پرتابگر که در این تحقیق مطالعه شده است، شرح داده می‌شوند.

الف - ولتاژ خازن

نمودار شکل (۸) تأثیر ولتاژ خازن بر سرعت پرتابگر را برای دو پرتابگر مختلف که به ترتیب طولی برابر ۳۰ و ۴۵ میلی متر

دارند، نشان می‌دهد.

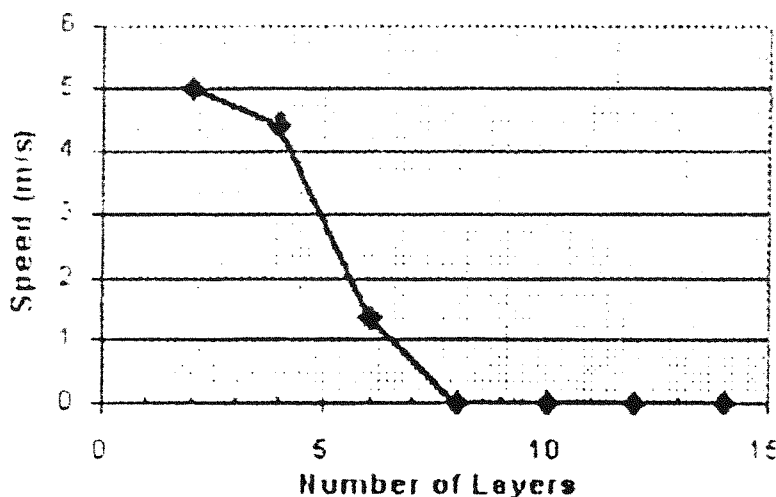


شکل (۸): نمودار تأثیر ولتاژ خازن بر سرعت پرتابگر.

در ولتاژهای بالاتر از ۶۰ ولت سرعت پرتابگر دچار افت شدید پیدا می‌کند. به بیان دیگر افزایش ولتاژ تنها باعث کاهش راندمان تبدیل انرژی می‌شود [۵].

ب - تعداد لایه‌های سیم پیچ

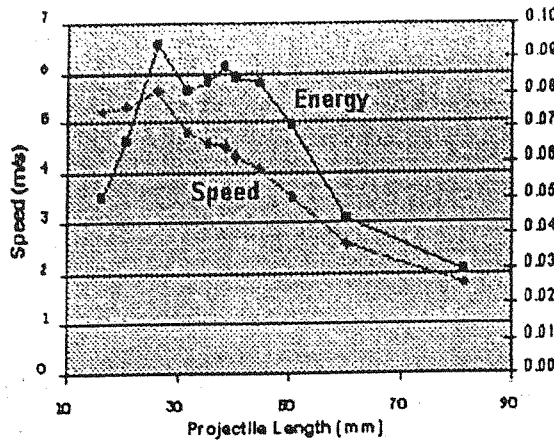
این تأثیر در ولتاژ ۲۴ ولت خروجی ترانس و با استفاده از غلاف آهنی بررسی شده است که نمودار شکل (۹) ارتباط آن را با سرعت پرتابگر نشان می‌دهد. در نمودار مشخص است که بهترین نتایج با سیم پیچ دولایه‌ای به دست می‌آید. در حقیقت با افزایش تعداد لایه‌های سیم پیچ، سرعت پرتابگر کم می‌شود. چرا که در اندوکتانس زیاد، میدان مغناطیسی پس از قطع جریان به مدت طولانی باقی می‌ماند و این پرتابگر را در وسط سیم پیچ نگه می‌دارد [۶ و ۵].



شکل (۹): نمودار تأثیر تعداد لایه سیم پیچ بر سرعت پرتابگر.

ج - طول پرتابگر

پرتابگرهای کوتاهتر بانبروی یکسان، دارای شتاب بیشتری هستند اما در عوض طول کمتری از آنها در میدان مغناطیسی قرار دارند که می‌تواند باعث کاهش تأثیر میدان مغناطیسی بر روی آن شود [۵]. شکل (۱۰) تأثیر طول پرتابگر از ۱۵ تا ۸۰ میلی‌متر بر سرعت پرتابگر را نشان می‌دهد.

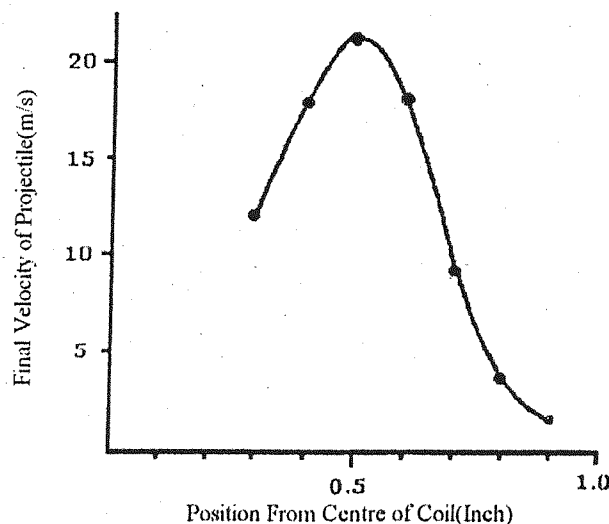


شکل (۱۰): نمودار تأثیر طول پرتابگر بر سرعت پرتابگر.

برای تهیه‌ی پرتابگر با طول‌های مختلف، یک پرتابگر به طول ۸۰ میلی‌متر تهیه و در هر مرحله بعد از اجرای آزمایش، قسمتی از انتهای آن بریده شد تا طول پرتابگر مورد نظر حاصل شود.

د - موقعیت حسگر

مهم‌ترین عامل مؤثر بر سرعت پرتابگر، تنظیم مکان قرار گرفتن (مکان استارت) حسگر قطع و وصل جریان است. همان‌گونه که مشخص است با انتخاب صحیح پارامترهای مؤثر قبلی (استفاده از ولتاژ ۶۰ ولت برای خازن که به وسیله کنترل مدار ترانس ورودی اجرا می‌شود، استفاده از دو لایه برای سیم پیچ و نیز استفاده از پرتابگر با طول حدود ۲۶ میلی‌متر) و انتخاب محل صحیح حسگر، می‌توان سرعت پرتابگر را تا حدود ۲۱ متر بر ثانیه افزایش داد [۶ و ۵]. این سرعت، بسیار نزدیک به سرعت پرتابگر در سیستم ضربه‌ای متداول در ماشین‌های بافندگی سولزر است که انرژی آن توسط یک میله پیچشی تأمین می‌شود [۷]. شکل (۱۱) سرعت پرتابگر را در موقعیت‌های مختلف مکانی حسگر نشان می‌دهد. به بیان دیگر بهترین محل سنسور، حدود ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر (۰/۵ اینچ) از لبه‌ی سیم پیچ است.



شکل (۱۱): نمودار سرعت پرتابگر با توجه به محل حسگر.

طراحی و ساخت مدل آزمایشگاهی پرتابگر مغناطیسی

با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش‌ها، مشخصات سیم پیچ به شرح زیر انتخاب شده است:

مقاومت سیم پیچ: $1/3$ اهم

اندوکتانس سیم پیچ بدون پرتابگر: $10^{-3} \times 1/9$ هنری

اندوکتانس سیم پیچ با پرتابگر (حداکثر اندوکتانس): $10^{-3} \times 4/4$ هنری

قطر سیم مصرفی: ۱ میلی متر

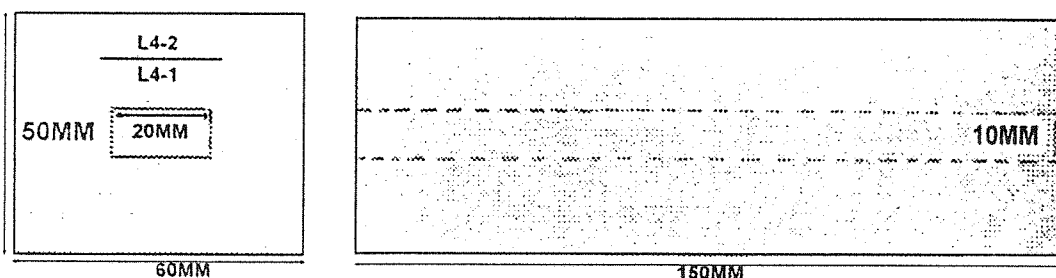
تعداد دور سیم پیچ: ۱۰۲۰ دور

طول سیم پیچ: ۱۵۰ میلی متر

ثابت زمانی مدار: $10^{-3} \times 1/46$ ثانیه

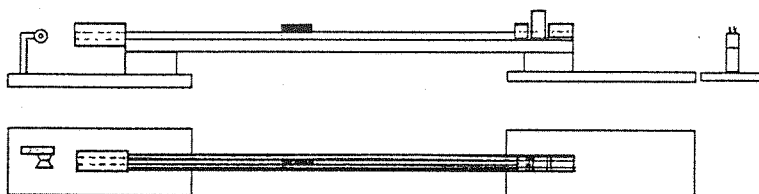
جنس قرقره‌ی (تیوب) سیم پیچ: آلومینیوم

شکل (۱۲) ابعاد و سطح مقطع سیم پیچ را نشان می‌دهد.



شکل (۱۲): ابعاد و سطح مقطع سیم پیچ سیستم مورد استفاده.

ریل مسیر پرتابگر و سیستم ترمز پرتابگر (که از آن در طرف مقابل سمت پرتاب استفاده می‌شود) در شکل (۱۳) نشان داده شده است. چرا که پرتابگر پس از پرتاب می‌بایست بصورت مستقیم حرکت کند و در طرف دیگر ماشین بافندگی بایستد. در شکل (۱۳) مشخص است که قبل از سیم‌پیچ یک سیستم کشش نخ دیسکی فنری تعبیه شده است، تاب‌توان با اعمال کشش به نخ پرتاب شده، شرایط موجود در ماشین بافندگی را بر روی مدل آزمایشگاهی به وجود آورد.



شکل (۱۳): ریل مسیر حرکت پرتابگر.

نتیجه‌گیری

پس از مطالعات و اجرای آزمایش‌های لازم و مدل‌سازی سیستم پرتاب مشخص می‌شود که

- ۱- جریان سیم پیچ باید بیشترین مقدار ممکن باشد،
- ۲- سرعت قطع و وصل مولد، بالاترین حد ممکن باشد،
- ۳- غلاف سیم پیچ پرتابگر به صورت پودری باشد، هم چنین از جنسی انتخاب شود که دارای نفوذ پذیری مغناطیسی زیاد و نیز مقاومت ویژه بالا باشد،
- ۴- ثابت زمانی مدار، کمترین مقدار ممکن باشد.

مراجع

- [۱] جان فردریک و سیلفورد رابرت، "مبانی نظریه الکترومغناطیس"، ترجمه‌ی جلال صمیمی و ابوالقاسم جمشیدی پور و ناصر علیزاده قمصری، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول، ۱۳۶۸
- [۲] هوشمند بهزادان و شاهپور وزیر دفتری، "مکانیزم و تکنولوژی ماشینهای بافندگی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ سوم، ۱۳۷۸
- [۳] ماتسون، "مدارهای کاربردی الکترونیک نوری"، ترجمه پویک محبت زاده، کانون نشر علوم، ۱۳۷۷
- [۴] محمد رشید، "الکترونیک قدرت"، ترجمه ابراهیم افمه ای و مجید مهاجر، نوپردازان، چاپ دوم، ۱۳۷۸
- [5] <http://www.oz.ont/Ncolgun/home.htm>
- [6] <http://www.web2.iadfw.net/jd4usa/index.htm>
- [7] Allan Romerod, Walters Sondhelm, "Weaving: Technology and Operation", The Textile Institute, England, 1995

