مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱۳۷۸ / ۷ / ۱۲

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکدهٔ مهندسی برق

شبیه‌سازی منابع تغذیه پالسی جهت مصارف خاص

نگارش : حاجی‌قربان بیاتی

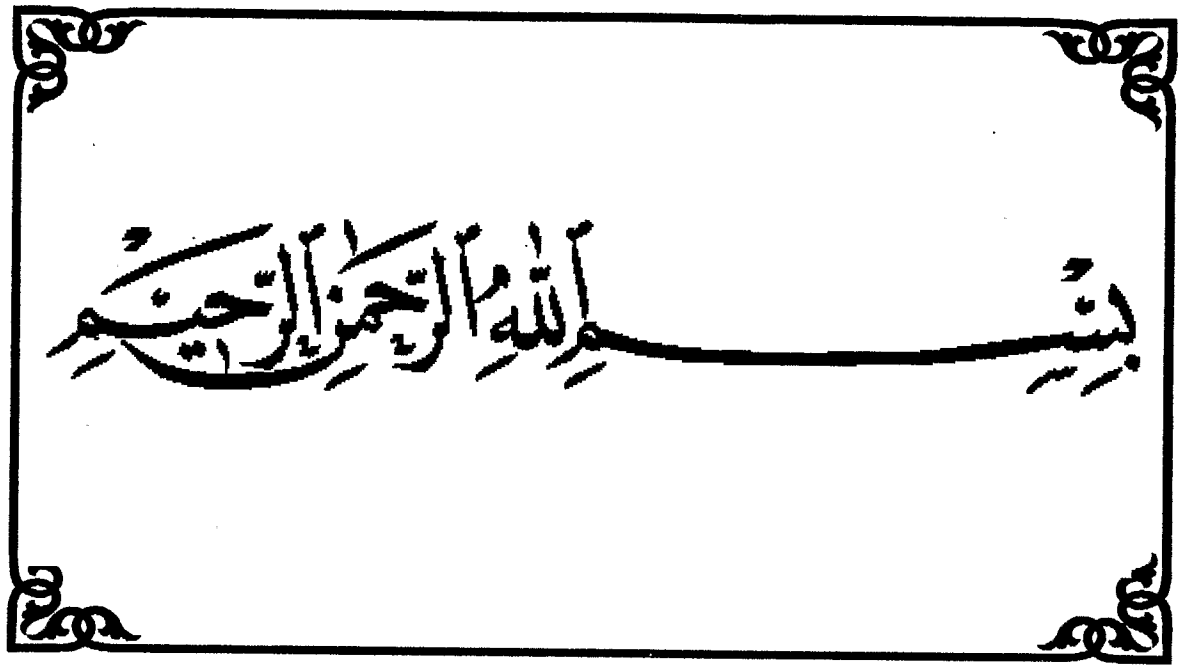
پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشتهٔ مهندسی برق-قدرت

استاد راهنما: دکتر عباس شولائی

4036

آبان‌ماه ۱۳۷۷


بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر و مادر گرامی

و نیز به برادران بزرگوارم که مرا درراه تحصیل یاری نموده‌اند.

چکیده

امروزه پرتاب کننده‌های الکترو مغناطیسی مختلف بدلایل زیادی از جمله قابلیت انعطاف بالا و نیز توانایی‌های فوق العاده ، نظر بسیاری از محققان را بخود جلب نموده اند که ساده ترین آنها نوع ریلی است .کاربرد عمده آنها در شکافت هسته ای و پرتاب موشکها و نیز در تجهیزات نظامی‌می‌باشد. مهمترین قسمت این پرتاب کننده‌ها منبع تغذیه پالسی‌آنها می‌باشد. از بین چندین نوع منبع تغذیه پالسی، منابع پالسی خازنی به دلیل قدمت و نیز تکنولوژی توسعه یافته شان بیشتر بکار میروند. در این پروژه ابتدا انواع منابع تغذیه پالسی معرفی می‌شوند، سپس دلایل محدودیت سرعت و نیز پائین بودن راندمان شتاب دهنده‌های ریلی تغذیه در انتها مورد بررسی قرار می‌گیرد . در ادامه منابع تغذیه توزیع شده که مشکلات فوق را ندارند مطالعه می‌گردند. همچنین مشکلات کلید زنی جریانهای بالای منابع پالسی، بررسی شده ، استفاده از ترانسفورماتور پالس برای پائین آوردن جریان کلیدزنی پیشنهاد می‌گردد . ابتدا منابع تغذیه پالسی توزیع شده خازنی، سپس منابع تغذیه پالسی خازنی به همراه ترانسفورماتور پالس شبیه سازی میگردند . در نهایت نتایج شبیه سازیهای انجام شده با نتایج شبیه سازی و یا آزمایشگاهی مقالات IEEE مقایسه می‌شود .

تشکر و قدر دانی:

بدین وسیله از جناب آقای دکتر عباس شولائی که در انجام این پروژه و تنظیم متن آن اینجانب را یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدر دانی میگردد. همچنین از اعضای محترم هیأت داوری آقایان دکتر رمضانپور، دکتر شرکت‌معصوم، دکتر رحمتی که زحمت مطالعه و ارزیابی این پایان‌نامه را متحمل گردیده‌اند، کمال تشکر را دارم.

تقدیر و تشکر:

تمام مراحل پروژه در آزمایشگاه در دانشگاه علم وصنعت انجام گردیده است که در اینجا لازم است از مدیریت آن، آقای دکتر شولائی بدلیل فراهم نمودن امکانات لازم تشکر و قدردانی گردد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول : مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم : معرفی و کاربردهای منابع تغذیه قدرت پالسی و انواع آن

۲ . ۱ روند کار ۵

۲ . ۲ کاربردهای منابع تغذیه پالسی ٦

۲ . ۳ انواع منابع تغذیه قدرت پالسی ۸

۲ . ۳ . ۱ منابع پالسی سلفی ۸

۲ . ۳ . ۲ مولدهای مگنتوهیدرودینامیك(*MHD*)..... ۱۰

۲ . ۳ . ۳ آلترناتورهای پالسی جبران شده ۱۱

۲ . ۳ . ٤ باتریها ۱۵

۲ . ۳ . ٥ مولدهای آسنکرون پالسی ۱۷

۲ . ۳ . ٦ مولدهای هموپلار(تك قطبی) ۱۸

۲ . ۳ . ۷ مولدهای خطی پالسی ۲۲

۲ . ۳ . ۸ آلترناتورهای پالسی دیسکی ۲٤

۲ . ۳ . ۹ منابع تغذیه پالسی خازنی ۲٦

فصل سوم : بررسی و تحلیل منابع تغذیه پالسی توزیع شده خازنی و کاربرد ترانسفورماتور پالس در این منابع

۳ . ۱ منابع تغذیه توزیع شده پالسی ۲۹

۳ . ۲ انرژی القایی درون ریل ۳۰

عنوان | صفحه

۳ . ۳ تلفات اهمی ریلها ۳۱
۳ . ٤ محدودیت سرعت شتاب دهنده ریلی ۳۲
۳ . ٥ روشهای حل مسئله محدودیت سرعت ۳٤
۳ . ٥ . ۱ شتاب دهنده ریلی با ریل تو در تو ۳٥
۳ . ٥ . ۲ سیستم تغذیه انرژی خیلی توزیع شده ۳٦
۳ . ٦ ولتاژ ریل تا ریل در شتاب دهنده ریلی با تغذیه در انتها ۳۷
۳ . ۷ ولتاژ ریل تا ریل در شتاب دهنده ریلی UDESS ۳۸
۳ . ۸ محاسبه نیروی شتاب دهنده ریلی با وجود قوسهای ثانویه (آرمیچرهای ثانویه) ۳۹
۳ . ۸ . ۱ مدل شتاب دهنده ریلی سیمی ٤۰
۳ . ۸ . ۲ مدل قوس ثانویه (آرمیچر ثانویه) ٤۳
۳ . ۹ حالت حدی ذخیره‌کننده‌های انرژی توزیع شده در شتاب دهنده ریلی ٤۹
۳ . ۹ . ۱ تحلیل مدل حدی ٥۰
۳ . ۱۰ تحلیل منابع تغذیه توزیع شدهٔ خازنی ٥٤
۳ . ۱۰ . ۱ معادلات کلی مدار ٥٥
۳ . ۱۱ بهبود نیروی جلوبرنده با کمی تاخیر در عمل کلیدزنی ٥۸
۳ . ۱۲ شارژ بانکهای خازنی در سیستمهای قدرت پالسی ٦۱
۳ . ۱۲ . ۱ مرحله شارژ باتری ٦۲
۳ . ۱۲ . ۲ مرحله شارژ خازن ٦۳
۳ . ۱۳ ترانسفورماتور پالس ٦۷
۳ . ۱۳ . ۱ کاربرد ترانسفورماتور پالس همراه کلید قطع‌کننده ٦۸
۳ . ۱۳ . ۲ کاربرد ترانسفورماتور پالس همراه کلیدهای وصل‌شونده ۷۰
۳ . ۱٤ ترانسفورماتور با سیم‌بندیهای صفحه موازی ۷۱
۳ . ۱٤ . ۱ سیم‌پیچی ها ۷۲
۳ . ۱٤ . ۲ عایق بندی ۷۳

عنوان | صفحه

۳ . ۱٤ . ۳ طراحی مکانیکی ۷٤

فصل چهارم: شبیه‌سازی

٤ . ۱ حالتهای شبیه‌سازی شده ۷٥

٤ . ۲ حالت اول: طبقات با پارامترهای یکسان ۷٥

٤ . ۲ . ۱ منظور کردن رابطه نیرو با نسبت X به پهنای ریل در شبیه‌سازی ۸۱

٤ . ۲ . ۲ استفاده از ترانسفورماتور پالس در شبیه‌سازی منابع تغذیه توزیع شده ۸۱

٤ .۳ حالت دوم: طبقات با پارامترهای مختلف ۸۲

٤ . ۳ . ۱ اعمال تغییرات مقاومت و اندوکتانس واحدهای *PFN* در شبیه‌سازی..... ۸٦

٤ . ٤ حالت سوم: منابع تغذیه پالسی همراه ترانسفورماتور پالس ۸۸

فصل پنجم: بررسی نتایج شبیه سازی و مقایسه آنها با نتایج مقالات IEEE

بررسی نتایج شبیه سازی و مقایسه آنها با نتایج مقالات *IEEE* ۹۲

نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۷

مراجع ۱۱۸

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

فصل دوم

شکل ۲ . ۱ اجزاء تشکیل دهنده منابع تغذیه قدرت پالسی ۵

شکل ۲ . ۲ انواع شتاب دهنده ها در کاربردهای پرتاب زمین به هوا ۷

شکل ۲ . ۳ آلترناتورهای پالسی تك فاز و سه فاز بهمراه شکل موجهای آنها ۱۳

شکل ۲ . ٤ مقاومت داخلی باتریهای مختلف ۱٦

شکل۲ . ٥ مدار مولد هموپلار هسته هوایی خودتحریك ۱۹

شکل ۲ . ٦ مراحل عملکرد مولدهای خطی پالسی ۲۲

شکل ۲ . ۷ مولدهای پالسی احتراقی ۲۳

شکل ۲ . ۸ چگالی انرژی مولدهای خطی پالسی احتراقی ۲٤

شکل ۲ . ۹ انتقال قدرت در آلترناتورهای پالسی دیسکی ۲٥

شکل ۲ . ۱۰ پیشرفت چگالی انرژی منابع تغذیه پالسی ۲۸

فصل سوم

شکل ۳ . ۱ نمایش شماتیکی از میدان مغناطیسی درون شتاب دهنده ریلی با تغذیه در انتها و شتاب دهنده ریلی با تغذیه توزیع شده در لحظات متوالی در طی شتاب ۳۱

شکل ۳ . ۲ دو روش اصلی برای جلوگیری از تشکیل ثانویه ها ۳٤

شکل ۳ . ۳ شتاب دهنده ریلی با تغذیه توزیع شده بهمراه ریلهای تودرتو ۳٦

شکل ۳ . ٤ منابع تغذیه خیلی توزیع شده ۳۷

شکل ۳ . ٥ شتاب دهنده ریلی با تغذیه در انتها ۳۸

شکل ۳ . ٦ هندسه شتاب دهنده ریلی فرضی ٤۱

عنوان | صفحه

شکل ۳ . ۷ سیستم متناظر با شتاب دهنده ریلی فرضی برای محاسبات پتانسیل برداری ۴۲

شکل ۳ . ۸ هندسه مدل برای محاسبه پتانسیل برداری قوس اولیه با وجود قوس ثانویه ۴۴

شکل ۳ . ۹ هندسه مدل برای محاسبه پتانسیل برداری قوس ثانویه ۴۴

شکل ۳ . ۱۰ هندسه مدل برای محاسبه تزویج متقابل بین قوسهای اولیه و ثانویه ۴۵

شکل ۳ . ۱۱ مدار معادل شتاب دهنده ریلی با وجود قوسهای ثانویه ۴۶

شکل ۳ . ۱۲ رفتار L' بصورت تابعی ازفاصله ازته ریل ۴۷

شکل ۳ . ۱۳ رفتار مجانبی هر مؤلفه از نیروی عمل کننده روی اولیه و ثانویه ۴۷

شکل ۳ . ۱۴ رفتار نیروها روی قوسهای اولیه و ثانویه ۴۸

شکل ۳ . ۱۵ شتاب دهنده ریلی با ذخیره سازهای انرژی در فواصل ۵۰

شکل ۳ . ۱۶ شکل موجهای کلی متغیرها ۵۱

شکل ۳ . ۱۷ جریان ذخیره کننده انرژی درشتاب دهنده ریلی با تغذیه توزیع شده (حالت حدی) ۵۳

شکل ۳ . ۱۸ شماتیکی از یك شتاب‌دهنده ریلی یك طبقه ۵۴

شکل ۳ . ۱۹ منابع انرژی چند تایی برای شتاب دهنده‌های ریلی ۵۵

شکل ۳ . ۲۰ شماتیکی از مدل عناصر شتاب‌دهنده ریلی با منابع خازنی توزیع شده ۵۶

شکل ۳ . ۲۱ کلید زنی جریان در شتاب‌دهنده ریلی ۵۹

شکل ۳ . ۲۲ نسبت نیروی جلوبرنده بصورت تابعی از حرکت پرتابه برای یك پله افزایش در جریان آرمیچر ۶۰

شکل ۳ . ۲۳ ریلهای مورد نیاز جهت حمل جریان برای چهار کالیبر پشت آرمیچر ۶۱

شکل ۳ . ۲۴ شماتیك سیستم قدرت ۶۲

شکل ۳ . ۲۵ شماتیك شارژ خازن ۶۴

شکل ۳ . ۲۶ بلوك دیاگرام سیستمهای شارژ جریان ثابت ۶۷

شکل ۳ . ۲۷ منبع و ترانسفورماتور پالس تغذیه‌کننده شتاب‌دهنده ریلی ۶۸

شکل ۳ . ۲۸ منبع تغذیه شتاب‌دهنده ریلی همراه ترانسفورماتور پالس با کلید وصل‌کننده ۷۰

عنوان | صفحه

شکل ۳ . ۲۹ ترانسفورماتور با سیم‌بندیهای صفحه موازی ۷۱

فصل چهارم

شکل ٤ . ۱ مدل مداری منابع تغذیه توزیع شده خازنی ۷٦
شکل ٤ . ۲ روند نمای شبیه سازی منابع تغذیه توزیع شده با پارامترهای یکسان در هرکدام از طبقات مختلف ۸۰
شکل ٤ . ۳ دیاگرام مداری منابع تغذیه توزیع شده با پارامترهای مختلف در هر طبقه ۸۲
شکل ٤ . ٤ روند نمای شبیه‌سازی منابع تغذیه توزیع شده با پارامترهای مختلف در طبقات ... ۸۵
شکل ٤ . ٥ منظور نمودن تغییرات مقاومت و اندوکتانس واحدهای PFN در شبیه‌سازی ۸۷
شکل ٤ . ٦ شتاب‌دهنده ریلی دو طبقه به همراه ترانسفورماتور پالس ۸۸
شکل ٤ . ۷ مدار معادل منبع تغذیه پالسی به همراه ترانسفورماتور پالس و بار (شتاب دهنده ریلی) ۸۹
شکل ٤ . ۸ شبیه سازی منبع تغذیه پالسی خازنی به همراه ترانسفورماتور پالس و بار(شتاب‌دهنده ریلی) در دو حالت ایده آل و غیر ایده آل بودن ترانسفورماتور ۹۱

فصل پنجم

شکل ٥ . ۱ شبیه‌سازی شتاب‌دهنده ریلی یك طبقه.....۹۳
شکل ٥ . ۲ جریان شتاب‌دهنده ریلی یك طبقه ۹۳
شکل ٥ . ۳ منحنی سرعت پرتابه در شتاب‌دهنده ریلی یك طب‌بقه ۳۹
شکل ٥ . ٤ جریان آرمیچر بهمراه جریان طبقات ۹٤
شکل ٥ . ٥ جریان طبقه اول ۹٤
شکل ٥ . ٦ جریان طبقه دوم ۹٥
شکل ٥ . ۷ جریان آرمیچر ۹٥

عنوان	صفحه

شکل ٥ . ٨ سرعت پرتابه ٩٥

شکل ٥ . ٩ جریان شتاب‌دهنده ریلی ١٠ طبقه..... ٩٦

شکل ٥ . ١٠ نتیجه شبیه‌سازی شتاب‌دهنده ریلی ١٠ طبقه..... ٩٧

شکل ٥ . ١١ سرعت پرتابه در شتاب‌دهنده ریلی ١١ طبقه ٩٧

شکل ٥ . ١٢ شبیه‌سازی شتاب‌دهنده ریلی ٢٠ طبقه ٩٨

شکل ٥ . ١٣ نتیجه شبیه‌سازی شتاب‌دهنده ریلی ٢٠ طبقه ٩٩

شکل ٥ . ١٤ سرعت پرتابه در شتاب‌دهنده ریلی ٢٢ طبقه ٩٩

شکل ٥ . ١٥ یك واحد *PFN* ١٠٠

شکل ٥ . ١٦ نتیجه شبیه‌سازی شتاب‌دهنده ریلی *PEGASUS* با ٨ طبقه توزیع شده ١٠٢

شکل ٥ . ١٧ جریان آرمیچر شتاب‌دهنده ریلی ٨طبقه ١٠٢

شکل ٥ . ١٨ شتاب پرتابه ١٠٣

شکل ٥ . ١٩ سرعت پرتابه ١٠٣

شکل ٥ . ٢٠ شبیه‌سازی شتاب‌دهنده ریلی ٦ طبقه ١٠٣

شکل ٥ . ٢١ جریان آرمیچر ١٠٤

شکل ٥ . ٢٢ شتاب پرتابه ١٠٤

شکل ٥ . ٢٣ سرعت پرتابه ١٠٤

شکل ٥ . ٢٤ شبیه‌سازی حالت اول ١٠٦

شکل ٥ . ٢٥ شبیه‌سازی حالت دوم..... ١٠٦

شکل ٥ . ٢٦ شبیه‌سازی حالت سوم ١٠٧

شکل ٥ . ٢٧ جریان طبقه (حالت اول) ١٠٨

شکل ٥ . ٢٨ تخلیه ولتاژ بانك خازنی (حالت اول) ١٠٨

شکل ٥ . ٢٩ جریان آرمیچر (حالت اول) ١٠٨

شکل ٥ . ٣٠ جریان طبقه (حالت دوم) ١٠٩

شکل ٥ . ٣١ تخلیه ولتاژ بانك خازنی (حالت دوم) ١٠٩

عنوان	صفحه

شکل ٥ . ٣٢ جریان آرمیچر (حالت دوم) ١١٠

شکل ٥ . ٣٣ جریان طبقه (حالت سوم) ١١٠

شکل ٥ . ٣٤ تخلیه ولتاژ بانك خازنی (حالت سوم) ١١١

شکل ٥ . ٣٥ جریان آرمیچر (حالت سوم) ١١١

شکل ٥ . ٣٦ ولتاژ ریل تا ریل پشت آرمیچر ١١٢

شکل ٥ . ٣٧ منحنی جریان اولیه با ٤٨ µf و ١٨ kv ١١٤

شکل ٥ . ٣٨ جریانهای اولیه و ثانویه با C=١٦ µf و V= ١٨ kv ١١٤

شکل ٥ . ٣٩ جریانهای اولیه و ثانویه با C=٤٨ µf و V= ١٨ kv ١١٥

شکل ٥ . ٤٠ جریانهای اولیه و ثانویه با C= ٨٠µf و V= ١٨ kv ١١٥

شکل ٥ . ٤١ جریانهای اولیه و ثانویه با C= ٩٦µf و V=١٨ kv ١١٥

شکل ٥ . ٤٢ سرعت پرتابه ١١٦

فهرست جداول

عنوان | صفحه

فصل دوم

جدول ۲ . ۱ انواع آلترناتورهای هسته هوایی برای کاربردهای *EML* ۱٤

جدول ۲ . ۲ مقایسه باتریهای مورد نظر برای منابع تغذیه پالسی ۱٦

جدول ۲. ۳ عایقهای فیلم پلاستیك ۲۷

فصل سوم

جدول ۳ . ۱ پارامترهای شتاب دهنده ریلی ۳۰

جدول ۳ . ۲ مقایسه بین راندمان سیستم تغذیه توزیع شده و سیستم تغذیه در انتها ۳۲

جدول ۳ . ۳ پارامترهای باتری ٦۳

جدول ۳ . ٤ مشخصات خازن الکترولیت ٦٤

جدول ۳ . ٥ مشخصات مدار شارژ نمونه ٦٦

فصل پنجم

جدول ٥ . ۱ مشخصات یك واحد تخلیه *KJ* ٥۰ ..... ۱۰۰

جدول ٥ . ۲ مشخصات پرتاب‌کننده *PEGASUS* ۱۰۱

جدول ٥ . ۳ پارامترهای ورودی بکار رفته برای سه حالت شبیه‌سازی ۱۰٥

جدول ٥ . ٥ مشخصات عملکرد ترانسفورماتور پالس ۱۱۳

جدول ٥ . ٦ نتایج آزمایش ترانسفورماتور پالس ۱۱۳