

چکیده

صندلی چرخدار الکتریکی وسیله مناسبی برای کمک به افرادی است که از ناتواناییهای حاد حرکتی رنج می برند و به آنها تا حد زیادی استقلال می دهد. در این پروژه یک صندلی چرخدار با نیروی رانش الکتریکی که کاربر توسط جوی استیک آنرا هدایت می کند، ساخته شد. با بررسی های مختلف خواهیم دید که موتور مناسب برای این منظور، موتور DC مغناطیس دائم است که به منظور استفاده در صندلی چرخدار الکتریکی طراحی شده است. منبع انرژی دو عدد باتری سرب- اسید 60 Ah , 12 V انتخاب شد و مدار تحریک موتور برشگر PWM می باشد که در آن عمل برشگری توسط ماسفت انجام می گیرد. برای کنترل سیستم ابتدا پایداری دینامیک ثابت آنرا با استفاده از ماتریسهای تبدیل دوران، در حالت کلی بررسی کرده و سپس یک مدار خطی از مجموعه را در نظر گرفتن پارامترهای شخص راننده ارائه کردیم. با وجود همه ساده سازیهای ممکن خواهیم دید که مدل به دست آمده از پیچیدگی زیادی برخوردار است و برای کنترل حلقه بسته آن باید از روشهای پیشرفته کنترل و فقی مبتنی بر شبکه های عصبی و منطق فازی استفاده کرد. در صورت عدم استفاده از کنترل حلقه، بسته، هدایت صندلی در محیطهایی با موانع زیاد، با دشواری همراه خواهد بود.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - مقدمه

فصل دوم - بررسی سندلی چرخدار

مقدمه

۲-۱- اجزاء سندلی چرخدار

۲-۱-۱- سیستم رانش

۲-۱-۳- چرخها

۲-۱-۴- اسکلت بندی

۲-۲- انواع سندلی چرخدار

۲-۳- ابعاد استاندارد سندلی چرخدار

۲-۴- پارامترهای مهم در انتخاب سندلی چرخدار

۲-۵- نکات مهم در انتخاب سندلی چرخدار

۲-۶- مشخصات سندلی چرخدار الکتریکی

۲-۶-۱- روشهای هدایت سندلی چرخدار الکتریکی

۲-۶-۲- روشهای هدایت سندلی چرخدار الکتریکی

۲-۷- موارد استفاده از سندلی چرخدار

۲-۸- موارد عدم استفاده از سندلی چرخدار

خلاصه

فصل سوم - انتخاب ادوات مورد نیاز

مقدمه

۳-۱- سندلی چرخدار

۳-۲- موتور الکتریکی

۱-۲-۳- باتریک نیکل- کادمیوم

۲-۳-۳- باتری سرب- اسید

۴-۳- مدار کنترل سرعت

۵-۳- انتخاب المال سوئیچ

۶-۳- انتخاب وسیله هدایت

خلاصه

فصل چهارم- طراحی کنترل کننده

مقدمه

۱-۴- پروتکل هدایت صندلی بر اساس حرکت صندلی چرخدار

۲-۴- رابطه بین سرعت خط

۳-۴- بررسی دینامیک ثابت صندلی چرخدار

۴-۴- بررسی کنترل حلقه بسته

۴-۵- روشهای کنترل صندلی چرخدار الکتریکی

۱-۴-۵- کنترل کننده های قابل تنظیم

۲-۴-۵- کنترل با سنسورها یا همکار

۳-۴-۵- کنترل تحمل پذیر خطا

۶-۴- سازگاری الکترومغناطیسی

فصل پنجم

مقدمه

روشهای ساخت مدار

۱-۵- پیاده سازی به روش آنالوگ

۵-۱-۱- کنترل کننده PWM

۵-۱-۲- محاسبه جریان گیت ماسفت

۵-۱-۳- انتخاب فرکانس برشگری

۵-۱-۴- استخراج پارامترهای موتور ANCN۷۱۵۲

۵-۱-۵- ساختن ولتاژ منفی از ولتاژ مثبت

۵-۲- پیاده سازی به روش دیجیتال

۵-۲-۱- روشهای سنجش شارژ باتری

۵-۲-۲- ساخت منبع تغذیه منفی

خلاصه

فصل ششم- نتایج آزمایشات

فصل هفتم- نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای ادامه کار

مراجع

ضمیمه (۱)- نرم افزار هدایت صندلی چرخدار

ضمیمه (۲)- برنامه ثبت و تحلیل داده ها برای تعیین

ضمیمه (۳)- گاتالوگ موتور ANCN۷۱۵۲

ضمیمه (۴)- گاتالوگهای ۸۹۵۱ و TL۴۹۴

فهرست شکلها

صفحه

شکل

شکل (۱-۲): نمودار ابعاد اساسی صندلی چرخدار

شکل (۳-۱): تصاویر تقریبی صندلی چرخدار از زوایای مختلف

شکل (۳-۲): نمای چرخ عقب و متعلقات آن

شکل (۳-۳) نیروهای وارد شده به محور چرخ

شکل (۳-۴): نیروهای وارد شده به صندلی چرخدار در سطح شیبدار

شکل (۳-۵): برشگر کاهنده با بار اهمی

شکل (۳-۶): تقسیم بندی برشگرها

شکل (۳-۷): برشگر کلاس B

شکل (۳-۸): برشگر کلاس C

شکل (۳-۹): برشگر کلاس D

شکل (۳-۱۰): برشگر کلاس E

شکل (۳-۱۱): کنترل دو جهته دور موتور DC با رله SPDT

شکل (۳-۱۲): نمای مداری GTO

شکل (۳-۱۳): نمای مداری ماسفت کانال N

شکل (۳-۱۴): نمای مداری IGBT

شکل (۴-۱): چرخهای صندلی عقب صندلی چرخدار

شکل (۴-۲): نیروهای وارد شده به مرکز جرم

شکل (۴-۳): دستگاه مختصات صندلی چرخدار

شکل (۴-۴): دیاگرام بلوکی سیستم صندلی چرخدار الکتریکی با کنترل انسان

شکل (۴-۵): سینماتیک صندلی چرخدار

شکل (۴-۶): دیاگرام بلوکی دیاگرام بلوکی کامل شده شکل (۴-۴)

شکل (۵-۱): جمع کننده و تفریق کننده آنالوگ

شکل (۵-۲): پیاده سازی تابع قدر مطلق با پل دیودی

شکل (۵-۳): یکسوساز نیم موج ایده آل

شکل (۵-۴): یکسوساز تمام موج ایده آل

شکل (۵-۵): نحوه تضعیف سیگنال خروجی جمع کننده

شکل (۵-۶): نحوه تضعیف سیگنال خروجی تفریق کننده

شکل (۵-۷): نحوه بافر کردن خروجی جوی استیک

شکل (۵-۸): تراشه TL۴۹۴

شکل (۵-۹): جریانهای کشیده شده توسط گیت هنگام روشن شدن

شکل (۵-۱۰): روشن شدن ماسفت با مقاومت

شکل (۵-۱۱): روشن شدن ماسفت با مقاومت ترانزیستور

شکل (۵-۱۲): مدار تحریک ماسفت

شکل (۵-۱۳): ولتاژ و جریان سوئیچ در حال روشن شدن

شکل (۵-۱۴): روشن پاسخ پله برای استخراج τ

شکل (۵-۱۵): اعمال ولتاژ پله به موتور

شکل (۵-۱۶): پاسخ پله به موتور

شکل (۵-۱۷): مدار معادل الکتریکی برای موتور DC

شکل (۵-۱۸): پاسخ فرکانس جریان آرمیچر و سرعت موتور

شکل (۵-۱۹): تنظیم دوره کار توسط TL۴۹۴

شکل (۵-۲۰): ساخت منبع تغذیه منفی

شکل (۵-۲۱): شکل موجهای رگولاتور باک- بوست

شکل (۵-۲۲): تنظیم فرکانس و دوره کار توسط IC ۵۵۵

شکل (۵-۲۳): نمای شماتیک مدار دیجیتال

شکل (۵-۲۴): نمودار گردش برنامه نرم افزاری

شکل (۵-۲۵): تبدیل ولتاژ به جریان

شکل (۵-۲۶): ساخت منبع تغذیه منفی در مدار دیجیتال

فهرست جداول

صفحه

جدول

جدول (۲-۱): ابعاد استاندارد صندلی چرخدار

جدول (۱-۳): مقایسه خواص المانهای قدرت

www.kandoo.cn.com

فصل اول

مقدمه

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

معلولیت دگرگونی‌هایی از نظر آناتومی و فیزیولوژی در بدن فرد ایجاد می‌کند که در یک مقطع شخص بیمار محسوب می‌شود ولی بعد از درمان، علی‌رغم داشتن ضایعه، باید تا حد امکان زندگی طبیعی داشته باشد. وسایل کمکی در این بین نقش مهمی دارند. از جمله این وسایل کمکی، صندلی چرخدار است که در صورت استفاده و تجویز درست، وسیله مناسبی برای دادن کمک‌های حرکتی به افراد معلولیت دار بوده و به آنها در انجام امور شخص تا حد زیادی استقلال می‌دهد. صندلی چرخدار دارای انواع و اقسام مختلفی است که بسته به نوع و میزان معلولیت فرد و شرایط دیگر تجویز می‌شود. [۱]. صندلی‌های چرخدار در یک سیستم تقسیم بندی به دو گروه که در یکی نیروی محرکه توسط انسان و در دیگری از طریق یک موتور سوختی یا الکتریکی تأمین می‌گردد. هدف در این پروژه طراحی و ساخت صندلی چرخدار الکتریکی می‌باشد. صندلی چرخدار الکتریکی نخستین بار در اوایل قرن بیستم اختراع شد [۲]. اما به دلیل مشکلاتی که وجود داشت مصرف عمومی پیدا نکرد. در دهه ۱۹۴۰ استفاده از باتری اتومبیل و موتورهای استارتر، امکان ساخت صندلی‌های ساده تری را فراهم کرد. البته سیستم‌های اولیه فقط با یک سرعت حرکت می‌کردند. کمی بعد با استفاده از روش‌های مکانیکی مثل کلاچ، امکان کنترل سرعت برای صندلی‌ها ایجاد شد. از دهه ۱۹۶۰ به بعد استفاده از ترانزیستور دو قطبی^۱ دو طراحی کنترل کننده‌های سرعت ایمنی صندلی‌ها بسیار بالا رفت. در حال حاضر از ماسفت قدرت^۲ برای کنترل سرعت موتورهای DC در صندلی چرخدار الکتریکی استفاده می‌شود. علی‌رغم سابقه زیاد صندلی چرخدار الکتریکی در دنیا، این وسیله تاکنون در ایران ساخته نشده است. هدف پروژه آغاز گاهی در این مسیر می‌باشد. البته وسیله‌ای که ساخته شد در ظاهر یک صندلی چرخدار الکتریکی نیست ولی با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده، می‌توان در زمانی کوتاه روش‌های به کار رفته در این پروژه را برای ساخت صندلی چرخدار

^۱ - BJT (Bipolar Junction Transistor)

^۲ - Power MOSFET

الکتریکی عملی به کار برد. در فصل دوم توضیحاتی کلی در مورد صندلی چرخدار و مشخصات آن از نظر ابعاد، استحکام و غیره آورده شده است. در تجویز صندلی چرخدار نکات متعددی باید در نظر گرفته شود که وزن، ابعاد صندلی و چرخها از آن جمله است. صندلی چرخدار از چند جزء اصلی تشکیل شده است که شامل سیستم نگهدارنده بدن، سیستم رانش، چرخها و اسکلت بدنه می باشد [۱۴]. در این فصل در مورد مشخصات صندلیهای چرخدار الکتریکی و نکاتی که در طراحی آنها باید مد نظر قرار داد، توضیح داده شده است. از جمله این نکات مهم حداکثر سرعت، شیب مسیر، نحوه اتصال موتور و باتریها به صندلی و منبع تغذیه است. صندلی چرخدار الکتریکی را می توان با روشهای دستی و در صورتی که ممکن نباشد با روشهای غیر دستی کنترل نمود. از روشهای کنترل غیر دستی می توان کنترل چانه کنترل زبان لبها یا دندان، کنترل بر اساس دمیدن و مکیدن کنترل صوتی نام برد.

فصل سوم در مورد انتخاب ادوات مورد نیاز می باشد. خود صندلی چرخدار مهمترین قسمت است. به دلایل مختلف به جای صندلی چرخدار استاندارد مدلی از آن ساخته شد. این مدل شامل یک صفحه فلزی است که در زیر آن چهار چرخ نصب شده است. دو چرخ عقب آن نقش انتقال نیرو و هدایت کننده را دارند و دو چرخ جلو هرزگرد هستند. جزئیات مربوط به انتخاب قسمتهای مکانیکی شامل بلبرینگ^۱، چرخها و نحوه انتقال نیرو از موتور به چرخها و غیره کاملاً توضیح داده شده است. بعد از قسمتهای مکانیکی، نوبت به انتخاب موتور الکتریکی می رسد. در این زمینه بررسی های متعددی انجام گرفت و در نهایت موتور DC خاص صندلی چرخدار برای این منظور انتخاب گردید. این موتور در حجم کم توان بالایی دارد و در طراحی آن حجم و وزن از مهمترین پارامترها بوده اند. جعبه دنده^۲ نصب شده بر روی موتور سرعت آن را تا حد مورد نیاز کاهش داده و به حدود ۵۰۰ دور در دقیقه رسانیده است. با محاسبه توان مورد نیاز

^۱ - Ball bearing

^۲ - Gear box

برای حرکت صندلی با سرعت 3m/s و وزن 150Kg خواهیم دید که توان یک موتور به این منظور کافی نبوده و ناچاریم که از دو موتور استفاده کنیم که علاوه بر داشتن توان کافی، مزایای دیگری نیز خواهد داشت. موتور یک مبدل انرژی الکتریکی به مکانیکی است؛ بنابراین باید منبع انرژی الکتریکی همراه موتور باشد. با این توضیح مشخص است که باید از باتری به این عنوان استفاده کنیم. در این فصل، باتریهای قابل شارژ مجدد مانند نیکل-کادمیوم و سرب-اسید بررسی کنیم. در این فصل باتریهای قابل شارژ مجدد آنها و همچنین محافظتهای مورد نیاز، توضیح داده شده است. قسمت بعدی مدار تحریک است که با کنترل کاربر، انرژی را از باتری گرفته و به موتور منقل می کند. از آنجا که موتور از نوع DC بود و منبع تغذیه نیز DC است. بنابراین مدار تحریک از نوع DC/DC خواهد بود. مبدل DC/DC اصطلاحاً برشگر^۲ نامیده می شود. برشگرها با قطع و وصل ولتاژ DC ثابت بر روی بار، متوسط ولتاژ دو سر بار را تغییر می دهند که این عمل باید توسط یک عنصر قدرت انجام گیرد. به این منظور المانهای مختلف بررسی شدند و در نهایت از ماسف قدرت استفاده کردیم. در ادامه انواع مختلف برشگرها بررسی شده و نوع مناسب انتخاب گردیده است. خاصیت مهمی که بعضی از انواع برشگرها دارند این است که وقتی بار آنها موتور DC است هنگام کاهش سرعت و یا توقف کامل می تواند انرژی جنبی ذخیره شده موتور را به منبع DC بازگردانند. به این خاصیت بازیابی انرژی^۳ گفته می شود. این عمل باعث افزایش راندمان، مجموعه می گردد. با بررسی این موضوع خواهیم دید که به دلایل مختلف، میزان انرژی تحویل شده به منبع در مقابل پیچیدگی مدار، ناچیز است. بنابراین از انجام این کار صرف نظر خواهد شد. با در نظر گرفتن این فرض که

^۱ - Convertor

^۲ - Chopper

^۳ - Regeneration

کاربر فردی نیمه فلج و یا کاملاً مفلوج است، برای هدایت صندلی از جوی استیک^۱ استفاده کردیم. جوی استیک ازدو مقاومت متغیر تشکیل شده است که مقدار مقاومت یکی از آنها با حرکت جوی استیک در راستای جلو و عقب، از صفر تا حداکثر تغییر می کند و مقاومت دیگر همین عمل را در جهت چپ و راست انجام می دهد. در فص چهارم در مورد تعریف چگونگی حرکت صندلی چرخدار با توجه به حرکت جوی استیک، توضیحاتی آورده شده است.

فصل چهارم در مورد کنترل صندلی چرخدار الکتریکی می باشد. در ابتدا پروتکل حرکت صندلی بر اساس حرکت جوی استیک بیان شده و سپس روابطی که با استفاده از آن می توان سرعت خطی و سرعت زاویه ای صندلی را بر حسب دور موتورها بدست آورد، معرفی شده اند. در ادامه دینامیک ثابت^۲ صندلی چرخدار الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته است و حداکثر سرعت خطی صندلی چرخدار برای آنکه پایداری آن حول محور X (راستای حرکت) حفظ شود، بدست آمده است. این بررسی در حالت کلی است و با استفاده از ماتریسهای دوران، شیب مسیر در جهت های مختلف را در نظر می گیرد. در ادامه این فصل، با کوچک فرض کردن تغییرات، یک مدل خطی از سیستم صندلی چرخدار الکتریکی با در نظر گرفتن هدایت انسان، ارائه می کنیم. در این سیستم خطی، ورودی، مسیر دلخواه شخص و خروجی، نوسانات مجموعه حول محور X (راستای حرکت) می باشد. همانطور که خواهیم دید این سیستم پیچیدگی زیادی خواهد داشت؛ بنابراین در صندلیهای پیشرفته جدید، کنترل کننده های افقی^۳ که با استفاده از شبکه های عصبی و منطق فازی طراحی می شوند، کاربرد فراوان دارند. در پایان فصل در مورد

^۱ - Joystick

^۲ - Fixed dynamic

^۳ - Adaptive Controllers

سازگاری الکترومغناطیسی^۱ و استانداردهای مربوط به صندلی چرخدار الکتریکی در این زمینه، توضیحاتی آورده شده است.

در فصل پنجم طراحی قسمت‌های مختلف توضیح داده شده است. طراحی مدار برشگر PWM و بخش مهمی از این فصل را تشکیل می‌دهد. مدار برشگر شامل مولد سیگنال PWM و اعمال آن به ماسفتها می‌باشد. انتخاب فرکانس برشگری بسیار مهم است چرا که پایین بودن فرکانس، باعث افزایش تلفات در موتور می‌شود. با استخراج پارامترهای موتور توسط آزمایشهای مختلف و سپس مدل کردن موتور توسط Pspice فرکانس برشگری با دقت مناسب، ۲۵ Hz انتخاب شده است. ماسفت اگرچه در حالت پایدار جریانی از گیت نمی‌کشد، ولی در هنگام روشن و خاموش شدن سریع، جریان قابل ملاحظه‌ای باید به گیت تزریق و یا از آن کشیده شود. نحوه طراحی مداری برای تأمین این جریانهای لحظه‌ای، توضیح داده شده است. مجموعه مدار تحریک را می‌توان به صورت آنالوگ یا دیجیتال و یا ترکیبی از آنالوگ و دیجیتال پیاده‌سازی نمود. در قسمت برشگر PWM به علت بالا بودن فرکانس برشگری و در مقابل پایین بودن سرعت میکروکنترلرهای معمولی استفاده از مدار آنالوگ مناسب‌تر است؛ ولی تشخیصی فرمان جوی استیک و تصمیم‌درمورد سرعت و جهت حرکت هر یک از موتورها را می‌توان توسط مدارهای آنالوگ و یا دیجیتال طراحی نمود که هر یک از این دو مدار مزایا و معایبی دارند که توضیح داده خواهند شد. برای تولید سیگنال PWM از تراشه TL ۹۴۹ استفاده شده است. این تراشه در ساخت منابع تغذیه سوئیچینگ کاربرد فراوان دارد. فرکانس سیگنال PWM با یک خازن یک مقاومت تعیین شده و سیکل وظیفه^۲ با یک سطح DC تعیین می‌شود. در مدار دیجیتال میکروکنترلر ۸۹۵۱ که از خانواده ۸۰۳۱ است استفاده کردیم. مزیت ۸۹۵۱ در این است که دارای EEPROM داخلی است و نوشتن و پاک کردن

^۱ - Electromagnetic Compatibility

^۲ -Duty cycle

برنامه به سادگی مکان پذیر است و نیازی به اشعه ماورای بنفش دارد. در ادامه در مورد نشان دادن وضعیت شارژ باتری توضیح داده ایم. در انتها مقایسه ای بین مدار دیجیتال و آنالوگ انجام شده است.

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

فصل دوم

بررسی صندلی چرخدار

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

مقدمه:

معلولیت دگرگونی هایی از نظر آناتومی و فیزیولوژی در بدن فرد ایجاد می کند که در یک مقطع شخص بیمار محسوب می شود. ولی بعد از درمان فردی است که علیرغم داشتن ضایعه باید زندگی طبیعی داشته باشد. صندلی چرخدار وسیله خوبی برای کمکهای فیزیکی به افراد معلولیت دار می باشد و به آنها در انجام امور شخصی خود تا حد زیادی استقلال می دهد. صندلی چرخدار افزایش کارایی فرد باعث عارضه یا عوارض احتمالی نشود. به دلیل اشکالات موجود در صندلیهای چرخدار فعلی، استفاده کنندگان دچار عوارض مختلفی می شوند. به عنوان مثال تقریباً نیمی از افرادی که به طور مداوم از صندلی چرخدار با نیروی رانش خود شخص استفاده می کنند از درد در مفاصل شانه شکایت دارند [۱۰] تحقیقات وسیعی در زمینه طراحی صندلی چرخدار و چگونگی ارتباط آن با کاربر در حال انجام است تا ایمنی تکنولوژی صندلی چرخدار افزایش یابد. [۱].

۱- اجزاء صندلی چرخدار

یک صندلی چرخدار از چهار جزء اساسی به شرح زیر تشکیل شده است:

۱-۱- سیستم نگهدارنده بدن

۱-۲- سیستم رانش

۱-۳- چرخها

۱-۴- اسکلت بدنه

۱-۱- سیستم نگهدارنده بدن:

این سیستم از قسمتهایی تشکیل شده است که یا بدن روی آنها به طور مستقیم تکیه می کند و یا نگهدارنده بدن هستند. مثل تکیه گاه پشت، محل نشستن، تکیه گاه ساعد و دست، تکیه گاه ساق و زیرپایی.

۱-۲-سیستم رانش:

این سیستم خود از سیستم های محرک، هدایت و ترمز تشکیل می شود.

۱-۲-۱-سیستم محرک:

این سیستم شامل منبع تولید نیرو، وسائل کنترل نیرو، انتقال نیرو و چرخهای رانش می باشد.

۱-۲-۱-۱- منبع تولید نیرو: نیروی لازم رانش می تواند توسط انسان یا باتری و یا موتور سوختی تولید گردد.

۱-۲-۱-۲- وسائل کنترل: قسمتی از سیستم محرک است که مستقیماً با راننده در تماس بوده و سبب کنترل نیروی اعمال شده می تواند نیروی عضلانی راننده و یا نیروی دیگری باشد که توسط راننده کنترل می شود و یا می تواند ترکیبی از هر دو باشد.

۱-۲-۱-۳- وسایل انتقال: مجموعه اجزائی هستند که نیروی اعمال رانش را از وسایل کنترل به چرخهای راننده منقل می کند وسائل انتقال می توانند مکانیکی، هیدرولیکی، نیوماتیکی، الکتریکی و یا ترکیبی از اینها باشند. در صورتی که نیروی رانش توسط منبعی به غیر از نیروی عضلانی راننده ایجاد شود، محفظه حامل نیرو جزء سیستم انتقال محسوب می شود.

۱-۲-۲-سیستم هدایت:

این سیستم شامل وسائل کنترل، انتقال و چرخهای هدایت می باشد.

۱-۲-۲-۱- وسایل کنترل: قسمتی از سیستم هدایت است که مستقیماً از راننده فرمان می گیرد.

۱-۲-۲-۱- وسائل انتقال: مجموعه اجزایی است که نیروی لازم برای هدایت را از وسایل کنترل به چرخهای هدایت، منتقل می کند.

۲-۲-۳- چرخهای هدایت: به ۲-۳-۱ مراجعه شود.

۱-۲-۳-سیستم ترمز:

این سیستم شامل وسائل کنترل، انتقال و ترمز چرخها می باشد.

۱-۲-۳-۱- وسائل کنترل: قسمتی از سیستم ترمز است که مستقیماً با راننده در تماس بوده

و نیروی ترمز را به وسائل انتقال می رساند.

۱-۲-۳-۲- وسائل انتقال: مجموعه اجزائی است که نیروی لازم برای ترمز کردن را از وسائل

کنترل به ترمز چرخ می رساند.

۱-۲-۳-۳- ترمز چرخ: اجزائی از صندلی چرخدار هستند که نیروی ترمز بین آنها ایجاد می

شود. ترمز چرخ می تواند به صورتهای زیر باشد: ترمز اصطکاکی که نیروی ترمز بر اثر

اصطکاک بین اجزاء نسبت به هم گردنده ایجاد می شود. ترمز الکتریکی که نیروی ترمز بر اثر

عملکرد در میدان الکترومغناطیسی بر روی اجزاء نسبت به هم گردنده ایجاد می شود. این اجزاء

با هم تماس ندارند و یا ترمز هیدرولیکی که نیروی ترمز بر اثر عملکرد جریان سیال بین اجزاء

نسبت به هم گردنده می شود.

دو سیستم ترمز در صندلی چرخدار وجود دارد. یک سیستم، ترمزی است که راننده توسط آن

به طور مؤثر، سریع و یا آهسته توأم با ایمنی سرعت صندلی چرخدار را کم و یا آن را کاملاً

متوقف می نماید. این روش ترمز مانند ترمز عادی در وسائل نقلیه می باشد. سیستم دیگر،

ترمزی است که برای ثابت نگه داشتن صندلی چرخدار بر روی سطوح شیب دار حتی اگر راننده

صندلی را ترک کرده باشد استفاده می شود. این روش ترمز مانند ترمز دستی است.

۱-۳-۱- چرخها:

۱-۳-۱-۱- چرخ راننده: چرخ است که با سیستم رانش ارتباط دارد وقتی که این چرخ روی

زمین قرار می گیرد نیروی رانش ایجاد می شود.

۱-۳-۲- چرخ هدایت: چرخ است که با سیستم هدایت ارتباط دارد و هنگامی که این چرخ

روی زمین قرار می گیرد نیروی هدایت ایجاد می شود.

۳-۳ چرخ جلوی هرزگرد: چرخشی است که می تواند به دور خود بچرخد اما به منظور ایجاد نیروی هدایت نیست.

۳-۴ چرخ اتکاء: چرخشی است که نمی تواند به دور خود دوران کند ولی به منظور ایجاد نیروی رانش و یا هدایت نیز به کار می رود.

۱-۴ اسکلت بدنه:

اسکلت بدنه، سایر اجزا صندلی چرخدار را به هم متصل و یکپارچه نگه می دارد. نشیمنگاه اسکلت بدنه و تکیه گاه پشت می تواند به صورت یک تکه و یا ترکیبی از چند قطعه باشند.

۲-انواع صندلی چرخدار:

صندلی چرخدار را از جنبه های گوناگون می توان به انواع مختلف دسته بندی کرد:

الف) بر اساس نوع استفاده

۱- صندلی چرخدار راحتی

۲- صندلی چرخدار معمولی

۳- صندلی چرخدار ورزشی

۴- صندلی چرخدار مخصوص حمام و توالت

ب) بر اساس عامل رانش و کنترل

۱- کنترل و تأمین نیروی محرکه توسط همراه

۲- کنترل و تأمین نیروی محرکه توسط سرنشین روی دوچرخ عقب

۳- کنترل و تأمین نیروی محرکه توسط سرنشین روی دو چرخ جلو

۴- تأمین نیروی محرکه توسط موتور برقی کنترل توسط سرنشین

۵- تأمین نیروی محرکه توسط موتور سوختی کنترل توسط سرنشین

ج) تقسیم بندی بر اساس قابلیت تا شدن:

۱- صندل چرخدار غیر تاشو
۲- صندلی چرخدار قابل حرکت در وضعیت تاشده
۳- صندلی چرخدار غیر قابل حرکت در وضعیت تاشده

د) تقسیم بندی براساس طراحی:

۱- صندلی چرخدار مکانیکی

۲- صندلی چرخدار الکتریکی

ه) تقسیم بندی بر اساس ابعاد

۱- کودکان

۲- نوجوانان

۳- بزرگسالان

۳- ابعاد استاندارد صندلی چرخدار

ابعادی که عموماً برای تعریف استفاده می شود عبارتند از: عرض نشیمنگاه، ارتفاع نشیمنگاه،

طول نشیمنگاه، ارتفاع تکیه گاه پشت، ارتفاع تکیه گاه دست و ساعد، فاصله بین دو تکیه گاه

دست و ساعد، عرض کل و عرض کل در حالت جمع شده.

در شکل (۱-۲) ابعاد مورد نظر نشان داده شده و در جدول (۱-۲) مقادیر متناظر با این ابعاد

برای دو نوع صندلی کوچک و بزرگ آورده شده است.

A: پهناي کلی در حالتیکه صندلی باز است

B: پهناي نشیمنگاه

C: عمق نشیمنگاه

D: ارتفاع دستگیره هدایت از مرکز تا سطح زمین

E: ارتفاع نشیمنگاه تا سطح زمین

www.kandooon.com

www.kandooon.com

www.kandooon.com

F: فاصله بین لبه برزنت تکیه گاه پشت تا نشیمنگاه

G: فاصله بین تکیه گاه ساعد و دست تا نشیمنگاه

H: طول کلی صندلی

J: فاصله افقی تصویر مراکز هر چرخ نسبت به سطح زمین

K: زاویه نشیمنگاه با سطح افق

L: زاویه تکیه گاه پشت با خط قائم

M: پهناى تکیه گاه ساعد و دست.

N: ضخامت پوشش تکیه گاه ساعد و دست در حالت فشرده.

O: قطر چرخهای بزرگ همراه لاستیک.

R: قطر دور طوقه چرخ بزرگ

www.kandooon.com

P: قطر خارجی چرخهای هرزگرد

S: فاصله لبه نشیمنگاه تا قسمت خلفی زیرپایی

T: طول تکیه گاه ساعد و دست

۴- پارامترهای مهم در انتخاب صندلی چرخدارگ

صندلی چرخدار باید دارای شرایط خاصی باشد تا معلولینی که برای مدت طولانی و شاید تا آخر عمر به استفاده از آن هستند، دچار مشکل نشوند. شرایط مذکور در مرجع [۱۳] به طور کامل توضیح داده شده است. برخی از آنها به شرح زیر می باشند:

۴-۱- وزن:

معمولاً صندلی های بزرگ که در حال حاضر استیل است و وزن آن تقریباً ۴۵ پوند می باشد. البته وزن صندلیهایی که برای استفاده افراد سنگین وزن طراحی شده تا ۵۰ پوند هم می رسد. بیمارانی که ضعف عضلانی اندام فوقانی دارند باید از صندلیهای از جنس آلومینیوم یا فولاد زنگ نزن نازک^۱ استفاده کنند که وزن آنها در حدود ۲۴ پوند می باشد.

۴-۲- ابعاد:

ابعاد صندلی چرخدار باید به طوری باشد که شخص در داخل خانه توان حرکت و مانور با آنرا داشته باشد. پهنای صندلی برای افراد بالغ ۱۶ تا ۱۸ اینچ و دریاچه های کوچک ۶ تا ۱۲ ساله ۱۴ اینچ و دریاچه های زیر ۶ سال تقریباً ۱۰ اینچ است.

^۱ - think stainless steel

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

۳-۴- چرخها:

در بیشتر صندلیهای چرخدار، قسمت عمده وزن صندلی و شخص به چرخهای عقب اعمال می شود. بنابراین چرخهای عقب تایر دارند تا هنگام برخورد به موانع ضربه کمتری صندلی و دست شخص وارد شود. چرخ جلو با تایر لاستیک توپر برای داخل خانه مناسب است تا دور زدن بر روی سطوحی مانده فرش و موکت به نیروی کمتری نیاز داشته باشد. اگر صندلی چرخدار در خارج خانه مورد استفاده قرار گیرد تایر بادی که خاصیت ضربه گیری بهتری دارد مناسب تر است تا هم راحت تر باشد و هم عمر صندلی بیشتر شود.

۵- نکات مهم در تجویز صندلی چرخدار

در تجویز صندلی چرخدار علاوه بر شرایط خود صندلی نکات دیگری را نیز باید در نظر گرفت.

در مرجع [۱۳] این نکات ذکر گردیده که برخی از آنها به شرح زیر می باشد:

- ۱- تواناییها و ناتوانیهای فیزیکی بیمار مثل قد و وزن اختلال در حس، فلج بودن وغیره.
- ۲- عوامل محیطی مانند معماری ساختمان خانه و محل کار، و مکانی که صندلی در آن استفاده می شود.

۳- تکنیک بیمار در منتقل شدن به صندلی چرخدار.

۴- روش رانش صندلی.

۵- قیمت.

نوع عمومی صندلی چرخدار که دارای چرخهای بزرگ در عقب و چرخهای کوچک در جلو می باشد با وزنی حدود ۴۹ پوند قیمتی مابین ۴۰۰ تا ۵۷۵ دلار دارد. [۱۳].

در قسمت (۲) این فصل گفتیم که صندلی چرخدار دارای انواع و اقسام مختلفی است. هدف ما

در این پروژه طراحی و ساخت صندلی چرخدار الکتریکی می باشد. بنابراین در مورد مشخصات

صندلی چرخدار الکتریکی توضیحاتی داده خواهد شد.

۶- مشخصات صندلی چرخدار الکتریکی

صندلی چرخدار الکتریکی برای بیماران نیم فلج یا کاملاً مفلوج که عضلات آنان عملاً قادر به انجام هیچ فعالیتی عمده ای نیست طراحی شده اند. این افراد فقط نیروی بسیار کمی برای کارکردن با یک ابزار هدایت ساده دارند. صندلی چرخدار الکتریکی نخستین بار در اوایل قرن بیستم اختراع گردید؛ ولی به دلیل مشکلاتی که نمونه های اولیه داشتند مصرف عمومی پیدا نکرد. در دهه ۱۹۴۰ استفاده از باتری اتومبیل و موتورهای استاتر، امکان ساخت صندلیهای ساده تری را فراهم نمود. [۲]. یک مشکل سیستمهای اولیه این بود که با سرعت ثابتی حرکت می کردند. استفاده از روشهای مکانیکی مثل کلاچ، کنترل سرعت را ممکن ساخت ولی این روش کنترل سرعت برای کاربری که دچار معلولیت است چندان مطمئن نیست. در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ با اختراع ترانزیستور دو قطبی قدرت و بکاربردن آن در طراحی کنترل کننده دور موتور ایمنی صندلی چرخدار الکتریکی بهبود یافت. در حال حاضر قسمت عمده تحقیقات بر روی این وسیله در مورد پیاده سازی الگوریتم های پیشرفته کنترل برای هدایت است تا امکان استفاده از آن حتی برای افرادی با درصد ناتوانی بسیار بالا به نحوی کاملاً ایمن فراهم آید. در این مورد در فصل (۴) به طور مستقیم توضیح خواهیم داد.

صندلی چرخدار الکتریکی دارای مزایا و معایب مختلفی است. مزیت عمده این وسیله این است که نیروی کمی برای هدایت لازم دارد. مثلاً استفاده از این گونه صندلیها به افرادی که از نظر بدنی فلج بوده ولی دارای قدرت ذهنی و فکری می باشند، این امکان را می دهد که بتوانند تحرک لازم را بدست آورند. همچنین افرادی که دچار ناراحتی های قلبی حاد هستند می توانند با استفاده از این وسیله در مدت نقاهت بدون کمک به دیگران امکان جابجائی داشته باشند.

از جمله معایب این صندلیها باطری منبع انرژی آنها به وزن ۴۰ تا ۵۰ پوند می باشد که نه تنها باعث افزایش وزن صندلی می شود بلکه قبل از تا کردن صندلی باید آنها را از صندلی جدا کرد. این باطری باید بتواند مصرف یک روز را تأمین کند و در مدت شب دوباره شارژ شود. این وسائل را نمی توان به راحتی جابجا نمود. این وسائل برای استفاده روزمره در منازل یا آپارتمانها به جهت وزن و حجم زیاد مناسب نبوده و اغلب در خارج از محیط خانه استفاده می شوند. توصیه های پزشکی استفاده از صندلی چرخدار الکتریکی را حتی در صورت موجود بودن عضلانی کم در بیمار به شدت نفی می کند چون در غیر این صورت به دلیل عدم تحرک آن نیروی کم نیز از بین می رود.

۱-۶- نکات مهم در طراحی صندلی چرخدار الکتریکی

- ۱- دارای سرعتی قابل تنظیم تا ۵ مایل در ساعت باشد.
- ۲- باید بتواند از ارتفاع ۱ اینچ بالا برود.
- ۳- باید بتواند از یک شیب ۱۰ درصد با سرعتی مناسب و قابل اطمینان بالا و پائین برود.
- ۴- موتور و باطریها نباید به طور دائمی به صندلی وصل باشد یعنی نباید به صندلی پرچ شده و یا جوش داده شوند.

۵- منبع تغذیه باید به نحوی باشد که انرژی لازم برای کارکرد صندلی را برای یک روز تمام با شرایط عادی تأمین نموده و در طول شب هم کاملاً شارژ شود.

۲-۶- روشهای هدایت صندلی چرخدار الکتریکی

۱-۲-۶- روشهای کنترل دستی

اگر دست توانایی اندکی داشته باشد یکی از دو روش زیر برای هدایت صندلی استفاده می شود که البته روش دوم متداولتر است:

۱- در صندلی ه ای اولیه چرخها سرعت ثابتی داشتند و هدایت توسط یک فرمان دستی انجام می گرفت که با انحراف یک چرخ کوچک در جلو صندلی، عمل کنترل انجام می شد. البته کسانی که می توانستند از این وسیله استفاده کننده که نیروی عضلانی کافی برای انحراف اهرم را داشته باشند.

۲- کنترل یا جوی استیک

در این روش با توجه به انحراف جوی استیک توسط دست که به نیروی بسیار کمی نیاز دارد عمل هدایت انجام می شود در مورد این روش در قسمت کنترل توضیحات کاملی آورده شده است.

۲-۲-۶- روشهای کنترل غیر دستی

اگر دست شخص به هیچ وجه نتواند نیروی لازم را تأمین کند از روشهای کنترل غیر دستی استفاده می شود. برخی از این روشها به شرح زیر می باشد:

۱- سیستمهای کنترل با چانه

در این سیستم چانه در داخل یک تکیه گاه قرار می گیرد که با حرکت دادن آن به عقب و جلو در طرفین باعث حرکت صندلی چرخدار می شود. صفحه گودی که چانه داخل آن قرار می گیرد باید به نحوی طراحی شود که با چانه بیمار هماهنگ و اندازه باشد.

۲- سیستمهای کنترل با زبان، لبها یا دندان

در این سیستمها حرکت صندلی و جهت آن توسط سه زوج کلید که به توسط سه اهرم کنترل می شوند، صورت می گیرد. یک جفت کلید حرکت به طرف جلو و عقب، یک جفت از کلیدها حرکت به طرف راست و چپ، جفت سوم روشن و خاموش کردن دستگاه را کنترل می کند. مزیت این وسیله در آن است که یک جفت کلید دیگر در یک طرف سر قرار می گیرد که موتور

کوچکی را به کار می اندازند که باعث می شود تمام کلیدهای کنترل حرکت کرده و از جای خود در جلوی دهان بیمار به کنار برود. با توجه به آنچه ذکر شد واضح است که چنین سیستمی به دلیل پیچیدگی زیاد قیمت بالایی خواهد داشت.

۳- کنترل بر اساس دمیدن و مکیدن

این کنترل با استفاده از یک سیستم کنترل نیوماتیک و یک مدار کنترل الکترونیکی اعمال می شود.

- دمیدن شدید باعث حرکت صندلی به طرف جلو می شود.
- دوباره دمیدن شدید باعث توقف صندلی می شود.
- مکیدن شدید باعث توقف ناگهانی صندلی می شود.
- در صورت توقف می کردن شدید باعث حرکت صندلی به طرف عقب می شود.
- مکیدن شدید مجدد باعث توقف صندلی می شود.
- دمیدن آرام و مداوم باعث چرخش صندلی به طرف راست می شود.
- مکیدن آرام و مداوم باعث چرخش صندلی به طرف چپ می شود.

۴- سیستم کنترل صوتی

در این روش با استفاده از تکنیکهای پردازش صحبت سیستمی تعبیه شده است که می تواند جلو، عقب، راست و چپ را که توسط فرد ادا می شود، تشخیص داده و بر آن اساس صندلی را در جهت مناسب حرکت دهد. در این مجموعه به جای JOYSTICK یک میکرون وجود دارد که در مقابل دهان بیمار تعبیه می شود. و همچنین سیستم پردازش صحبت اضافه گردیده است. علاوه بر قطع تغذیه مدار هنگام صحبت کردن عادی تعبیه شده است.

۷- موارد استفاده از صندلی چرخدار

صندلی چرخدار برای افرادی استفاده می شود که به علل مختلف یا نباید راه بروند یا نمی توانند راه بروند.

۱-۷- مواردی که شخص نباید راه برود:

- ۱- مواقعی است که بر روی پا ممنوع است مثلاً در شکستگی تی بیا
- ۲- مواقعی که در ترمیم زخم اشکال ایجاد می گردد. مثلاً بعد از جراحی پا
- ۳- ضایعات مفاصل مثل روماتیسم زانو
- ۴- اشکلات قلبی ریوی، مانند میوکارتر
- ۵- بی ثباتی در راه رفتن مانند پارکینسون

۲-۷- مواردی که بیمار نمی تواند راه برود:

- ۱- قطع عضو مانند قطع دو پا از بالای زانو
- ۲- تغییر شکل اعضا مثلاً انحنای ساختاری^۱ زانو
- ۳- ضعف عضلانی مانند دیستروفی عضلانی
- ۴- دردناک بودن در موقع وزن انداختن روی پاها مثلاً در آتریت- روماتوئید

۸- موارد عدم استفاده از صندلی چرخدار

صندلی چرخدار یک وسیله کمکی مناسب است، ولی در بعضی از موارد استفاده از آن ممکن است عوارض نامناسبی داشته باشد. برخی از موارد به شرح زیر است:

۱- ضعف تنه

۲- فشارهای روی دیسک و ریشه عصب

^۱ - Contacture flecion

۳- کمردرد با علل Sprain یا Strain

۴- زخم ایسکیوم

۵- شکستگی های ستون فقرات

۶- شکستگی های لگن

خلاصه

در این فصل مشخصات صندلیهای چرخدار در حالت کلی و همچنین صندلی چرخدار الکتریکی بررسی گردید. اجزاء، انواع و ابعاد صندلی چرخدار استاندارد معرفی شده و پارامترهایی را که در هنگام تجویز باید در نظر گرفت بیان گردید. مشخصات صندلی چرخدار الکتریکی و مزایا و معایب آن نسبت به صندلی معمولی و همچنین نکات مهم در طراحی آن که هدف اصلی این پروژه است، مطرح کردیم. در پایان نیز موارد استفاده و عدم استفاده از صندلی چرخدار ذکر گردید.

www.kandoo.cn.com

فصل سوم

www.kandoo.cn.com

انتخاب ادوات مورد نیاز

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

مقدمه

صندلی چرخدار الکتریکی از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است. به طور عمده می‌توان شش قسمت مختلف را در نظر گرفت که شامل صندلی چرخدار، موتور الکتریکی، باتری، مدار کنترل سرعت، المان سوئیچ قدرت و وسیله ای برای هدایت صندلی توسط کابری^۱ موتور می‌باشد. در این فصل ابتدا در مورد دلائل ساخت مدلی از صندلی چرخدار^۲ بجای استفاده از صندلی آماده و همچنین چگونگی ساخت آن توضیح خواهیم داد در ادامه به بررسی انتخاب نوع موتور و مدار تحریک آن، انتخاب نوع و تعداد باطری و همچنین انتخاب عناصر مهم برای ساخت مدار تحریک خواهیم پرداخت.

۱-۳- صندلی چرخدار

با توجه به تعریف پروژه اولین قدم تهیه صندلی چرخدار می‌باشد. به دلائل زیر صندلیهای چرخدار معمولی در دسترس برای منظور ما مناسب نیستند:

- ۱- اغلب صندلیها از نوع تاشو بوده و به همین منظور در زیر صندلی اسکلت فلزی خاصی تعبیه گردیده است. لذا فضایی برای نصب باتری و موتورها وجود ندارد.
- ۲- در طراحی این صندلیها فقط وزن کاربر در نظر گرفته شده است، در نتیجه تحمل وزن باتری و موتورها را نخواهد داشت.
- ۳- چرخهای عقب پرتاب دار هستند و نصب پولی^۳ به آنها برای انتقال نیروی موتور به سادگی امکان پذیر نیست.
- ۴- صندلیهای موجود علاوه بر معایب فوق قیمت بالایی نیز دارند.

^۱ - Driver

^۲ - Prototype

^۳ - Pulley

به دلایل فوق تصمیم گرفتیم که مدلی از صندلی چرخدار بسازیم. این مدل شامل یک صفحه فولادی است که چهار چرخ در زیر آن نصب شده است (شکل (۱-۳)). ابعاد صفحه ۷۵cm*۷۵cm انتخاب شده است تا مساحت لازم برای قرار دادن باتری ها و یک صندلی معمولی بر روی آن وجود داشته باشد و همچنین ضخامت آن ۶mm است که بتواند وزن ادواتی را که بر روی آن قرار داده می شود تحمل کند. در زیر صفحه چهار چرخ نصب شده دو چرخ جلو هرز گرد هستند و دو چرخ عقب هم نقش چرخهای راننده و هم نقش چرخهای هدایت کننده را دارند.

تایر چرخهای عقب از نوعی که خاصیت ارتجاعی زیادی دارند انتخاب شده اند تا عملی شبیه به کمک فنر را هنگام برخورد به موانع انجام داده و مانع از انتقال نیروی ضربه ناشی از برخورد به بلبرینگ ها شود. چرخهای جلو هرزگرد هستند و برای جلوگیری از اصطکاک زیاد با سطح زمین، از چرخ یا تایی از جنس محکم استفاده کردیم. نحوه هدایت صندلی چرخدار در جهت های مختلف به این صورت طراحی شده است که از دو موتور برای راندن صندلی چرخدار استفاده شود تا صندلی قدرت مانور زیادی داشته باشد. هرگاه بخواهیم به سمت جلو حرکت کنیم هر دو موتور در جهت مثبت و هرگاه بخواهیم به سمت عقب حرکت کنیم هر دو موتور در جهت منفی می چرخند. با تغییر سرعت دو موتور نسبت به هم صندلی به چپ یا راست دور

خواهد زد. مزیت عمده استفاده از دو موتور که باعث افزایش قدرت مانور می شود امکان دور زدن اصطلاحاً «درجا» می باشد. برای دور زدن درجا باید موتورها با سرعت مساوی و در خلاف جهت یکدیگر بچرخند. در صورت استفاده از یک موتور چنین امکانی وجود ندارد. بنابراین هر چرخ عقب باید به نحوی به یک موتور متصل گردد. در ادامه نحوه انتقال نیرو چرخها و طراحی قسمتهای مکانیکی توضیح داده می شود:

برای انتقال نیرو از موتور به چرخ از روش متداول پولی^۱ و تسمه استفاده می شود. برای این منظور باید یک پولی به محور موتور و یک پولی دیگر به چرخ متصل گردد. در مورد نسبت شعاع پولیها، پس از انتخاب موتور توضیح خواهیم داد. برای اتصال پولی به چرخ، ابتدا یک صفحه گرد فولادی را با استفاده از سه عدد پیچ به چرخ وصل کردیم. مطابق شکل (۲-۳) عمود بر صفحه گرد میله ای فولادی به قطر ۲۰mm و به طول ۱۵cm جوش داده شد. حال بر روی این محور فولادی می توان پولی نصب کرد. پس از

نصب پولی، چرخ عقب آماده است و باید به نحوی به سیستم متصل گردد. به این منظور به سر دیگر میله فولادی، بلبرینگ نصب شده و بلبرینگ را در داخل جعبه یاتاقان^۲ محکم نمودیم. اگر جعبه یاتاقان مستقیماً به صفحه فولادی پیچ می شد، به علت ارتفاع کم صندلی در عقب، مجبور بودیم که برای نصب چرخهای هرزگرد جلو تمهیدات خاصی به کار ببریم. برای جلوگیری از این کار جعبه یاتاقان را در فاصله های حدود ۱۰cm از صفحه فولادی نصب کردیم. حال باید نوع بلبرینگ را انتخاب کنیم. ابتدا نیروی وارد بر آن را محاسبه می کنیم. در

^۱ - Pulley

^۲ - Bearing

بدترین حالت فرض می کنیم که کل وزن مجموعه روی چرخهای عقب وارد می شود. وزن کل مجموعه را حداکثر ۱۵۰ Kg در نظر می گیریم بنابراین هر چرخ ۷۵ Kg را تحمل خواهد کرد. در شکل (۳-۳) نمودار نیروهای وارد شده به میله فولادی رسم شده است:

شکل (۳-۳) نیروهای وارد شده به محور چرخ

با توجه به شکل (۳-۳) نیروی وارد شده به بلبرینگ را محاسبه می کنیم:

$$F_3 \times 2 = 75 \times 13$$

$$F_3 = 487.5 \text{ Kgf} = 4664.7 \text{ N}$$

$$F_2 \times 2 = 75 \times 15$$

$$F_2 = 562.5 \text{ Kgf} = 5518.1 \text{ N}$$

با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۳ بلبرینگ از نوع ۴۳۰۴A انتخاب شده که دارای دو ردیف ساچمه بوده و طبق مشخصات ذکر شده در کاتالوگ تا نیروی ۱۵۰۰ N را می تواند تحمل کند حداکثر گشتاور خمشی که به میله فولادی وارد می شود نیز برابر $2 \times 75 \times 13 \times 9.81 = 191 \text{ N.m}$ است که میله فولادی به قطر 20mm تا 400 N.m را تحمل می کند.

با ساخته شدن مدل صندلی چرخدار که از این به بعد در این گزارش صندلی چرخدار نامیده می شود، در مورد انتخاب موتور توضیح خواهیم داد.

۳-۲- موتور

در انتخاب موتور پارامترهای مختلفی مانند مشخصات بار، مشخصات منبع تغذیه و شرایط محیطی دخیل هستند. مشخصات بار شامل توان، سرعت و گشتاور مورد نیاز می باشد. برای این انتخاب موتور ابتدا توان مورد نیاز را محاسبه می کنیم.

۳-۲-۱- محاسبه توان مورد نیاز برای حرکت صندلی چرخدار

توانی که لازم است تا جسمی را با سرعت ثابت حرکت دهد، برابر با حاصلضرب نیروی لازم برای راندن جسم و سرعت حرکت آن، است. حداکثر سرعت و وزن صندلی چرخدار الکتریکی را مطابق روابط زیر فرض می کنیم.

$$V_m = \text{حداکثر سرعت صندلی چرخدار} = 3 \text{ m/s}$$

$$M = 150 \text{ Kg} = \text{جرم کل صندلی با کابری}$$

برای محاسبه نیروی لازم باید ضریب اصطکاک را نیز داشته باشیم. این ضریب بسیار متغیر بوده و به میزان صاف بودن مسیر و همچنین به جنس چرخها و میزان تماس آنها با سطح جاده بستگی دارد. در این جا مقدار آن را برابر ۰/۱ فرض می کنیم، اگرچه ر سطوح صاف مانند

کفهای سیمانی ضریب اصطکاک حدود ۰/۰۷ است. [۱۴] و [۹].

$$\mu = 0.1 = \text{ضریب اصطکاک}$$

$$F = \text{نیروی لازم برای راندن صندلی چرخدار} = \mu \times Mg = 0.1 \times 150 \times 9.8 = 147 \text{ N}$$

$$P = \text{توان مورد نیاز} = F \times V_m = 147 \times 3 = 441 \text{ W}$$

با استفاده از دو موتور ۲۲۰ وات می توانیم توان مورد نیاز را فراهم کنیم. در فصل دوم در مورد مشخصات صندلی چرخدار الکتریکی ذکر شد که صندلی باید بتواند شیب ۱۰٪ را با سرعت مناسبی بالا برود. در اینجا سرعت ویلچر را در شیب ۱۰٪ محاسبه می کنیم. با توجه به شکل

(۳-۴) در هنگام حرکت در سربالایی، موتورها باید علاوه بر نیروی اصطکاک بر مؤلفه ای از نیروی وزن که در امتداد مسیر است نیز غلبه کنند:

شکل (۳-۴): نیروهای وارد شده به صندلی چرخدار در سطح شیبدار

$$F = Mg \cdot \sin \theta + \mu \cdot Mg \cdot \cos \theta$$

$$F = 150 \times 9.8 \times 0.1 + 0.1 \times 9.8 \times 0.995$$

$$F = 293.3$$

$$\text{سرعت در شیب} = \frac{P}{F} = \frac{441}{293.3} = 1.5 \text{ m/s}$$

می بینیم که سرعت در شیب $1.5 \text{ m/s} \times 10\%$ است که بیشتر از سرعت راه رفتن معمولی انسان در مسیر صاف بوده و با توجه به شیب زیاد مسیر (۱۰٪) سرعت مناسبی می باشد.

با مشخص شدن توان مورد نیاز، مبحث انتخاب موتور را پی می گیریم:

موتورها در حالت کلی به دو گروه DC و AC تقسیم می شوند. موتورهای AC از منبع AC

تغذیه می شوند و نسبت به موتورهای DC هم حجمشان توان بالاتری داشته و مهمتر اینکه

هزینه تعمیر و نگهداری برخی از انواع آنها در حد صفر است [۱۱]. در کنار این مزایا موتور AC

این عیب را نیز دارد که سرعت آن به طور مستقیم به فرکانس منبع تغذیه است. بنابراین برای

کنترل سرعت موتور AC باید یک منبع تغذیه سه فاز با دامنه و فرکانس متغیر ساخت که

کاری پیچیده و پرهزینه است. کنترل سرعت در موتورهای DC بسیار ساده تر از موتور AC

است. با تغییر متوسط ولتاژ دو سر آرمیچر در یک موتور DC تحریک جداگانه یا مغناطیس

دائم می توان به راحتی سرعت آن را کنترل نمود. عیب موتورهای DC وجود جاروبک در

ساختمان آنهاست که باید بعد از مدتی استفاده تعویض شوند و این امر باعث افزایش هزینه

نگهداری و سرویس موتور می شود. با این حال علی رغم پیشرفت های زیادی که در الکترونیک قدرت و الگوریتم های کنترل صورت گرفته و کنترل سرعت موتورهای AC کم هزینه تر و مطمئن تر شده است ولی هنوز هم هر جا که کنترل سرعت، به خصوص در محدوده ای وسیع مطرح باشد، موتور DC انتخاب مناسب تری است [۴]. در توانهای بالا موتور AC دو مزیت عمده دارد: اولاً قیمت آن نسبت به مشابه DC بسیار کمتر است و دوم اینکه هزینه تعمیر و نگهداری آن ناچیز می باشد. در مورد صندلی چرخدار الکتریکی به علت پایین بودن توان مزایای موتور AC به هیچ وجه هزینه و پیچیدگی مدار کنترل سرعت^۱ را توجیه نمی کند. به خصوص که ما در طرح خود از دو موتور استفاده کرده ایم و به دو مدار تحریک نیاز داریم. بنابراین برای استفاده در صندلی چرخدار الکتریکی از موتور DC استفاده می کنیم. موتورهای DC معمولی که در صنعت استفاده می شوند نسبت به موتور AC در توان مساوی، حجم و وزن بیشتری دارند. زیاد بودن حجم و وزن موتور باعث می شود که در مورد صندلی چرخدار دچار مشکل شویم. خوشبختانه موتورهای DC مغناطیس دائم مخصوص صندلی چرخدار الکتریکی طراحی شده اند که در حجم و وزن خیلی کم توان قابل ملاحظه ای تحویل می دهند ولی در مقابل راندمان پائینی دارند. پائین بودن راندمان باعث تلفات حرارتی شده و درجه حرارت موتور را بالا می برد ولی از آنجا که این موتور در صندلی چرخدار استفاده می شود و تلفات حرارتی زمانی بالا است که صندلی با سرعت در حال حرکت است، لذا جریان هوای اطراف موتور به خنک شدن آن کمک می کند. در این پروژه از موتور مدل ANCN۷۱۵۲ ساخت کارخانه King Right Motor استفاده کردیم. مشخصات موتور در ضمیمه (۱) آورده شده است. با دقت در مشخصات موتور می بینیم که با وزن ۲.۸Kg توانی در حدود ۲۸۵ W

^۱ - Driver

تولید می کند ولی راندمان آن پائین بوده و حداکثر ک ۴۸.۴۷٪ می باشد. در اینجا انتخاب موتور را به پایان می بریم.

۲-۲-۳- محاسبه نسبت شعاع پولی چرخ به پولی موتور

نکته آخر در مورد طراحی مکانیک، محاسبه نسبت قطر پولی متصل به چرخ و پولی متصل به محور موتور می باشد. اگر سرعت و راندمان موتور ثابت بود، این نسبت به سادگی محاسبه می شد:

$$R: \text{شعاع چرخ} = 10 \text{ cm}$$

$$V_m: \text{حداکثر سرعت صندلی چرخدار} = 3 \text{ m/s}$$

$$N_m: \text{حداکثر سرعت چرخ بر حسب دور در دقیقه} = \frac{V_m}{2\pi R} \times 60 = 286.5 \text{ rpm}$$

در ادامه این نسبت را با در نظر گرفتن مشخصه گشتاور-سرعت موتور را ۵۰۰ rpm فرض کنیم، خواهیم داشت:

$$a = \text{نسبت شعاع پولی موتور به شعاع پولی چرخ} = \frac{500}{286.5} = 1.75$$

در ادامه این نسبت را با در نظر گرفتن مشخصه گشتاور-سرعت موتور به دست می آوریم و خواهیم دید که نتیجه با عدد مذکور متفاوت خواهد بود.

نسبت شعاع پولی موتور به شعاع پولی چرخ: a

R : شعاع چرخ عقب

μ : ضریب اصطکاک

حداکثر سرعت صندلی چرخدار: V_m

جرم کل مجموعه: M

نیروی مورد نیاز برای حرکت صندلی چرخدار: F

کل گشتاور ماکزیموم تولید شده توسط چرخ: τ_m

گشتاور تولید شده توسط یک چرخ: τ

توان مورد نیاز برای حرکت صندلی: P

سرعت زاویه ای چرخها در سرعت V_m : ω_m

$$F = \mu.Mg$$

$$P = F.V_m = \mu.Mg.V_m$$

$$P = \tau_m.\omega_m$$

$$V_m = \omega_m.R$$

با در نظر گرفتن روابط (۲-۳) گشتاوری که به هر چرخ باید اعمال شود، نصف گشتاور کل بوده و برابر است با:

$$\tau = \frac{1}{2} \mu.Mg.R \quad (3-3)$$

واضح است که اگر نسبت شعاع پولیها a باشد، آنگاه گشتاور تولید شده توسط موتور برابر $\frac{1}{a}$

گشتاور چرخ و سرعت موتور a برابر سرعت چرخ خواهد بود.

با استفاده از درونیایی خطی از روی کاتالوگ موتور، رابطه گشتاور - سرعت موتور از رابطه (۴-۳) به دست می آید:

$$\omega_{motor} (rpm) = 503 - 2.12 \tau_{motor} (Kg.cm) \quad (3-4)$$

با قرار دادن گشتاور موتور که برابر $\frac{1}{a}$ مقدار رابطه (۳-۳) است در رابطه (۴-۳) داریم:

$$\omega_{motor}(rpm) = 503 - 1.06 \frac{\mu.M.R}{a} \quad (3-5)$$

$$\omega_{whell}(rpm) = \frac{1}{a} \omega_{motor}(rpm) = \frac{503}{a} = \frac{503}{a} - 1.06 \frac{\mu.M.R}{a^2}$$

$$V : \text{سرعت صندلی چرخدار الکتریکی} = \frac{\omega_{whell}(rpm)}{60} \times 2\pi R \quad (6-3)$$

$$V = \frac{0.527R}{a} - \frac{1.11 \times 10^{-3} \mu.M.R^2}{a^2} \quad (\mu \text{ بطور تقریبی با اندازه گیری به دست آمد})$$

با قرار دادن این مقادیر در رابطه (۳-۶)، $a=1.4$ بدست می آید.

a نسبت شعاعهای پولی چرخ و پولی موتور می باشد ولی در مورد اندازه خود شعاع، اطلاعی به

دست نمی دهد. در تئوری فقط a مهم است ولی در عمل اگر شعاعها کوچک انتخاب شوند،

اصطکاک تسمه با آنها کم شده و انتقال نیرو به خوبی صورت نمی گیرد. از طرفی بزرگ انتخاب

کردن اندازه پولیها علاوه بر محدودیت های مکانیکی هزینه را نیز بالا می برد. با این توضیحات

مقادیر زیر برای پولیها انتخاب شد:

$$R_{pw} = 5 \text{ cm} \quad \text{شعاع پولی چرخ}$$

$$R_{pm} = 3.5 \text{ cm} \quad \text{شعاع پولی موتور}$$

در استفاده از رابطه (۳-۶) تذکر این نکته لازم است که حداکثر گشتاوری که موتور می تواند

تولید کند محدود است و در نتیجه در انتخاب a محدودیت خواهیم داشت:

با توجه به کاتالوگ موتور در ضمیمه (۳)، حداکثر گشتاوری که موتور ۲۱۵۲ ANCN می

تواند ایجاد کند، 90 Kg.cm می باشد. با استفاده از رابطه (۳-۳) خواهیم داشت:

$$\frac{1}{2a} \mu.M.R < 90$$

$$a > \frac{\mu MR}{180}$$

با مقادیر (۳-۷) در رابطه (۳-۸)، $a > 0.625$ بدست می آید. بنابراین $a = 1.4$ در محدوده مجاز می باشد. در ادامه انواع باتریها را بررسی کرده و نوع مناسب آن را انتخاب خواهیم کرد.

۳-۳- باتری

باتری مبدل انرژی شیمیایی به الکتریکی بوده و جزء اولین منابع انرژی الکتریکی می باشند. اختراع باتری قدمتی ۲۰۰ ساله دارد و ۱۰۰ سال است که به صورت انبوه تولید می شوند. [۱۵]. باتریها از هر نوع که باشند، از دو الکترود مثبت و منفی و الکترولیت تشکیل شده اند. نامگذاری باتریها بر اساس جنس الکترودها و یا ماده الکترولیت انجام می شود. در یک تقسیم بندی کلی باتری، به دو گروه تقسیم می شوند.

۱- باتریهای یکبار مصرف

در این باتریها که خود انواع و اقسام متعددی دارند واکنشهای شیمیایی که تولید انرژی الکتریکی می کنند، یک طرفه بوده و برگشت پذیر نمی باشند. بنابراین با تکمیل واکنشهای شیمیایی، اصطلاحاً باتری تمام شده و باید دور انداخته شد. واضح است که این نوع باتری برای صندلی چرخدار الکتریکی مناسب نیست. بنابراین توضیح در مورد این نوع باتری را با یادآوری این نکته به پایان می بریم که این نوع باتریها به هیچ وجه قابل شارژ نیستند و اقدام به اینکار ممکن است باعث انفجار شود.

۲- باتری های قابل شارژ مجدد^۱

واکنشهای شیمیایی در این باتریها برگشت پذیر می باشند. با دادن انرژی الکتریکی به باتری دشارژ^۲ شده می توان آنرا مجدداً شارژ^۳ نمود. باتری قابل شارژ دارای پارامترهای مختلفی است که شامل ظرفیت، چگالی انرژی، حداکثر توان قابل دسترس و تعداد دفعات شارژ می

^۱ - Rechargeable

^۲ - Discharge

^۳ - Charge

باشد. ظرفیت^۱ معیاری برای سنجش میزان انرژی ذخیره شده در باتری می باشد. ظرفیت که با علامت «C» نشان داده می شود با واحد آمپر ساعت اندازه گیری می گردد. به عنوان مثال یک باتری ۴۰ آمپر ساعت می تواند جریان ۵ آمپر را به مدت ۸ ساعت تأمین کند. در ظاهر به نظر می رسد که چون انرژی ذخیره شده در باتری مقدار ثابتی است، پس یک باتری ۶۰ آمپر ساعت باید بتواند جریان ۶۰ آمپر را به مدت یک ساعت تأمین نماید. ولی متأسفانه چنین نیست و یک رابطه خطی در این زمینه وجود ندارد. به همین دلیل ظرفیت باتریها را بر اساس جریان تعریف می کنند. مثلاً (Ah) ۴۰ یعنی جریان ۵ آمپر را به مدت ۸ ساعت تأمین می کند.

در حال حاضر تحقیقات وسیعی در مورد باتریها در حال انجام است تا ظرفیت، تعداد دفعات شارژ مجدد و قابلیت اطمینان باتری را افزایش داده و همچنین از وزن و حجم آن بکاهند. [۸].
باتریهای قابل شارژ به دو گروه عمده تقسیم می شوند:

۱- باتری نیکل کادیوم^۲

۲- باتری سرب-اسید^۳

۱-۳-۳- باتری نیکل کادمیوم

باتریهای نیکل- کادمیوم در اوایل قرن بیستم اختراع شدند ولی مصرف تجاری آنها از دهه ۱۹۶۰ شروع شد. علامت اختصاری این باتری NiCd است که اغلب به صورت مخفف Nicad نامیده می شود. الترودهای این باتری از صفحات فولادی است که به طریق شیمیایی رسوب گذاری^۴ شده اند. قطب منفی با فلز کادمیوم و قطب مثبت با ئیدرات نیکل^۵ پوشیده شده و

^۱ - Capacity

^۲ - Nickel- Cadmium

^۳ - Lead- Acid

^۴ - Sinterized

^۵ - Nickel Hydrate

الکترولیت آن هیدروکسید پتاسیم (KOH) می باشد. چ گالی الکترولیت در Nicad ها تغییر نمی کند. این باتریها ظرفیت بالایی داشته و چگالی توان و انرژی زیادی دارند و همچنین می توان آنها را به دفعات زیاد، مجدداً شارژ کرد.

۱-۳-۳- شارژ باتری Nicad

به دلیل مقاومت درونی بسیار کم باطری Nicad، نمی توان آنرا با منبع ولتاژ شارژ کرد. چرا که جریانهای شدیدی کشیده شده و به باتری و شارژ آسیب می رساند. لذا برای شارژ Nicad با جریان ثابت منبع جریان استفاده می کنیم. به عنوان یک قانون کلی در شارژ باطریهای

Nicad را باید با جریانی معادل $\frac{C}{10}$ (یک دهم ظرفیت) شارژ کرد. یعنی با جریانی که از لحاظ

عددی برابر $\frac{1}{10}$ ظرفیت باتری است. انتظار داریم که با نرخ شارژ $\frac{1}{10}$ مدت ۱۰ ساعت طول

بکشد که باتری کاملاً شارژ شود ولی به دلائلی که در ادامه بحث خواهیم دید این زمان چیزی در حدود ۱۴ ساعت می باشد. البته باتری Nicad را می توان با جریانهای بیشتر و یا کمتر از

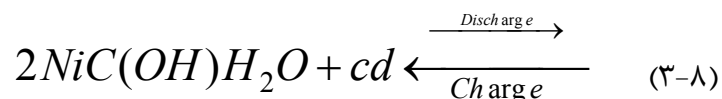
$\frac{C}{10}$ شارژ کرد ولی در آن صورت مدار شارژر باید با دقت بیشتری طراحی شود. جریانهای کمتر

از $\frac{1}{10}$ ممکن است که باتری را شارژ نکرده و جریانهای بیشتر از $\frac{1}{10}$ اگر بعد از شارژ کامل^۱

اعمال شوند، خطرناک خواهند بود.

۲-۳-۳- شارژ کامل و اضافه شارژ^۲

معادله شیمیایی حاکم در باطری Nicad به صورت زیر می باشد:



^۱ - Full charge

^۲ - Over charge

وقتی که یک Nicad کاملاً شارژ شد به آخرین حد توانایی خود در تولید مواد شیمیایی سمت چپ معادله (۳-۸) رسیده است که به آن شارژ کامل گفته می شود. پس از آن، چنانچه شارژ را ادامه دهیم (اضافه شارژ) آب موجود در الکترولیت به صورت اکسیژن در قطب مثبت و هیدروژن در قطب منفی تجزیه می شود. بنابراین اضافه شارژ باعث تولید گاز شده و می تواند مشکل آفرین شود. به همین دلیل سازندگان معمولاً میزان کادمیوم (قطب منفی) را بیشتر از قطب مثبت می گیرند تا دیرتر اشباع شود و اقدام به آزاد سازی هیدروژن نکند. در نتیجه این کار اضافه شارژ تا حدی قابل قبول است. در عمل مشخص شده است که این حد برابر $\frac{C}{10}$ می باشد. بنابراین با جریان $\frac{C}{10}$ می توان برای مدت طولانی باتری را شارژ کرد.

۳-۳-۱-۳- شارژ سریع^۱

تا قبل از شارژ شدن کامل باتری Nicad جریانهای خیلی بیشتر از $\frac{C}{10}$ تا حدود ۵C را می توان با اطمینان کامل به کار برد بدون آنکه عمر باتری کاهش یابد. مسأله ای که در اینجا باید به آن دقت کرد، آشکار کردن نقطه ای است که در آن باتری کاملاً شارژ شده است. این عمل با توجه به سرعت زیاد شارژ، کار ساده ای نیست. بنابراین شارژهای سریع باید دستگاههای هوشمندی باشند. برای این منظور تراشه های خاصی نیز طراحی شده اند. [۱۵].

ولتاژ نامی Nicad حدود $V 1.2$ و تا $\frac{3}{4}$ سیکل دشارژ به طور خیلی خوبی ثابت می ماند. حداکثر جریان دشارژ دائمی، می تواند بین ۵C و $10C$ باشد که با توجه به بالا بودن ظرفیت، جریان بسیار زیادی است و در نتیجه همانطور که گفتیم، چگالی توان در باتری Nicad بسیار بالا است. دشارژ خود به خود Nicad در دمای $25^{\circ}C$ برابر ۱٪ و در دمای باتری Nicad

^۱ - Fast charging

بسیار بالا است. دشارژ خود به خود Nicad ، سمی بودن فلز به کار رفته در قطب منفی می باشد.

۲-۳-۳- باتری سرب- اسید

باتریهای سرب- اسید از جمله باتریهای قابل شارژ می باشند که به طور عمده در اتومبیلها به کار می روند. ولتاژ هر سلول باتری به طور متوسط $2V$ است و باتریهای با ولتاژ بالاتر، از سری کردن چند سلول ساخته می شود. این باتریها در ولتاژهای $6V$ ، $12V$ و $24V$ موجود می باشند و ظرفیت آنها از چند آمپر- ساعت تا چند ساعت آمپر- ساعت متغیر است. به طور معمول آنچه که در اتومبیلهای امروزی رایج است ، $12V$ ، $60Ah$ می باشد. ولتاژ هر سلول در حالت کاملاً شارژ حداکثر $2.4V$ و در حالت کاملاً دشارژ $1.8V$ است. قطب مثبت صفحه ای از جنس اکسید سرب (PbO_2) به رنگ قهوه ای و قطب منفی صفحات سربی خاکستری رنگ است. الکترولیت مخلوطی از اسید سولفوریک و آب است. در هنگام دشارژ شدن باتری؛ هر دو قطب مثبت و منفی به سولفات سرب تبدیل می شوند. سولفات سرب، اگر برای مدت طولانی روی صفحات باتری باقی بماند، به صورت کریستال سفید رنگ و سختی در می آید و تمایل چندانی باری بازگشت به الکترولیت، در هنگام شارژ نخواهد داشت. که در این حالت اصطلاحاً گفته می شود که باتری فاسد شده است. به همین دلیل هیچگاه برای مدت طولانی نباید باطری سرب- اسید را در حالت ضعیف رها کرد. چنانچه بخواهیم باطری را برای مدت طولانی بدون استفاده رها کنیم دو کار می توانیم انجام دهیم؛

۱- باطری راهمواره تحت شارژ مداوم قرار دهیم.

۲- باطری را کاملاً شارژ کرده و الکترولیت آنرا خارج کنیم.

۱-۲-۳- شارژ باطری سرب اسید:

این باتریها می توانند با اعمال یک ولتاژ ثابت با جریان محدود، یک جریان ثابت یا چیزی بین این دو شارژ شوند. در شارژ با ولتاژی ثابت و جریان محدود، یک ولتاژ ثابت اعمال می شود که مقدار آن به طور نمونه بین $2.3V$ تا $2.6V$ به ازای هر سلول می باشد. در آغاز باتری یک جریان زیاد می کشد (تا $2C$) که می توان آنرا به مقدار پائین تری محدود کرد. اما همچنانکه باتری شارژ می شود این جریان کاهش می یابد و در شارژ کامل به یک جریان ثابت خیلی کوچک می رسد. باطری را با حفظ یک ولتاژ شناور ثابت بین $2.4V$ تا $2.3V$ به ازای هر سلول می توان به طور نامحدود و در حالت شارژ نگه داشت.

ظرفیت این نوع باتری کمتر از باتریهای Nicad بوده و مقاومت درونی آن نیز بیشتر است و به همین دلیل می توان آنرا با منبع ولتاژ شارژ نمود. اگر فقط ظرفیت و تعداد دفعات شارژ مورد نظر باشد باتری Nicad بهتر از باتری اسیدی می باشد. به همین دلیل در بیشتر اتومبیلهای برقی از باتری Nicad استفاده می شود. ولی آنچه که در این پروژه مطرح است قیمت در دسترس بودن و همچنین نکات ایمنی می باشد. باتری نیکل کادمیوم با ظرفیت بالا در ایران کمیاب است و انواعی که یافت می شود نیز سلولهای حجیم و پرتوان $1.2V$ می باشد که برای منظور ما مناسب نبوده و علاوه بر آن قیمت بسیاری زیادی نیز دارند. به این عوامل سعی بودن فلز کادمیوم را نیز باید اضافه کرد که در نتیجه باید حفاظت کاملی از محفظه باتری به عمل آید.

با توجه به آنچه گفته شد به علت دسترس بیشتر به باطری سب- اسید در بازار ایران و به طور کلی قیمت مناسبتر آن و همچنین امکان شارژ ساده تر، در این پروژه از باتری سرب- اسید با ظرفیت $60Ah$ و ولتاژ $12V$ استفاده شد.

با توجه به موتور انتخاب شده به دو دلیل از دو عدد باتری اتومبیل سری شده به این منظور استفاده می کنیم:

۱- ولتاژ نامی موتور ANCN۷۱۵۲، ۲۴ ولت است و استفاده از دو باتری سری شده ما را از طراحی مبدل DC/ DC افزایشده که ولتاژ ۱۲ ولت را به ۲۴ ولت تبدیل میکند بی نیاز می سازد.

۲- دلیل مهمتر برای استفاده از دو باتری افزایش دامنه صندلی چرخدار می باشد. در ادامه مسافتی که صندلی چرخدار الکتریکی با دو باتری طی می کند را محاسبه می کنیم. در بخش (۱-۲-۳) دیدیم که برای حرکت صندلی چرخدار با سرعت 3 m/s نیاز به توانی برابر 441 W می باشد:

$$P = 441 \text{ W} = \text{توان لازم برای حرکت}$$

$$\eta_{motor} = 45\% = \text{راندمان موتورها}$$

$$\eta_{motor} = 90\% = \text{راندمان مدار کنترل سرعت}$$

زمان حرکت $t =$

مسافت طی شده $D :$

کل انرژی ذخیره شده در باتریها $W_0 :$

کل انرژی مکانیکی تولید شده توسط موتورها $W_1 :$

با توجه به تعاریف و مقادیر رابطه (۹-۳) خواهیم داشت:

$$W_0 = 24V \times 60Ah = 1440Wh$$

$$W_1 = W_0 \times \eta_{motor} \times \eta_{driver} = 1440 \times 0.045 \times 0.9 = 583.2Wh$$

$$t = \frac{W_1}{P} = \frac{583.2}{441} = 1.32h$$

$$D = V \times t = 3 \times 3.6 \times 1.32 = 14.3km$$

بنابراین با استفاده از دو باتری با یک بار شارژ صندلی چرخدار الکتریکی می تواند مسافت ۱۴

Km را طی کند. اگر فرض کنیم که باتریها فقط در یک محل خاص شارژ شوند و صندلی

چرخدار نیز در مسیر مستقیم حرکت کند، محدوده حرکت صندلی دایره ای به شعاع حداکثر ۷

Km خواهد بود. که در عمل برای اطمینان و در نظر گرفتن این نکته که صندلی فقط در مسیر مستقیم حرکت نمی کند، شعاع حرکت حدود ۵Km خواهد بود. حال اگر از یک باتری استفاده شود این مقدار به نصف کاهش می یابد که کاربرد صندلی را محدود تر خواهد نمود. بنابراین به عنوان منبع انرژی از دو عدد باتری ۱۲ V و ۶۰ Ah استفاده گردید.

۳-۴- مدار کنترل سرعت^۱

سرعت موتور DC، در حالت ماندگار، از رابطه زیر به دست می آید. [۱۱]:

$$N = \frac{V_t - R_a \cdot I_a}{K \phi} \quad (3-11)$$

که در آن N سرعت موتور، V_t ولتاژ دو سر آرمیچر، R_3 مقاومت سیم پیچ آرمیچر، I_a جریان آرمیچر، K ضریب ثابتی وابسته به ساختمان موتور و ϕ شار مغناطیسی زیر هر قطب می باشد. قبل از آنکه پیشرفتهای جدید در الکترونیک قدرت صورت بگیرد، ساخت منابع تغذیه DC متغیر به سادگی امکانپذیر نبود. لذا از روش تغییر مقاومت آرمیچر برای کنترل سرعت استفاده می شد که تلفات زیادی داشت. امروزه به استفاده از پیشرفتهای صورت گرفته در الکترونیک قدرت به راحتی می توان از یک منبع DC و یا AC ثابت، منابع تغذیه DC متغیر ساخت. بنابراین در سیستمهای جدید، از روش کنترل ولتاژ دو سر آرمیچر و کنترل شار مغناطیسی هر قطب، به طور جداگانه و یا همزمان استفاده می شود. کنترل شار با کنترل ولتاژ سیم پیچ میدان در موتورهای تحریک جداگانه امکان پذیر است. از آنجا که موتور مورد استفاده از نوع DC مغناطیس دائم است، ϕ مقادیر ثابتی است. بنابراین تنها روش باقیمانده برای

^۱ - Driver

کنترل سرعت، تغییر ولتاژ دو سر آرمیچر می باشد. البته کنترل متوسط ولتاژ به شرط آنکه هارمونیکها به اندازه کافی از سطح DC دور باشند برای این منظور کافی خواهد بود. بنابراین مدار تحریک موتور باید از یک منبع DC، منبع DC دیگری با متوسط ولتاژ متفاوت بسازد. این تعریف، دقیقاً مشخص کننده یک برشگر^۱ می باشد. در ادامه در مورد برشگر توضیح خواهیم داد:

برشگرها به طور گسترده برای کنترل سرعت موتورهای DC استفاده می شوند. به وسیله برشگرها می توان به راندمان بالا، پاسخ دینامیکی سریع و کنترل دور در سرعتهای خیلی کم دست یافت و با استفاده از خاصیت بازیابی انرژی^۲، انرژی بار را به منبع بازگرداند. اصول کار یک برشگر کاهنده را می توان توسط شکل (۳-۵) تشریح کرد. وقتی که کلید SW به مدت زمان t_1 بسته می شود، ولتاژ ورودی V_s دو سر بار ظاهر می گردد. با باز شدن کلید به مدت t_2 ولتاژ دو سر بار صفر می شود.

شکل (۳-۵): برشگر کاهنده با بار اهمی

ولتاژ متوسط خروجی از معادله زیر به دست می آید:

^۱ - Chopper

^۲ - Regeneration

$$V_a \frac{1}{T} \int_0^T v_o dt = \frac{t_1}{T} F_s = f t_1 V_s = a V_s \quad (3-11)$$

دوره کار، a ، می تواند با تغییر t_1 ، T و یا f از ۰ تا ۱ تغییر کند. بنابراین، متوسط ولتاژ خروجی v_o می تواند با تغییر a از ۰ تا V_s تغییر کند.

با توجه به اینکه t_1 ، T تغییر کنند عملکرد برشگرها را می توان به دو گروه تقسیم کرد:

۱- عملکرد فرکانس ثابت:

در این حالت فرکانس برشگر، f ثابت نگه داشته شده و زمان وصل t_1 تغییر داده می شود. در نتیجه پهنای پالس عوض می شود و فرکانس آن ثابت نگه می ماند. به همین دلیل به این روش کنترل مدولاسیون پهنای پالس (PWM)^۱ گفته می شود.

۲- عملکرد فرکانس متغیر

در این حالت فرکانس برشگر، f ، تغییر کرده و زمان وصل t_1 ثابت نگه داشته می شود. این روش مدولاسیون فرکانس نامیده می شود. برای بدست آوردن محدوده ولتاژ خروجی، فرکانس باید در محدوده وسیعی تغییر کند که به دلیل تولید هارمونیک هایی با فرکانس غیر قابل پیش بینی، کاربرد چندانی ندارد. بنابراین در این پروژه از روش PWM استفاده گردید.

برشگر شکل (۳-۵) فقط اجازه می دهد که توان از منبع به بار جاری شود و به عنوان برشگر کلاس A شناخته می شود. بسته به جهت های عبور جریان و ولتاژ برشگرها به ۵ نوع تقسیم می شوند:

A برشگر کلاس

B برشگر کلاس

C برشگر کلاس

E برشگر کلاس

^۱ - Pulse Width Modulation

در شکل (۳-۶) انواع برشگر از نظر نواحی کار مشخص شده اند.

شکل (۳-۶): تقسیم بندی برشگرها

A: برشگر کلاس

در این برشگر جریان به طرف بار جاری می شود. مطابق شکل (۳-۶) ولتاژ جریان بار مثبت هستند. این برشگر یک برشگر یک ربعی است و به عنوان یکسو کننده عمل می کند. اگر از این برشگر برای تغذیه موتور یک وسیله نقلیه استفاده شود، وسیله را در حالت حرکت رو به جلو کنترل خواهد کرد و به هنگام ترمز انرژی جنبشی سیستم به حرارت تبدیل خواهد شد. اصطلاحاً به این برشگر کنترل کننده یک جهت دور موتور DC گفته می شود.

B: برشگر

مطابق شکل (۳-۶) در این برشگر ولتاژ بار مثبت و جریان بار منفی است. این برشگر نیز یک برشگر یک ربعی می باشد، ولی در ربع دوم کار می کند و گفته می شود که به عنوان برشگر عمل می کند. یک برشگر کلاس B در شکل (۳-۷) نشان داده شده است که در آن باتری E

قسمتی از بار است و می تواند قسمتی از نیروی ضد محرکه یک موتور DC باشد. وقتی که کلید S_1 روشن می شود، ولتاژ E جریان را از طریق سلف L جاری می کند و ولتاژ بار v_L صفر می شود.

v_L ولتاژ لحظه ای بار و i_L جریان بار در شکل (۳-۷) نشان داده شده اند. اگر اندوکتانس بار بزرگ باشد و جریان بار را مقدار ثابت I فرض کنیم توانی که منبع با ولتاژ V، در دوره کار a، تحویل داده می شود از رابطه (۳-۱۲) بدست می آید:

$$P = (1-a)VI \quad (3-12)$$

با استفاده از این برشگر به هنگام ترمز در حرکت رو به جلو می توان انرژی را به منبع باز گرداند. به این عمل ترمز یابی^۱ می گویند که باعث افزایش راندمان سیستم می گردد.

برشگر کلاس C

مطابق شکل (۳-۶) در این برشگر جریان بار می تواند مثبت یا منفی باشد. ولتاژ بار همیشه مثبت است. به این برشگر به عنوان یک برشگر دو ربعی شناخته می شود. برای تشکیل برشگر کلاس C، مطابق شکل (۳-۸) برشگرهای کلاس A و B می توانند با هم ترکیب شوند. S_1 و D_2 به صورت برشگر کلاس A عمل می کنند و S_2 و D_1 نیز به صورت برشگر کلاس B عمل می کنند. باید مراقب بود تا دو کلید با هم روشن نشوند. در غیر این صورت منبع V_s

^۱ - Regenerative Braking

اتصال کوتاه خواهد شد. یک برشگر کلاس C می تواند به عنوان یکسو کننده و اینورتر^۱ عمل کند. این برشگر می تواند موتور را همزمان در حالت موتوری و ترمزی کنترل نماید.

شکل (۸-۳) برشگر کلاس C

برشگر کلاس D

در این برشگر جریان بار همیشه مثبت است. ولتاژ بار مطابق شکل (۳-۶) مثبت یا منفی می باشد. یک برشگر کلاس D نیز مطابق شکل (۳-۹) می تواند به عنوان یک یکسو کننده و یا اینورتر عمل نماید. اگر S_1 و S_4 روشن شوند، v_L و i_L مثبت می شوند. اگر S_1 و S_4 خاموش شوند، در بار اندکتناس بالا، دیودهای D_2 و D_3 جریان بار مسیری را فراهم آورده و v_L معکوس خواهد شد. از این برشگر می توان برای انجام ترمز بازیابی در حالت موتوری معکوس^۲ استفاده نمود.

شکل (۳-۹): برشگر کلاس C

برشگر کلاس E:

^۱ - Inverter

^۲ - Reverse motoring

مطابق شکل (۳-۶) هم جریان و هم ولتاژ بار می تواند مثبت یا منفی باشند. این برشگر به عنوان یک برشگر چهار ربعی شناخته می شود. برای تشکیل یک برشگر کلاس E، مطابق شکل (۳-۱۰) می توان دو برشگر کلاس C را با هم ترکیب نمود. از این برشگر برای کنترل دو جهت دور موتور DC با خاصیت ترمز بازیابی در هر دو جهت می توان استفاده نمود.

شکل (۳-۱۰): برشگر کلاس E

حال باید یکی از این برشگرها را به منظور کنترل موتورهای صندلی چرخدار انتخاب نماییم. در ابتدا به نظر می رسد به دلیل کنترل دور موتور در هر دو جهت برشگر کلاس E بهترین انتخاب باشد. این برشگر دارای چهار کلید^۱ قدرت و چهار دیود قدرت می باشد که با در نظر گرفتن مدار فرمان، مداری مفصل بوده و دارای هزینه بالایی است. در ادامه خواهیم دید که با حذف ترمز ارزیابی می توانیم با روشهای ساده تری موتورها را کنترل نماییم.

ابتدا مسئله بازگشت انرژی به منبع را دقیقتر بررسی می کنیم:

اصل بازیابی انرژی برای افزایش راندمان به کار می رود. وقتی که کنترل کننده های سرعت برای موتورهای بزرگ طراحی می شوند، مسأله راندمان اهمیت زیادی دارد. در اینگونه موتورها توان بازگشت داده شده به منبع قابل ملاحظه ای می باشد. به عنوان مثال اگر دوره کار^۲ در برشگر کلاس B نشان داده شده در شکل (۳-۷) برابر ۰.۵ باشد و جریان موتور را برابر SA ۲۰۰ ثابت فرض کنیم آنگاه طبق رابطه (۳-۱۲) می توانیم توان Kw ۵۰ را به منبع تغذیه

^۱ - Switch

^۲ - Duty cycle

ای برابر $500V$ منتقل کنیم. البته واضح است که این توان ثابت نست ولی با توجه به بزرگ بودن موتور و انرژی جنبشی قابل ملاحظه ای که دارد، انتقال این توان به منبع تأثیر مهمی بر راندمان دارد. اما در مورد موتورهای کوچک مانند موتور صندلی چرخدار، انرژی ذخیره شده چندان قابل ملاحظه نمی باشد و علاوه بر آن در مسأله مورد نظر ما، به طور خاص، راندمان چندان اهمیت ندارد. در اینجا میزان انرژی بازگشت داده شده به منبع را محاسبه می کنیم:

انرژی ذخیره شده در سیستم در سرعت $W : 3m/s$

$$W_1 = \frac{1}{2} Mv^2 = 0.5 \times 150 \times 3^2 = 675 J \quad (3-13)$$

با فرض راندمان ۲۰٪ برای بازگرداندن انرژی به منبع که البته در شبیه سازی ها خواهیم دید که راندمان واقعی کمتر از این است، و با فرض راندمان ۷۰٪ برای باطری کل انرژی ذخیره شده قابل استفاده برابر است با:

$$W_2 = 675 \times 0.2 \times 0.7 = 94.5 J \quad (3-14)$$

همانطور که دیده می شود انرژی بازگشت شده به منبع در مقابل انرژی ذخیره شده در باتریها بسیار بسیار ناچیز است. بنابراین حتی اگر عمل بازگشت انرژی به تعداد دفعات زیادی در روز هم انجام شود باز هم قابل ملاحظه نخواهد بود.

با توجه به توضیحات فوق استفاده از انرژی جنبشی موتورها برای شارژ باتری به هیچ وجه ضرورتی ندارد. موتورها در ربع اول یعنی ناحیه موتوری^۱ و ربع سوم یعنی ناحیه موتوری معکوس^۲ کار خواهند کرد. در ربع سوم ولتاژ جریان موتور منفی خواهد بود. برای منفی کردن ولتاژ از دو روش می توانیم استفاده کنیم.

روش اول:

^۱ - Motoring

^۲ - Reverse Motoring

می توان از برشگر کلاس E در این روش استفاده نمود، بدین صورت که برای حرکت موتور در جهت مثبت، سوئیچهای S_2 و S_3 کاملاً خاموش، سوئیچ S_4 کاملاً روشن و سوئیچ S_1 برای برشگری مورد استفاده قرار گیرد. برای حرکت موتور در جهت منفی سوئیچهای S_1 و S_4 کاملاً خاموش، S_3 کاملاً روشن و S_2 عمل برشگری را انجام دهد.

استفاده از چهار المان سوئیچ قدرت و روشن و خاموش کردن آنها و همچنین چهار دیود قدرت باعث پیچیده شدن مدار تحریک شده و هزینه را افزایش می دهد. علاوه بر آن تلفات نیز قابل توجه خواهد بود.

روش دوم:

در این روش مطابق شکل (۱۱-۳) برای معکوس کردن ولتاژ دو سر موتور از یک رله SPDT استفاده می شود. به این طریق که ترمینالهای مثبت و منفی موتور توسط رله و در حالت MC^۱ رله وصل می کنیم. حال با عمل کردن رله، ولتاژ دو سر موتور معکوس شده و موتور با دور معکوس خواهد چرخید.

شکل (۱۱-۳) کنترل دو جهته دور موتور با رله SPDT

این روش مدار تحریک را به میزان زیادی ساده می کند و علاوه بر آن فقط با استفاده از یک المان سوئیچ قدرت می توان موتور را در هر دو جهت کنترل نمود. در فصل (۵) در مورد طراحی این بخشها توضیحات کافی داده خواهد شد.

^۱-Normally Open

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

۳-۵- انتخاب المان سوئیچ:

با توجه به مدار کنترل سرعت که یک برشگر است یک المان به عنوان کلید باید انتخاب شود که عمل برشگری را انجام دهد. یک سوئیچ ایده آل دارای مشخصات زیر است:

۱-۵-۳- مشخصات سوئیچ ایده آل

۱- افت ولتاژ آن در حالت روشن صفر است.

۲- جریان نشستی آن در حالت خاموش صفر است.

۳- زمان لازم برای روشن و خاموش شدن آن صفر می باشد.

۴- هر زمان که بخواهیم آنرا روشن و یا خاموش کنیم.

۵- در حالت روشن، جریان بی نهایت و در حالت خاموش ولتاژ بی نهایت را تحمل نماید.

واضح است که چنین المانی در عمل وجود ندارد و هر المانی بسته به کاربرد آن، به برخی از شرایط فوق، نزدیکتر است. در ادامه سوئیچهای مختلف را بررسی خواهیم نمود:

در یک تقسیم بندی از نظر کنترل پذیری، سوئیچهایی که در الکترونیک قدرت مطرح می باشند به سه گروه تقسیم می شوند:

۱- سوئیچهای غیر قابل کنترل:

از این گروه می توان دیوید و دایاک را مثال زد که روشن و خاموش بودن آنها فقط به شرایط مدار بستگی دارد. در دیوید هرگاه که ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت شود، دیوید روشن شده و هرگاه که جریان ن به صفر برسد خاموش خواهد شد. دیودها در محدوده جریان تا $A 3500$ و ولتاژ تا $V 3000$ ساخته می شوند [۴] و [۳].

۲- سوئیچهای نیمه کنترل پذیر:

تریستور و تریاک که روشن کردن آنها در اختیار ما است ولی خاموش شدن آنها به شرایط مدار بستگی دارد، از این جمله می باشند. هرگاه که ولتاژ آند تریستور نسبت به کاتد مثبت بوده و

یک جریان مثبت به گیت تزریق شود، ترنزیستور روشن می شود. خاموش شده ترنزیستور همانند دیود می باشد. ترنزیستورها نیز تا جریان نامی ۳۵۰۰ آمپر و ولتاژ نامی ۶۰۰۰ ولت ساخته شده اند. [۴].

۳- سوئیچهای کنترل پذیر:

از این گروه می توان ترنزیستور دو قطبی (BJT)^۱، ماسفت^۲، ترنزیستور دو قطبی با گیت ایزوله (IGBT)^۳، ترنزیستور خاموش شونده با گیت (GTO)^۴ را نام برد.

یک کلید کنترل پذیر مانند ترنزیستور هنگامی که جریان آن به صفر برسد خاموش می شود. بنابراین استفاده از این نوع المانها مانند ترنزیستور، در مدارها AC که با توجه به ماهیت مدار جریان ها و ولتاژها به صفر می رسند، مناسب می باشد ولی در مدارهای DC خاموش کردن ترنزیستور نیاز به روشهای خاصی به نام کموتاسیون اجباری دارد که پیچیده است. بنابراین استفاده از ترنزیستور در مدارهای DC به مدارهایی که در جریان و ولتاژ بسیار بالا کار کرده و المان کنترل ناپذیر با آن ولتاژ و جریان نامی وجود ندارد محدود شده است. بنابراین در این پروژه از المانهای کنترل پذیر استفاده خواهیم کرد.

در اینجا چهار المان سوئیچ کنترل پذیر قدرت را بررسی می کنیم:

(۱) ترنزیستور خاموش شونده با گیت (GTO)

در شکل (۱۲-۲) نماد مداری GTO نشان داده شده است. GTO همانطور که از نامش پیداست ساختمانی شبیه به ترنزیستور دارد. فرایند روشن کردن آن دقیقاً همانند ترنزیستور

^۱ - Bipolar Junction Transistor

^۲ - MOSFET

^۳ - Insulated Gate BJT

^۴ - Gate Turn Off Thyristor

شکل (۱۲-۳): نمای مداری GTO

ساختمانی شبیه به تریستور دارد. فرایند روشن کردن آن دقیقاً همانند تریستور است. اگر ولتاژ دو سر آن مثبت باشد، با یک پالس کوچک و مثبت گیت روشن می شود. مزیت آن بر تریستور اینست که بر خلاف تریستور، GTO را می توان بایک پالس جریان منفی از طریق گیت خاموش کرد. البته برای خاموش شدن GTO باید جریانی معادل $\frac{1}{5}$ الی $\frac{1}{4}$ جریان GTO در حالت روشن از گیت آن کشیده شود. این امر به اضافه مشخصات ذاتی خاموش شدن همانند طولانی بودن دنباله جریان باعث شده است تا فرکانس سوئیچینگ در GTO به 1 KHz تا 2 KHz محدود شود. فرکانس پائین و قدرت بالا (المان 4000 V و 3000 A نیز وجود دارد) کاربرد GTO را به مداری که یک مبدل با توان بالا از چند صد کیلو وات تا چند مگاوات موردنیاز است محدود کرده است. مزیت GTO بر ترانزیستور ها اولاً ولتاژ و جریان بسیار بالاتر و دوم قابلیت تحمل جریانهای لحظه ای بالا تا ۱۰ برابر جریان نامی، می باشد. علاوه بر آن روشن کردن آن ساده تر بوده و با یک سیگنال گیت با عرض کوتاه روشن می شود. پایین بودن فرکانس کار، بالا بودن افت ولتاژ در حالت هدایت و مشکل تر بودن فرایند خاموش کردن، از معایب GTO می باشد.

۲) ترانزیستور دو قطبی (BJT)

BJT یک المان کنترل پذیر است که جریان کلکتور آن تابعی از جریان بیس بوده و در حقیقت BJT یک المان کنترل شده با جریان می باشد. تزریق کافی به بیس سبب روشن شدن BJT و قطع جریان و یا کشیده شدن جریان از بیس باعث خاموش شدن می شود. BJT یک المان که در الکترونیست قدرت در حالت غیر خطی (سوئیچینگ) استفاده می شود. ضریب تقویت جریان، β در ترانزیستورهای قدرت بسیار پائینتر از ترانزیستورهای معمولی است و به جریان

و درجه حرارت نیز وابسته است. این خاصیت یکی از نقاط ضعف عمده BJT می باشد. چرا که مدار تحریک باید بتواند جریان مورد نیاز بیس که برابر $\frac{I_c}{\beta}$ می باشد را تأمین نماید. البته در عمل برای اینکه ترانزیستور کاملاً به حالت اشباع برود، جریان بیس را بیشتر از $\frac{I_c}{\beta}$ می گیرند. برای رفع مشکل کم بودن β از زوج دارلینگتون و یا حتی دارلینگتون سه گانه استفاده می کنند. با این کار ضریب تقویت جریان بالا بوده و به حدود ۲۰۰ می رسانند. البته در این حالت باز هم جریانی مدار تحریک باید تأمین کند برای یک ترانزیستور $800 A$ و $1200 V$ حداقل برابر ۴ آمپر خواهد بود. BJT یک خاصیت مهم به نام اثر شکست ثانوی^۱ دارد. (شکست اولیه avalanche می باشد). وقتی که فرمان وصل به BJT قدرت داده می شود و در لحظات اولیه بیشتر جریان از کناره های اتصال B-E می گذرد و باعث می شود که در آن نواحی نقاط داغی ایجاد گردد و به علت محدودیت انتقال حرکت ممکن است که المان بسوزد. به این پدیده خاصیت شکست ثانوی گفته می شود. نکته قابل توجه دیگر در مورد BJT ها مسأله موازی کردن آنها است. ولتاژ در حال هدایت BJT رابطه معکوس با درجه حرارت دارد. این امر باعث می شود که نتوان به راحتی دو المان را با هم موازی نمود. برای موازی نمودن BJT مجبوریم که در حالت استاتیک در امیتر آن مقاومت و در حالت دینامیک از سلفهای تزویج شده استفاده کنیم.

در کنار این نقاط ضعف، مزیت BJT اینست که افت ولتاژ آن در حالت هدایت کمترین مقدار را در بین چهار المان مورد بحث دارد و مقدار آن برای ترانزیستور $800 A$ و $1200 V$ در حدود ۱.۱۹ می باشد. کم بودن افت ولتاژ در حالت هدایت تأثیر مستقیمی بر روی تلفات المان و راندمان مبدل دارد. فرکانس سوئیچینگ آن تا ۱۰ KHz می باشد.

^۱ - Second Breakdown effect

۲) ماسفت قدرت^۱

در شکل (۱۳-۳) نماد مداری ماسفت قدرت نشان داده شده است. در یک تقسیم بندی ماسفت به دو گروه افزایشی^۲ و تخلیه ای^۳ تقسیم شده و هر یک از آنها شامل دو گروه کانال^۴ N و کانال^۵ P می باشند. آنچه که بیشتر به عنوان ماسفت قدرت مطرح می باشد، نوع افزایشی و کانال^۴ N آن که نماد مداری آن در شکل (۱۳-۳) نشان داده شده است. برای روشن کردن این المان ولتاژگیت- سورس باید از یک حد آستانه ای^۶ بالاتر رود که حدود ۴V است. این المان نیز خطی است که در الکترولیت قدرت در حالت غیر خطی استفاده می شود. مزیت عمده ماسفت قدرت این است که با ولتاژ کنترل می شود و در حالت ماندگار، جریان کشیده شده توسط گیت و در حد نانوآمپر است. البته به علت سرعت زیاد آلمان برای شارژ و دشارژ سریع خازن ورودی جریانهای پالسی قابل ملاحظه ای در لحظه روشن و خاموش شدن مورد نیاز است. به علت روشن خاموش شدن سریع از ماسفت در فرکانس های بالا تا ۱۰۰ KHz می توان استفاده کرد. بعلاوه رابطه مستقیم بین افت ولتاژ در حالت هدایت و درجه حرارت به راحتی می توان با موازی کردن ماسفت ها، به المانهایی با جریان بالاتر دست یافت. یک عیب ماسفت، افت ولتاژ زیاد آن در حالت هدایت می باشد که این افت ولتاژ یا افزایش نامی ماسفت بدلیل بلندتر شدن طول کانال بیشتر هم می شود. افت ولتاژ در حال هدایت برای المان ۵۰A و ۲۰۰V برابر ۳.۲۷ می باشد. عیب دیگر ماسفت کم بودن حداکثر ولتاژ و جریان نامی آن نسبت به المانهای دیگر است.

^۱ - Power MOSFET

^۲ - Enhancement

^۳ - Depletion

^۴ -N- channel

^۵ -P_channel

^۶ - Treshhold

(۴) ترانزیستور دو قطبی با گیت ایزوله (IGBT)

در شکل (۳-۱۴) نماد مداری IGBT نشان داده شده است. یک IGBT از نظر

شکل (۳-۱۴): نماد مداری IGBT

مشخصات هدایتی همانند BJT بوده و از نظر کنترل همانند ماسفت می باشد. با مثبت شدن ولتاژ گیت نسبت به امیتر روشن شده و با صفر شدن آن خاموش می شود. فرکانس سوئیچینگ آن از BJT بیشتر است و تا ۲۰ KHz قابل استفاده می باشد. از نظر قدرت نیز تا ۴۰۰ A و ۱۲۰۰ V در دسترسی کارایی یک IGBT بیش از ماسفت به BJT نزدیک می باشد.

در جدول (۳-۱) مقایسه ای بین این چهار المان صورت گرفته است.

	GTO	BJT	MOSEFT	IGBT
V_n, I_n	۴۵۰۰ V , ۳۰۰۰ A	۱۲۰۰ V , ۸۰۰ A	۵۰۰ V , ۵۰ A	۱۲۰۰ V , ۱۴۰۰ A
افت ولتاژ	۴ V	۱.۹ V	۳.۲ V	۳.۲ V
$f_{switching}$	Up to ۲۰۰۰	Up to ۱۰۰۰۰	Up to ۱۰۰۰۰	Up to ۲۰۰۰۰
زمان خیر	۴ μs	۱.۷ μs	۰.۹ μs	۰.۹ μs
زمان افت	۱۰ μs	۵ μs	۰.۱۴ μs	۱.۴ μs
جریان نشتی	۳۰ mA	۳۰ mA	۰.۲ Ma	۱ Ma
ضریب حرارتی	منفی	منفی	مثبت	منفی (مثبت در جریان بالا)
افت ولتاژ	منفی	منفی	مثبت	مثبت (مثبت در جریان بالا)

جدول (۳-۱): مقایسه خواص المانهای قدرت

با دقت در این جدول می بینیم که در کاربرد مورد نظر ما که یک کاربرد ولتاژ پایین (۲۴V) و توان پائین (۲۵۰ W) و فرکانس بالا است، ماسفت بهترین انتخاب است. علاوه بر پارامترهایی که مورد مقایسه قرار گرفت، مسأله در دسترس بودن آنها در ایران نیز مطرح است که ماسفت قدرت در بازار ایران بیشتر یافت می شود. با توجه به عامل ذکر شده از دو IRFP ۱۵۰ ساخت شرکت HARRIS به صورت موازی استفاده گردید. در قسمت طراحی توضیحات کاملتر آمده است.

۳-۶- انتخاب وسیله هدایت

صندلی چرخدار الکتریکی برای افرادی که به هیچ وجه توانایی لازم برای حرکت دادن وسیله توسط نیروی خود را ندارند استفاده می شود و در فصل دوم نیز ذکر کردیم که به دلیل عوارض ایجاد شده این وسیله تا حد امکان تجویز نمی شود. بنابراین هدایت صندلی چرخدار الکتریکی باید به نیروی کمی نیاز داشته و در عین حال کارآیی لازم را نیز داشته باشد. در فصل دوم ذکر شد که روشهای مختلفی برای کنترل وجود دارد. کنترل با چانه، کنترل با دمیدن و مکیدن و کنترل صوتی از آن جمله می باشند. هر یک از روشهای کنترل مذکور، مزایا و معایبی دارند و در شرایط خاص خود به کار می روند. در این پروژه برای هدایت وسیله از جوی استیک استفاده کردیم. پیچیدگی مدار کنترل با جوی استیک استفاده کردیم. پیچیدگی مدار کنترل با جوی استیک و هزینه آن بسیار کمتر از روشهای دیگر می باشد. در مقابل کاربر باید توانایی جسمی و فکری لازم برای هدایت صندلی چرخدار توسط جوی استیک را داشته باشد که به نوعی محدودیت محسوب می شود.

جوی استیک ها بر دو گروه تقسیم می شوند:

۱-۶-۳- جوی استیک دیجیتالی

این نوع جوی استیک در حقیقت چند کلید می باشد که نقاط مختلف چپ، راست، جلو و عقب قرار داده شده است. با حرکت کردن جوی استیک به هر سمت، کلید مربوط وصل شده و بر آن اساس می توان تصمیم مناسب را اتخاذ نمود. جوی استیک های پیشرفته تر علاوه بر چهار جهت اصلی در چهار جهت فرعی نیز دارای کلید می باشند. مزین این جوی استیک ساده بودن آن و در نتیجه ارزان بودن آن است و عیب آن کلیه جهات را به راحتی نمی توان تشخیص داد و علاوه بر آن میزان انحراف جوی استیک اطلاعات خاصی به ما نمی دهد.

۲-۶-۳- جوی استیک آنالوگ

بر خلاف نوع دیجیتال در این نوع جوی استیک کلید وجود دارد. جوی استیک از دو مقاومت متغیر تشکیل شده است که با استفاده از آنها تشخیص حرکت جوی استیک در دو جهت عمود

بر هم امکان پذیر می باشد. بدین معنی که مقدار یک مقاومت وقتی استیک از منتهی الیه چپ به راست حرکت می کند، از صفر تا مقدار ماکزیموم افزایش می یابد و مقاومت دیگر همین نقش را وقتی که جوی استیک به جلو و عقب حرکت می کند دارد.

مزیت این نوع جوی استیک در امکان تشخیص پیوسته موقعیتها می باشد. بدین صورت که اگر راستای حرکت به سمت جلو و عقب را محور Y و راستای حرکت به راست و چپ را محور X بنامیم، آنگاه با خواندن مقدار دو مقاومت مختصات (X, Y) جوی استیک به دست می آید و با استفاده از این مختصات می توان جهت و سرعت حرکت صندلی چرخدار الکتریکی را تعیین نمود. در کنار این مزیت هزینه بالاتر و طول عمر کمتر آن نسبت به انواع دیگر عیب آن محسوب می شود. بنابراین از این نوع جوی استیک برای هدایت صندلی چرخدار استفاده

کردیم.

خلاصه

اجزا مختلف مورد نیاز برای طراحی صندلی چرخدار الکتریکی در این فصل به جای صندلی چرخدار استاندارد نحوه ساخت مدلی از آن توضیح داده شد. با محاسبه دیدیم که توانی در حدود 440 W برای حرکت صندلی مورد نیاز است و به این منظور از دو موتور DC مغناطیس دائم مدل ANCV71152 که توان هر یک 230 W می باشد استفاده کردیم. برای کنترل سرعت موتورها برشگر کلاس A در دو جهت مثبت و منفی انتخاب شده و ماسفت با شماره IRFP150 عمل برشگری را انجام می دهد. هدایت صندلی نیز توسط جوی استیک انجام خواهد شد.

www.kandoo.cn.com

فصل چهارم

طراحی کنترل کننده

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

مقدمه:

در این فصل در مورد هدایت و کنترل صندلی چرخدار الکتریکی توضیح خواهیم داد. در ابتدا یک پروتکل^۱ برای حرکت صندلی بر اساس حرکت جوی استیک ارائه کرده و سپس در مورد سیستم صندلی چرخدار الکتریکی از دیدگاه کنترل توضیح خواهیم داد. در ادامه ابتدا به بررسی پایداری دینامیک ثابت صندلی حول محوری که در امتداد حرکت است^۲، پرداخته و سپس با فرض تغییرات کوچک، یک مدل خطی از صندلی چرخدار الکتریکی ارائه کرده و با در نظر گرفتن پارامترهای کنترل انسان در آن، پیچیدگی آنرا نشان خواهیم داد. برای کنترل این سیستم پیچیده، الگوریتم های پیشرفته کنترل معرفی شده و در انتها نیز در مورد تأثیرات نویز الکترومغناطیسی بر سیستم توضیح مختصری خواهیم داد.

۱-۴- پروتکل هدایت صندلی بر اساس حرکت جوی استیک

جوی استیک انتخابی ما از نوع آنالوگ می باشد که علاوه بر تعیین جهت های مختلف حرکت به صورت پیوسته، امکان انجام عملی شبیه به گاز دادن در اتومبیل را ایجاد می کند. به عنوان مثال با جوی استیک به سمت جلو، صندلی به سمت جلو افزایش می یابد. با این توضیح در اینجا یک پروتکل برای حرکت صندلی بر اساس حرکت جوی استیک تعریف می کنیم. این تعریف الزاماً باید انجام شود و خواهیم دید که نتیجه، متفاوت با آنچه که در ابتدا به ذهن می رسد خواهد بود. از روی مختصات (x, y) که توسط جوی استیک خوانده می شود، باید تعیین کنیم که به ازای هر موقعیت جوی استیک، سرعت و جهت حرکت صندلی به چه شکل باید باشد. البته باید توجه داشت که طراحی سیستم بر اساس دو موتور انجام شده است تا قدرت

^۱ - Protocol

^۲ - Roll Stability

مانور بیشتری داشته باشد و بتواند اصطلاحاً در جا دور بزند. با توجه به ساختار مکانیکی مذکور، یک پروتکل را به شکل زیر تعریف می کنیم:

به ازای هر زوج (X, Y) مؤلفه اول، X که میزان حرکت جوی استیک را در راستای چپ به راست مشخص می کند، نشانگر سرعت زاویه ای صندلی چرخدار و مؤلفه دوم، Y ، که میزان حرکت جوی استیک را در راستای جلو و عقب مشخص می کند، نشانگر سرعت خطی صندلی چرخدار است. در سرعت خطی حرکت به سمت جلو و در سرعت زاویه ای چرخش از چپ به راست مثبت فرض می شود. جوی استیک به صورت آزاد در وضعیت $(0, 0)$ قرار داشته و حرکت آن به سمت جلو و راست، مثبت، و حرکت به سمت عقب و چپ، منفی، فرض می شود. البته این تعریف فقط در مورد صندلی چرخداری که دارای دو موتور متصل به دو چرخ راننده و هدایت کننده باشد صادق است. اگر هدایت صندلی چرخدار بر اساس سیستمی همانند اتومبیل انجام شود دیگر این تعریف قابل پیاده سازی نخواهد بود. به این دلیل که اگر به عنوان مثال جوی استیک در موقعیت $(X, 0)$ باشد به این معنی است که وسیله حرکت دورانی داشته ولی حرکت خطی نداشته باشد که در وسیله ای مثل اتومبیل غیر ممکن است. باتوجه به تعریف مذکور، حرکت صندلی چرخدار براساس موقعیت جوی استیک به صورت زیر خواهد بود:

۱- با حرکت جوی استیک به سمت جلو و راست (ربع اول) صندلی نیز به سمت جلو و راست منحرف خواهد شد. چرا که هم سرعت خطی، Y ، مثبت است و هم سرعت زاویه ای، X ، در نتیجه مطابق تعریف مذکور حرکت به سمت جلو و چرخش از چپ به راست خواهد بود. (ربع اول)

۲- با حرکت جوی استیک به جلو و چپ (ربع دوم) صندلی نیز به سمت جلو و چپ منحرف خواهد شد. چرا که سرعت خطی، Y ، مثبت و سرعت زاویه ای، X ، منفی می باشد. در

نتیجه مطابق تعریف حرکت صندلی به سمت جلو و چرخش آن از راست به چپ خواهد بود.

۳- با انحراف جوی استیک به عقب و چپ (ربع سوم) چون هم $y < 0$ و هم $x < 0$ ، صندلی به سمت عقب حرکت کرده و در عین حال حرکت دورانی از راست به چپ دارد و این باعث می شود که صندلی به سمت عقب و راست حرکت کند.

۴- با انحراف جوی استیک به عقب و راست (ربع چهارم) چون $x > 0$ و $y > 0$ ، صندلی به سمت عقب حرکت کرده و در عین حال حرکت دورانی از چپ به راست دارد. بنابراین صندلی به سمت عقب و چپ حرکت می کند.

در حالت‌های (۱) و (۲)، حرکت صندلی دقیقاً مطابق بر حرکت جوی استیک می باشد ولی در حالت‌های ۳ و ۴ دقیقاً برعکس است؛ یعنی به عنوان مثال در حالت (۳) جوی استیک به عقب و چپ حرکت می کند ولی صندلی به عقب و راست هدایت خواهد شد. البته این امر گریز ناپذیر می باشد. اگر به عنوان مثال برای انطباق در ربع چهارم، با انحراف جوی استیک به عقب و راست صندلی به عقب و راست حرکت کند آنگاه پروتکل باید به صورت زیر تغییر کند.

با توجه به مختصالی (x, y) مختصه y نشانگر سرعت خطی صندلی چرخدار و متغیر $x.Sgn(y)$ نشانگر سرعت زاویه این خواهد بود.

با این تعریف در ظاهر مشکل انطباق حل می شود ولی مشکل دیگری که بوجود می آید مربوط به ناپیوستگی تابع Sgn است که باعث ناپیوستگی در حرکت صندلی خواهد شد. فرض کنید که x ، مقدار بزرگ و مثبت بوده و y مقدار کوچکی در حد صفر ولی مثبت باشد (جوی استیک تا حد امکان به سمت راست و کمی نیز به بالا حرکت کرده است). چون Y مثبت است $Sgn(y)$ نیز مثبت بوده و در نتیجه $x.Sgn(y)$ مقدار مثبت بزرگی است. بنابراین سرعت خطی در حد صفر بوده و سرعت زاویه ای مقدار ماکزیموم مثبت می باشد.

حال اگر جوی استیک در همان وضعیت بالا، به اندازه کمی به عقب منحرف می شود که فقط $\gamma > 0$ شود، آنگاه سرعت خطی کماکان در حد صفر و سرعت زاویه ای ماکزیموم منفی خواهد بود که دقیقاً عکس حالت قبل است. به طور خلاصه با تعریف دوم حرکت صندلی چرخدار هنگامی که جوی استیک کاملاً به راست و یا چپ منحرف شود، تعریف شده نخواهد بود. با توجه به معلولیت شخص و عدم توانایی او در تنظیم دقیق جوی استیک این امر می تواند مشکلات زیادی را ایجاد کند. با توجه به این مطلب، از طرح انطباق صرف نظر کرده و تعریف نخست را می پذیریم و با توجه به هوشمند بودن کاربر، به راحتی می توان نحوه هدایت را به او آموزش داد.

البته اگر فرض کنیم که هنگام حرکت به سمت عقب، کاربر به سمت عقب نگاه کند آنگاه انحراف جوی استیک دقیقاً منطبق بر انحراف صندلی خواهد بود!!!

۲-۴- رابطه بین سرعت خطی و زاویه ای صندلی چرخدار با سرعت زاویه ای این چرخها در قسمت (۱-۴) رابطه بین حرکت جوی استیک و صندلی تعریف شد. اعمال نیرو به منظور هدایت و حرکت صندلی توسط چرخها انجام می گیرد. بنابراین برای دستیابی به سرعت و جهت مناسب حرکت صندلی باید چرخها به نحوی مناسبی حرکت کنند. در اینجا رابطه بین سرعت خطی و زاویه ای صندلی با سرعت زاویه ای چرخها را به دست می آوریم. ذکر یک نکته ضروری است که در حالت کلی وقتی صحبت از سرعت خطی یک جسم است مرکز جرم آن در نظر گرفته می شود. ولی در اینجا سرعت خطی و زاویه ای را بر حسب نقطه وسط فاصله بین دو چرخ هدایت کننده تعریف می کنیم که البته در یک صندلی چرخدار واقعی تقریباً به همین صورت است.

در شکل (۱-۴) چرخهای عقب مشخص شده اند:

شکل (۴-۱): چرخهای عقب صندلی چرخدار

سرعت زاویه ای چرخ راست حول محور خودش: ω_R

سرعت زاویه ای چرخ چپ حول محور خودش: ω_L

فاصله چرخ راست تا نقطه A : X

فاصله بین دو چرخ عقب: d

نقطه وسط فاصله دو چرخ: O

فرض می کنیم که $\omega_L > \omega_R$ باشد، در نتیجه نقطه O حول نقطه ای مثل A در سمت

چرخ راست، خواهد چرخید. هر دو چرخ راست و چپ در زمان مساوی یک بار حول نقطه A

خواهد چرخید.

زمان لازم برای یک بار چرخیدن حول نقطه A : t

شعاع چرخهای عقب: r

مسافت طی شده چرخ

$$t_R = \frac{\text{مسافت خطی چرخ}}{r}$$

$$= \frac{2\pi r}{r \cdot \omega_R}$$

$$t_L = \frac{\text{مسافت طی شده چرخ}}{\text{مسافت خطی چرخ چپ}} = \frac{2\pi(x+d)}{r.\omega_L}$$

با مساوی قرار دادن روابط (۴-۱) و (۴-۲) داریم:

$$x = \frac{d.\omega_R}{\omega_L - \omega_R} \quad (4-3)$$

با استفاده از روابط (۴-۱) و (۴-۳) سرعت زاویه ای حول نقطه O (ω_o) برابر است با:

$$\omega_o = \frac{2\pi}{2\pi x} = \omega_R \cdot \frac{r}{x} = \frac{r}{d}(\omega_L - \omega_R) \quad (4-4)$$

$$\omega_R^2$$

سرعت خطی نقطه O برابر است با:

$$\omega_o = \frac{2\pi(x+d/2)}{2\pi x} = \frac{x+d/2}{x} \cdot \omega_R \cdot r = \frac{r}{2}(\omega_L - \omega_R) \quad (5-4)$$

$$\omega_R^2$$

با ذحل معادلات (۴-۴) و (۴-۵) می توان ω_L , ω_R را بر حسب ω_o , V_o بدست آورد:

$$\begin{cases} \omega_L = \frac{1}{r}(V_o + \frac{d}{2}\omega_o) \\ \omega_R = \frac{1}{r}(V_o + \frac{d}{2}\omega_o) \end{cases} \quad (4-6)$$

از طرفی فرض کردیم که سرعت خطی صندلی چرخدار متناسب با y و سرعت زاویه ای آن

متناسب با X باشد:

$$V_o = \frac{y}{Y_{\max}} V_{o\max} \quad (4-7)$$

$$V_o = \frac{x}{x_{\max}} \cdot V_{o\max} \quad (4-8)$$

با جایگذاری روابط (۴-۷) و (۴-۸) در معادلات (۴-۶) و دانستن این نکته که $Y_{\max} = X_{\max}$

خواهیم داشت:

$$\omega_L = \frac{1}{r \cdot y_{\max}} \left(y V_{o\max} + \frac{d}{2} x \omega_{o\max} \right) \quad (4-9)$$

$$\omega_L = \frac{1}{r \cdot y_{\max}} \left(y V_{o\max} - \frac{d}{2} x \omega_{o\max} \right) \quad (4-10)$$

حال رابطه ای بین $V_{o\max}$ و $\omega_{o\max}$ پیدا می کنیم:

طبق رابطه (۴-۵) داریم:

$$V_{o\max} = \frac{r}{2} (\omega_{L\max} + \omega_{R\max}) = r \omega_{L\max} \quad (4-11)$$

و طبق رابطه (۴-۴) داریم:

$$\omega_{o\max} = \frac{r}{2} (\omega_{L\max} + \omega_{R\max}) = \frac{2r}{d} \omega_{L\max} \quad (4-12)$$

با مقایسه این دو رابطه داریم:

$$\omega_{o\max} = \frac{2}{d} V_{o\max} \quad (4-13)$$

با جایگزینی رابطه (۴-۱۳) در روابط (۴-۹) و (۴-۱۰) خواهیم داشت:

(۴-۱۴)

$$\omega_L = \frac{V_{O_{\max}}}{r\gamma_{\max}}(y+x)$$

(۴-۱۵)

$$\omega_L = \frac{V_{O_{\max}}}{r\gamma_{\max}}(y+x)$$

این دو رابطه ساده اساس کار ما در بخش طراحی کنترل کننده می باشد. کنترل کننده ای که طراحی می شود یک کنترل کننده حلقه باز خواهد بود. کنترل حلقه باز برای صندلی در شرایطی که زمین صاف و بدون شیب بوده و علاوه بر آن موانع متعدد بر سر راه حرکت صندلی ظاهر نشود، (که بیشتر اوقات همین طور است) و همچنین استفاده کننده به جز مشکل حرکتی مشکلات حاد دیگری نداشته باشد، مناسب است. ولی اگر زمین در دو جهت مستقیم و جانبی شیب دار بوده و ناهمواریهایی نیز در مسیر دیده شود، آنگاه هدایت یک صندلی که با کنترل حلقه باز کنترل می شود بسیار مشکل خواهد بود. در ادامه در مورد کنترلرهای حلقه بسته صندلی چرخدار توضیحاتی داده می شود.

۳-۴- بررسی دینامیک ثابت صندلی چرخدار [۱]

پیش از کنترل حلقه بسته ابتدا در مورد پایداری دینامیک ثابت صندلی چرخدار، توضیحاتی داده می شود. البته در اینجا پایداری حول محوری که در امتداد مسیر حرکت است، بررسی خواهد شد که مهمترین حالت پایداری نیز می باشد. اگر مسیر صاف بوده و در هیچ جهتی شبیه نداشته باشد بدست آوردن حداکثر سرعت صندلی، برای حفظ پایداری، ساده است ولی اگر بخواهیم پایداری را در سطوح شیب دار بررسی کنیم، آنگاه مسأله قدری پیچیده خواهد بود. ابتدا برای ساده، حداکثر سرعت را به دست می آوریم:

مطابق شکل (۲-۴) برای حفظ پایداری باید مجموع گشتاور هایی که به مرکز جرم (CG)^۱، حول خطی که چرخهای عقب و جلو را به هم وصل می کند، وارد می شود، برابر صفر باشد:

شکل (۲-۴): نیروهای وارد شده به مرکز جرم

$$Mg.d.\cos\rho = \frac{M.V^2}{r}.d.\sin\rho$$

$$V^2 = r.g.\cos\rho = \frac{r.g.D}{L} \quad (۴-۱۶)$$

که در آن D نصف فاصله چرخهای عقب و L ارتفاع مرکز جرم از زمین می باشد. مطابق شکل (۴-۳) یک دستگاه مختصات متصل به صندلی در نظر می گیریم.

^۱ - Center Of Gravity

شکل (۳-۴): دستگاه مختصات صندلی چرخدار

فرض می کنیم که مرکز جرم صندلی چرخدار درست در بالای وسط پاره خط متصل کننده چرخهای عقب واقع است. با این فرض مختصات مرکز جرم و نقطه تماس چرخ عقب با زمین در مختصات صندلی که با اندیس ۱ مشخص می شود، به شکل زیر می باشد.

$$L_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L \end{bmatrix} \quad D_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ D \\ 0 \end{bmatrix} \quad (۴-۱۷)$$

ماتریسهای تبدیل مختصات به صورت روابط (۴-۱۸) می باشند:

$$R_{x,y} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_y & -S_y \\ 0 & S_y & C_y \end{bmatrix}$$

$$R_{x,y} = \begin{bmatrix} C_a & -S_a & 0 \\ S_a & C_a & 0 \\ 0 & S_y & 1 \end{bmatrix} \quad (۴-۱۸)$$

$$R_{x,y} = \begin{bmatrix} C_\theta & 0 & S_\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_\theta & 0 & C_\theta \end{bmatrix}$$

برای به دست آوردن ماتریس تبدیل از مختصات صفر (مرجع) به مختصات ۱ باید ماتریسهای

فوق را در هم ضرب نماییم:

$$R_0^1 = R_{x,y} R_{y,\theta} R_{x,a} \quad (۴-۱۹)$$

ماتریس تبدیل از مختصات ۱ به ۰ معکوس ماتریس (۴-۱۹) می باشد:

$$R_0^1 = (R_0^1)^{-1} = (R_0^1)^T$$

$$= \begin{bmatrix} CaC\theta & SaC\theta & -S\theta \\ -CySa + CaSyS\theta & CyCa + SaS\theta Sy & SyC\theta \\ SySa + CaS\theta Sy & -SyCa + SaCyS\theta & SyC\theta \end{bmatrix} \quad (۴-۲۰)$$

تصویر بردارهای L و D در صفحه x_0y_0 را که به ترتیب با d_x, d_y, l_x, l_y نمایش می دهیم می توان با استفاده از تبدیل (۴-۲۰) بدست آورد:

$$R_1^0 \cdot L_1 = L_0 = \begin{bmatrix} -S\theta \cdot L \\ SyC\theta \cdot L \\ CyC\theta \cdot L \end{bmatrix} \quad (4-21)$$

$$R_1^0 \cdot D_1 = D_0 = \begin{bmatrix} (SaC\theta)D \\ CyCa + SaS\theta Sy)D \\ (SaS\theta Cy - SyCa)D \end{bmatrix} \quad (4-22)$$

در مرجع [۱] ثابت شده است که حداکثر سرعت مجاز صندلی چرخدار برای دور زدن حول دایره ای به شعاع r از رابطه (۴-۲۳) بدست می آید.

$$V^2 = \frac{rg}{L} (D_p - L_p) \quad (4-23)$$

که در آن L_p, D_p به ترتیب تصویر بردارهای L_1 و D_1 در صفحه x_0y_0 از دستگاه مختصات مرجع می باشند. با توجه به رابطه (۴-۲۲) از رابطه های زیر به دست می آید.

$$D_p = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} = D \sqrt{(S_a C_\theta)^2 + C_y C_a + S_a S_\theta S_y)^2} \quad (4-24)$$

متغیر β را به صورت (۴-۲۵) معرفی می کنیم:

$$\beta = \text{Cos}^{-1}(\sqrt{S_a S_\theta)^2 (C_y C_a + S_a S_\theta S_y)^2}) \quad (4-25)$$

با توجه به اینکه بردارهای D و L در دستگاه مختصات صندلی بر هم عمودند در نتیجه در دستگاه مختصات مرجع نیز بر هم عمود خواهند بود، با استفاده از تعریف (۴-۲۵) از L_p از

رابطه (۴-۲۶) به دست می آید.

$$L_p = L \text{Sin} \beta = L \text{Sin} (\text{Cos}^{-1} \sqrt{S_a C_\theta + S_a S_\theta S_y)^2}) \quad (4-26)$$

حال با استفاده از رابطه (۴-۲۳) و (۴-۲۴) الی (۴-۲۶) می توان حداکثر سرعت صندلی چرخدار را در هر مسیر دلخواه به گونه ای بدست آورد که با توجه به شکل (۴-۳) پایداری حول محور X حفظ شود. به عنوان مثال حالت ساده مسیر صاف بدون هیچگونه شیب را در نظر

می گیریم در نتیجه داریم:

$$\theta = 0, \quad y = 0$$

$$\beta = \cos^{-1} = 0$$

$$D_p = D \cos 0 = D$$

$$L_p = D \sin 0 = 0$$

با جایگذاری مقادیر در رابطه (۴-۱۳) مقدار V بدست می آید.

$$V = \sqrt{\frac{rg}{L}(D-0)} = \frac{\sqrt{rg}}{L} D$$

که دقیقاً منطبق بر مقدار بدست آمده از رابطه (۴-۱۶) می باشد که مستقیماً آنرا به دست آورده بودیم. حال بررسی کنترل حلقه بسته را ادامه می دهیم:

۴-۴- بررسی کنترل حلقه بسته

برای کنترل حلقه بسته لازم است که در ابتدا مدلی از صندلی چرخدار الکتریکی که توسط انسان هدایت می شود، ارائه کنیم. در این مدل سعی داریم که تابع شبکه ای برای صندلی چرخدار به دست آوریم که خروجی آن موقعیت صندلی چرخدار و ورودی مسیر مورد نظر استفاده کننده باشد. این تابع شبکه شامل بلوکهای زیر می باشد.

شکل (۴-۴): دیاگرام بلوکی سیستم صندلی چرخدار الکتریکی با کنترل انسان

در مرجع [۱] مدل تصمیم گیری راننده به شکل زیر معرفی شده است.

$$P(s) = \frac{\delta(s)}{\xi(s)} = \frac{-K_1}{1 + T_r s} \left[1 + \left(\frac{\eta L_{vis}}{V} \right) s \right] \quad (4-27)$$

$$K_1 = \frac{C_1 V}{C_2 + L_{vis}}$$

که در این رابطه $\delta(s)$ اصلاح زاویه چرخهای جلو و $\xi(s)$ انحراف سیستم از مسیر مورد نظر است. K_1 ضریبی وابسته به وضعیت فیزیولوژیکی و روانی راننده، T_r زمان پاسخ راننده L_{vis} میزان نمایانی مسیر و V سرعت صندلی چرخدار است.

تابع شکل موتورها در بخش (۵) توضیح داده خواهد شد و خواهیم دید که به دلیل زیاد قطبهای الکتریکی و مکانیک می توان موتور را یک سیستم درجه اول فرض کرد:

$$H(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K_2}{1 + \tau s} \quad (4-28)$$

تنها بلوک باقیمانده مدل انحراف صندلی چرخدار از مسیر مستقیم، بر اساس زاویه انحراف چرخهای جلو^۱ است. با توجه به شکل (۴-۵) می توان رابطه (۴-۲۹) را نوشت.

شکل (۴-۵): سینماتیک صندلی چرخدار تحت کنترل انسان

^۱ - Steering

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= V \operatorname{Din}(\delta + a)d \\ \frac{d\varphi}{dt} &= V \operatorname{Sina} \\ \zeta &= (A\xi + B\varphi) / WB \end{aligned} \quad (4-29)$$

$$d(\delta) = \operatorname{Sin}^{-1}[(\xi - \varphi) / WB]$$

با فرض کوچک بودن زوایا می توانیم روابط (۴-۲۹) را به شکل زیر خطی نمائیم تا بتوانیم یک مدل خطی از سیستم ارائه کنیم.

$$\begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} &= V(\delta + a) \\ \frac{d\varphi}{dt} &= Va \\ a &= (\xi - \varphi) / WB \end{aligned} \quad (4-30)$$

با تعریف اپراتور Δ به عنوان مشتق گیر می توانیم معادلات (۴-۳۰) را به شکل ماتریس بنویسیم:

$$\begin{bmatrix} \Delta/v & 0 & 0 & -1 \\ 0 & \Delta & 0 & -V \\ A/WB & B/WB & -1 & 0 \\ 1/WB & -1/WB & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi \\ \varphi \\ \zeta \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

با حل این معادله ماتریسی برای ζ با استفاده از روش کرامر خواهیم داشت:

$$\zeta(t) = \frac{\begin{vmatrix} \Delta/V & 0 & \delta & -1 \\ 0 & \Delta & 0 & -V \\ A/WB & B/WB & 0 & 0 \\ 1/WB & -1/WB & 0 & -1 \end{vmatrix}}{|\Phi|}$$

که در آن $|\Phi|$ دترمینال ماتریس ضرایب است. با انجام محاسبات و بدست آوردن مقادیر دترمینالها داریم:

$$|\Phi| = \frac{\Delta^2}{V}$$

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{V}{WB} [V\delta(t) + A \frac{d\delta(t)}{dt}]$$

با گرفتن تبدیل پالاس ساده سازی خواهیم داشت:

$$\frac{\xi(s)}{\delta(s)} = \frac{(V/WB)[V + AS]}{s^2}$$

حال دیاگرام بلوکی شکل (۴-۵) را با جایگزینی مقادیر، می توان به شکل زیر ساده کرد.

شکل (۴-۶): دیاگرام بلوکی کامل شده شکل (۴-۵)

می بینیم که با وجود هم ساده سازیهای ممکن سیستم بسیار پیچیده است. بنابراین کنترل آن اگر بخواهد با شکلی جامع انجام گیرد، بسیار پیچیده می شود به طوری که بجز با یک سیستم میکروپرسور که بتواند اطلاعات رسیده از سنسورهای مختلف را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، پیاده سازی آن امکان پذیر نخواهد بود.

در ادامه انواع روشهای موجود برای کنترل صندلی چرخدار الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۵- روشهای کنترل صندلی چرخدار الکتریکی

۴-۵-۱- کنترل کننده ها قابل تنظیم^۱

^۱ - Tunable Controller

صندلیهای چرخدار الکتریکی را می توان با روشهایی مبتنی بر سیستمهای آنالوگ و یا دیجیتال کنترل نمود. در مدارهای دیجیتال میکروکنترلرها هم خود صندلی و هم موتورها را کنترل می کنند استفاده از میکروکنترلرها کنترل قابل انعطافی که ورودیهای مختلفی اعم از آنالوگ یا دیجیتال دارد را ممکن می سازد.

معمولاً پارامترهایی که می توان آنها را تنظیم کرد عبارتند از حداکثر سرعت خطی، حداکثر سرعت وشتاب زاویه ای، شتاب و حرکت ترمز و پارامترهای فیلتر ورودی.

البته پارامترهای فوق از طریق روشهای آنالوگ نیز قابل پیاده سازی است ولی مزیت عمده کنترلهای میکروپروسسوری امکان پیاده سازی الگوریتم های دینامیک کنترل است. کنترل صندلیهای چرخدار الکتریکی با استفاده از روشهای کنترل فیدبک دار بر پایه میکرو پروسورها بسیار بهبود یافته است. کنترل فیدبک دار عموماً استفاده می شود تا سرعت مورد نظر استفاده کننده مستقل از شیب و ناهمواریهای مسیر به صندلی چرخدار اعمال می شود. به عنوان مثال وقتی کاربر سرعت خاصی را مشخص می کند سرعت صندلی چه در هنگام بالا رفتن از شیب و چه در هنگام پائین آمدن از آن تغییر نکند. برای انجام این کار فرضهای ساده کننده زیر در نظر گرفته شده است.

۱- فقط نیروهای عمودی به چرخهای هدایت کننده جلو وارد می شود.

۲- چرخهای کوچک جلو به میزان مساوی تحت بار هستند.

۳- مرکز جرم مجموعه نسبت به صندلی ثابت است.

۴- چرخها نمی لغزند.

۵- تغییرات در شیب مسیر، تدریجی است.

روشهای کنترل فیدبک دار به خصوص اگر با میکروکنترلر ساخته شوند استفاده از صندلی را برای شخص بسیار آسان می کند. کفایت که شخص سرعت و جهت را توسط یک جوی

استیک و یا هر وسیله ورودی دیگری مشخص کند؛ میکرو کنترلر سرعت و جهت فعلی را توسط سنسورها حس کرده و فرمانهای مناسب را به موتورهای برای رسیدن به سرعت و جهت مطلوب صادر می نماید.

یکی از مهمترین مسائل در کنترل میکرو پروسوسوری سیستمها مسأله نمونه برداری است که عملکرد سیستم حلقه بسته را تحت تأثیر قرار می دهد. نمونه برداری سریع سیستم را همانند حالت پیوسته آنالوگ مدل می کند و در نتیجه پاسخ مدل بسیار شبیه تر به پاسخ واقعی سیستم خواهد بود. فرکانس نمونه برداری به دلیل محدود بودن سرعت میکروپروسوسور، سنسورها و اعمال کننده ها^۱ و همچنین نرم افزار، نمی تواند خیلی زیاد باشد. پریود نمونه برداری برابر ۰.۰۱ ثانیه عموماً برای کنترل صندلی چرخدار الکتریکی معمولی کافی بوده و به راحتی قابل دستیابی است.

۲-۵-۴- کنترل با سنسورهای یا همکاری^۲

هدف از این نوع کنترل افزایش قابلیت های حرکت کاربر با سپردن وظایف مربوط به هدایت صندلی به یک سیستم کنترل اتوماتیک است. این سیستم کنترلی از آنجا که تصمیم گیری بیشتری آنجا می دهد دارای سنسورهای متعدد داخلی و خارجی می باشد به همین دلیل آنرا کنترل مبتنی بر سنسورها می نامند. در این روش به دلیل وجود سنسورهای زیاد، پردازش اولیه خروجیهای سنسورها پیش از انتقال آن به کنترل کننده اصلی حائز اهمیت است.

پردازش اولیه:^۳

سیگنالهای ورودی ممکن است متغیر و یا ثابت باشند. منظور از ثابت این است که توسط یک کلید که چند حالت می تواند داشته باشد، انتخاب می گردد. سیگنالهای ورودی متغیر

^۱ - Actuator

^۲ - Shared Control

^۳ - Input Conditioning

سیگنالهای خروجی و سائلی مثل جوی استیک می باشند. سیگنال خروجی سنسورها و یا وسائل ورودی را می توان مستقیماً به کنترل کننده داده و یا اینکه ابتدا روی آن پردازش صورت داد و سپس به کنترل کننده منتقل می کنیم. پردازش اولیه ممکن است بسیار ساده فقط با فیلتر کردن سیگنال ورودی و آنالوگ و یا متوسط گیری مثلثی سیگنال دیجیتال انجام شود و یا اینکه در آن از روشهای پیچیده ای مثل شبکه عصبی و یا منطق فازی استفاده گردد. روشهای پیچیده تری نیز برای حذف نویز به کار گرفته می شود. فیلتر کردن ساده ممکن است قدرت سیگنال اصلی که همان سرعت و جهت مورد نظر کاربر است را کاهش دهد. یکی از انواع نیوز، ارسال سیگنالهای ناخواسته توسط وسایل ورودی می باشد. به عنوان مثال اگر جوی استیک را در نظر بگیریم، در حالت استراحت نیز ممکن است سیگنالهایی از خود ارسال نماید. این سیگنالها حتی وقتی که جوی استیک در حال کار است نیز ممکن است ارسال شود. باین توضیح یک روش وقتی ورودی دستگاه در وضعیت خنثی است اطلاعات ارسال شده توسط آن ثبت می شود. از این اطلاعات می توان برای آموزش یک شبکه عصبی و یا پیاده کردن یک منطق نازی استفاده کرد. اطلاعات ارسالی در وضعیت خنثی را می توان اندازه گیری کرد و به عنوان یک نویز زمینه برای ساختن یک فیلتر حذف نویز وقتی به کار برد. پردازش اولیه کاربردهای گسترده تری دارد ولی در اینجا با ذکر این نکته که می توان با پردازش اولیه تصمیم های مناسبتری در هنگام بروز خطا گرفتن این قسمت را به پایان می بریم. حالتهای مختلف ورودی و وضعیتی سیستم در حافظه ضبط می شود. حال دستورات جدید صادر شده توسط کاربرد و متعاقب آن حرکت صندلی برای آن تا حدودی شبیه به دستورات قبلی باشد در غیر این صورت یک پیغام خطا به کاربر ارسال خواهد شد.

استراتژی کنترل

۱- سنسورهای داخلی

۲- سنسورهای خارجی

۳- بلوک تصمیم گیرنده

سنسورهای داخلی وضعیت صندلی چرخدار را منتقل می کنند. منظور از وضعیت پارامترهایی مثل سرعت صندلی چرخدار، میزان شارژ باتریها، جریان موتورها، درجه حرارت موتور و وضعیت قسمت‌های مکانیکی، می باشد. سنسورهای خارجی به منظور اندازه گیری جهت، فاصله و نحوه ارتباط اجسام اطراف نسبت به صندلی چرخدار، استفاده می شوند. سنسورهای خارجی شامل آشکار سازه های مادون قرمز، مبدل‌های اولتراسوند^۱ سنسورهای مغناطیسی و سیستم های بینایی ماشین می باشند. این سنسورها می توانند به تشخیص موانع بالقوه خطرناک برای کاربر و همچنین جلوگیری از برخورد به آنها کمک کنند. البته سنسورها نمی توانند مستقیماً موانع از برخورد شوند بلکه اطلاعات لازم را به قسمت کنترل منتقل میکنند. به عنوان مثال در مواقعی که کاربر به علل مختلف نمی تواند به طور دقیق مسیر صندلی را تنظیم کند با استفاده از سنسورهای خارجی، یک سیستم کنترل را می توان چنان طراحی کرد که مسیر تقریبی را از کاربر دریافت کرد و سپس مسیر دقیق را با در نظر گرفتن از موانع و خطرهای موجود خود تعیین کند. بدین طریق کنترل صندلی با مشارکت کاربر و یک سیستم کنترل اتوماتیک انجام می گیرد و میزان این مشارکت به توانایی های کاربر بستگی خواهد داشت.

این روش کنترل بر اساس دو مدل مختلف عمل می کند:

- مدل تصمیم گیری انسان.

- مدل رفتاری انسان.

^۱ - Ultura Sound

برای استفاده از مدل تصمیم‌گیری انسان باید مدلی از نحوه استخراج پارامترهای کنترلی از روی اطلاعاتی بدست آمده از سنسورها، توسط کاربر، بدست آورد. مدل‌های معین^۱ به این منظور مناسب نیستند. مدل‌هایی که بر اساس تئوری احتمال ارائه می‌شوند از داده‌های واقعی برای تشخیص مشخصات کاربر که بر روی تصمیم‌گیری او مؤثر هستند استفاده می‌کنند. بر اساس پارامترهای اندازه‌گیری شده مثل جهت، سرعت، موقعیت بدن و تأخیرهای زمانی، احتمالی اینکه کاربر به یک مود^۲ که از قبل تعریف شده برود، محاسبه می‌شود: مود انتخاب شده یکی از مودهایی خواهد بود که بیشترین احتمال را دارند. برای حل این مسأله با استفاده از منطق فازی بسیار مناسب خواهد بود.

مدلهای رفتار انسان فرض می‌کند که عملکرد راننده را می‌توان در چند بخش اساسی طبقه‌بندی کرد. به عنوان مثال می‌توان سه گروه مهم حرکت صندلی چرخدار را به شکل زیر تعریف کرد.

۱- حرکت با سرعت بالا

در این روش مشخصه‌های استخراج می‌شوند که مربوط به حرکت صندلی چرخدار در مکانهایی است که سرعت در آنها زیاد و موانع بسیار کم بوده و در حالت کلی مشخصه‌های حرکت در فضای آزاد می‌باشد.

۲- حرکت با مانورهای زیاد

این شیوه مخصوص مکانهایی است که تعداد زیادی مانع وجود داشته مثلاً حرکت در یک اتاق که لوازم مختلفی در آن وجود دارد و یا حرکت از یک اتاق به اتاق دیگر.

۳- مستقر نمودن در یک محل

^۱ - Deterministic

^۲ - Moude

در این روش در مواقعی است که کاربر قصد از عبور از مانع را ندارد به عنوان مثال می خواهد نسبت به یک مسیر و یا حالتی شبیه به آن مستقر شود. کاربر می تواند با استفاده از یک کلید و یا هر وسیله ورودی دیگر هر یک از این سه روش را انتخاب نماید سپس سیستم کنترل بر آن اساس صندلی را کنترل خواهد نمود.

۳-۵-۴- کنترل تحمل پذیر خطا^۱

مجموعه صندلی چرخدار الکتریکی و کاربر پیچیده تر از آن است که بتوان دینامیک آنرا توسط یک مدل ریاضی دقیق تعریف نمود. کنترل کننده های وقفی مبتنی بر منطق فازی و شبکه عصبی در مواقعی که مدل سیستم را نمی توان به طور دقیق تعیین کرد، عملکرد بهتری نسبت به کنترل کننده های کلاسیک دارند که علت آن کاهش میزان عدم قطعیت مدل با استفاده از تخمین پارامترها به صورت پیوسته می باشد. کنترل کننده های وقفی وقتی که به یک دینامیک مدل نشده و یا یک اغتشاش پیش بینی نشده برخورد کنند (مثلاً هنگامی که در سخت افزار صندلی و کنترل کننده آن اختلال ایجاد شود) ممکن است که ناپایدار شوند. کنترل تحمل پذیر خطا روشی است که بر عملکرد کنترل کننده های پیشرفته نظارت می کند و مواقعی که رفتار سیستم غیر عادی شود، تصمیم مناسب را اتخاذ می کنند. قبلاً نیز توضیح دادیم که صندلی چرخدار الکتریکی فقط در مواقعی که کاربرد دچار مشکلات عمده حرکتی است استفاده می شود بنابراین اگر هنگام حرکت، یک المان آسیب ببیند آنگاه ممکن است خطرات بسیار زیادی متوجه کاربر شود. نقش کنترل تحمل پذیر خطا در این مواقع این است که تا حد امکان کنترل شخص بر سیستم حفظ شود و اینکه صندلی را به یک نقطه امن هدایت نماید.

۶-۴- سازگاری الکترومغناطیسی^۱

^۱ - Full- Tolerant Control

نویز الکترومغناطیسی به دو گروه عمده تقسیم می شود: [۵]

۱- نویز هدایتی

۲- نویز تشعشی

نویز هدایتی به دلیل صفر نبودن امپدانس مسیر زمین و همچنین به دلیل وجود خازنهای پارازیت، از یک مدار به مدار دیگر هدایت می شود. این نوع نویز در مداراتی که در آنها عمل کلید زنی اتفاق می افتد، نمود بیشتری دارد. در لحظه ای که کلید روشن و یا خاموش می شود، پیکهای ولتاژی ناخواسته ای در زمین مشترک مدار ظاهر می شود که به صورت نویز برای بقیه مدار عمل می کند. هر چه فرکانس سوئیچینگ و دامنه ولتاژ و جریان در لحظه سوئیچ بیشتر باشد، نویز تولید شده بیشتر خواهد بود. در صندلی چرخدار الکتریکی عمده ترین منبع تولید این نوع نویز، المان سوئیچ قدرت که در این پروژه ماسفت انتخاب شده است می باشد. نویز تولید شده از طریق خازن های پارازیت به سایر قسمتها و همچنین بدن شخص منتقل می شود و اگر تجهیزات کمکی حساسی برای فرد مورد استفاده قرار گرفته باشد، باید به این مسأله دقت کافی مبذور داشت.

نویز تشعشی از طریق میدانهای الکتریکی و یا مغناطیسی به مدار منتقل می شود. صندلیهای چرخدار الکتریکی در معرض تشعشعات الکترومغناطیسی موجود در محیط اطراف می باشند که اگر مقدار آن زیاد باشد باید برای اطمینان از ایمنی سیستم تمهیداتی را به کار برد. مدارهای دیجیتالی و میکروکنترلرها در کنار مزایایی بی شمار، در مقابل تشعشعات الکترومغناطیسی و دشارژ الکترواستاتیک بسیار حساس هستند.

بسیاری از کاربردهای صندلی چرخدار الکتریکی لوازمی مثل پخش ماشین کامپیوتر و وسایل مخابراتی را به صندلی خود وصل می کنند که همه از یک باطری استفاده می کنند. این امر

^۱ - Electromagnetic Compatibility

باعث می شود امکان انتقال نویز از یک سیستم به سیستم دیگر بسیار زیاد باشند. بنابراین صندلی چرخدار در معرض نویز هدایتی و نویز تشعشی می باشد. شدت میدان الکتریکی ناشی از یک تلفن همراه 15 W برابر 20 V/m بوده و این شدت برای یک سیستم 1 W برابر 8 V/m می باشد. وزارت دارو و غذای آمریکا جدیداً پیشنهاد کرده است که یک سیستم هشدار دهنده برای نویز تشعشی چرخدار نصب گردد. آزمایشهای مختلفی انجام داده است بیانگر این مطلب است که بعضی از صندلی های چرخدار الکتریکی در مقابل میدانهایی برابر 5 V/m نیز حساس می باشند. که معادل شدت میدان تولید شده توسط یک فرستنده رادیویی 4 W در فاصله دو متری است. برای مقابله با نویز الکترومغناطیسی علاوه بر جلوگیری از ورود نویز به سیستم می توان با استفاده از کنترل تحمل پذیر خطا بسیاری از مشکلات به وجود آمده ناشی از نویز را به راحتی حل نمود.

خلاصه

در ابتدا پروتکلی برای حرکت صندلی بر اساس حرکت جوی استیک تعریف شد که با آنچه در ظاهر تصور می شود کمی متفاوت می باشد. با آنالیز دینامیک ثابت، رابطه ای برای بدست آوردن سرعت صندلی به منظور حفظ پایداری حول محوری که در امتداد حرکت است، معرفی شد. تابع شبکه به دست آمده برای سیستم صندلی چرخدار با در نظر گرفتن کنترل انسان، پیچیدگی آنرا مشخص می کند. در انتها نیز به اجمال، انواع نویز موجود در سیستم صندلی چرخدار الکتریکی را بررسی کردیم.

www.kandoo.cn.com

فصل پنجم

طراحی قسمت‌های مختلف

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

مقدمه

در این فصل در مورد طراحی قسمت‌های مختلف توضیح خواهیم داد. مدار به دو روش آنالوگ در مورد طراحی قسمت‌های مختلف توضیح خواهیم داد. مدار به دو روش آنالوگ و دیجیتال پیاده سازی شده است. ابتدا در مورد نحوه پردازش فرمان جوی استیک توضیح داده و سپس چگونگی تولید سیگنال PWM توضیح می دهیم. برای انتخاب فرکانس سوئیچینگ پارامترهای موتور استخراج گردیده و با مدل موتور در Spice فرکانس برشگری انتخاب شد. چگونگی روشن و خاموش کردن سریع ماسفتها، با توجه به خازن ورودی آنها را بررسی خواهیم کرد. در ادامه نحوه به کارگیری مدار دیجیتال را توضیح داده و آنرا با مدار آنالوگی مقایسه خواهیم کرد.

روشهای ساخت مدار

با توجه به آنچه در مورد کنترل صندلی چرخدار در فصل چهار گفته شد به دلیل پیچیدگی، ابتدا صندلی را به صورت حلقه باز کنترل می کنیم. البته فقط مدار کنترل حلقه باز خواهد بود و در نهایت کل سیستم توسط کاربر به صورت حلقه بسته کنترل می شود. به این صورت که اگر صندلی چرخدار در مسیر مورد نظر کاربر حرکت نکند، شخص با دادن فرمان مناسب توسط جوی استیک، مسیر را اصلاح خواهد نمود. برای هدایت صندلی چرخدار نیز سرعت چرخهای چپ و راست مناسب با حرکت جوی استیک در جهتهای X و Y باید برابر با مقادیر بدست آمده از روابط (۴-۱۴) و (۴-۱۵)، باشد.

$$\omega_L = \frac{V_{O\max}}{r y_{\max}} (y + x)$$

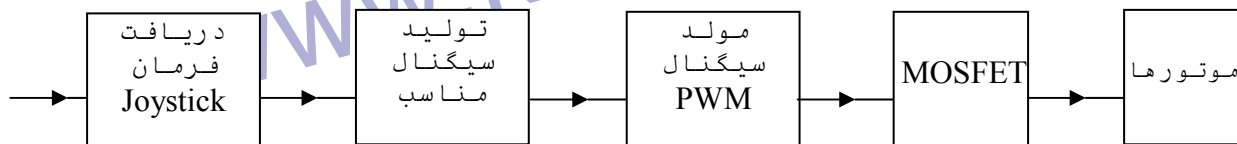
$$\omega_R = \frac{V_{O\max}}{r y_{\max}} (y - x)$$

معنی دیگر کنترل حلقه باز این است که به جای سرعت چرخها ولتاژ دو سر موتور های چپ و راست را، به ترتیب متناسب با $(y+x)$ و $(y-x)$ تغییر دهیم. البته در شرایط عادی که مسیر صاف و هموار بوده و شیب نداشته باشد، تقریب فوق خیلی دور از واقعیت نیست. برای اعمال ولتاژ مناسب به موتورها از دو مدار می توانیم استفاده نماییم:

۱- مدار کنترل کننده آنالوگ

۲- مدار کنترل کننده آنالوگ

مدار کنترل با استفاده از هر دو روش، طراحی و ساخته شد. در ادامه، این دو روش را بررسی نموده و با یکدیگر مقایسه خواهیم کرد. علت وجود الزامی یک بخش آنالوگ در هر دو روش، فرکانس بالای سوئیچینگ می باشد. پائین بودن سرعت میکروهای معمولی مانع استفاده از آنها به این منظور می باشد. بنابراین به مداری نیاز داریم که بتواند سیگنال PWM مناسب را با فرکانس و دوره کار مورد نظر تولید نماید. به طور کلی مراحل کار به صورت زیر می باشد:



با توجه به توضیحات داده شده بلوکهای مولد PWM و ماسفت در هر دو روش ثابت است. ولی بلوکهای اول و دوم متفاوت خواهند بود. در اینجا ابتدا طراحی مدار آنالوگ را توضیح می دهیم:

۱-۵- پیاده سازی به روش آنالوگ

مطابق روابط $(4-14)$ و $(4-15)$ برای هدایت مناسب صندلی چرخدار بر اساس انحراف جوی استنیک سرعت چرخهای چپ و راست باید به شکل زیر باشد.

$$W_L = a(y + x)$$

$$W_R = a(y + x) \quad (5-1)$$

که در آن x, y ولتاژهایی هستند که توسط دو مقاومت متغیر جوی استیک تولید می شوند. از رابطه (5-1) مشخص است که اگر به عنوان مثال $(y_0 + y_0)$ منفی شود. آنگاه سرعت چرخ چپ باید منفی شود و به عنوان دیگر موتور مربوط به چرخ چپ در جهت معکوس بچرخد. یعنی که سرعت آن برابر با $|y_0 + x_0|$ بوده فقط جهت آن عوض خواهد شد. بنابراین با منفی شدن $x + y$ و $x - y$ سرعت موتور را برابر مقدار قدر مطلق آنها تنظیم کرده و همانطور که در قسمت (3-3) گفتیم، با یک رله ولتاژ موتور را معکوس می کنیم. با توجه به نکته فوق مبحث طراحی را ادامه می دهیم:

مدارهای شکل (5-1) عمل جمع و تفریق را انجام می دهند:

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1}(y + x)$$

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1}(y + x)$$

شکل (5-1): جمع کننده و تفریق کننده آنالوگ

برای شبیه سازی تابع قدر مطلق دو روش وجود دارد:

۱- استفاده از پل دیودی

مطابق شکل (5-2) با صرف نظر کردن از افت ولتاژ دیودها که اگر ژورمانیوم باشند به دلیل کم بودن جریان، فرض اشتباهی نیست. این مدار عمل قدر مطلق گرفتن را انجام می دهد. مزیت آن سادگی بسیار زیاد آن است. عیب این مدار این است که زمین ولتاژ ورودی و خروجی مشترک نیست، در نتیجه استفاده از مدار برای منظور ما مناسب نمی باشد. مزیت دیگر این مدار این است که نیاز به تغذیه ندارد و عملکرد آن تا ولتاژ شکست دیودها، مستقل از ولتاژ

ورودی می باشد. البته اگر دامنه سیگنال ورودی و خروجی خیلی کوچک باشد، به علت افت ولتاژ دیودها نمی توان از آن استفاده کرد.

شکل (۵-۲): پیاده سازی تابع قدر مطلق با پل دیودی

۲- یکسو سازی تمام موج ایده آل

یکسوساز تمام موج ایده آل از دو قسمت تشکیل شده است: یکسوسازی نیم موج ایده آل و مدار جمع کننده. در شکل (۵-۳) یکسوساز نیم موج ایده آل نشان داده شده است.

شکل (۵-۳): یکسوساز نیم موج ایده آل

حال اگر خروجی این مدار را در ۲ ضرب کرده و با ولتاژ ورودی و خروجی جمع کنیم، حاصل یکسوساز تمام موج ایده آل می باشد که در شکل (۵-۴) آمده است:

شکل (۵-۴): یکسوساز تمام موج ایده آل

به علت دو برابر شدن ولتاژ ورودی، تغذیه OPAMP ها باید دو برابر حداکثر ورودی و خروجی به اضافه یک با دو ولت باشد تا اشباع نشود برای حل این مشکل در قسمت جمع کننده و تفریق کننده سیگنال خروجی را در ضریب $\frac{1}{2}$ ضرب کردیم. و در نهایت در خروجی مدار یکسوساز تمام موج این ضریب جبران شده است. به منظور دقیق بودن مقاومتها و نسبت آنها، همه مقاومتها از نوع ۱٪ و با مدار $10K\Omega$ انتخاب شده است. نحوه تضعیف در مدار جمع کننده و تفریق کننده به ترتیب در شکل‌های (۵-۵) و (۵-۶) نشان داده شده است:

شکل (۵-۵): نحوه تضعیف سیگنال خروجی جمع کننده

شکل (۵-۶): نحوه تضعیف سیگنال خروجی تفریق کننده

با توجه به امپدانس ورودی کمی که جمع کننده و تفریق کننده دارند (حداکثر $10K\Omega$ و از طرف دیگر منبع X و Y سیگنال‌های دریافتی از جوی استیک می باشد که امپدانس خروجی زیادی دارد. برای حل این مشکل مطابق شکل (۵-۷) X و Y را پیش از اعمال به مدار از جوی استیک بافر می کنیم.

شکل (۵-۷): نحوه بافر کردن خروجی جوی استیک

با ساخته شدن سیگنالهای $|x+y|$ و $|x-y|$ باید چرخها سرعتی متناسب با آنها داشته باشند. اینکه چرخ چه سرعتی دارد و آیا سرعت آن برابر مقدار مورد نظر است یا نه نیازمند به گرفتن فیدبک از سرعت چرخ می باشد که در این پروژه مطرح نیست. به همین منظور کاری که انجام می شود اعمال متوسط ولتاژی متناسب با $(x+y)$ به موتور است. در مواقعی که وسیله در سطح هموار و یا در سطح شیب دار اعمال به طور مستقیم حرکت می کند، این فرض که سرعت موتور متناسب با ولتاژ آن است فرض درستی است. ولی اگر صندلی بخواهد در شیب دور بزند و مانورهایی شبیه به این انجام دهد آنگاه این فرض به هیچ وجه صادق نیست و نیاز به کنترل کننده های پیچیدهتری دارد که بتواند صندلی را به نحو مطلوب هدایت نماید. بنابراین هدف فقط اعمال متوسط ولتاژی متناسب با $|x+y|$ و $|x-y|$ به موتورها می باشد. به عبارت دیگر از آنجا که روش کنترل PWM است، باید مداری ساخته شود که متناسب با $|x+y|$ و $|x-y|$ دوره کار سیگنال PWM را تغییر دهد.

۱-۱-۵- کنترل کننده PWM

برای تولید سیگنال PWM از تراشه TL494 استفاده می کنیم. در شکل (۸-۵) پایه های این IC و نمای بلوکهای داخلی آن نشان داده شده است:

شکل (۸-۵): تراشه TL494

TL494 کنترل کننده PWM می باشد. اساس این کار این نوع تراشه به این صورت است که توسط یک نوسان داخلی که فرکانس آن با مقاومت و خازن خارجی تعیین می شود یک موج داندانه اریه ای تولید می کند. با مقایسه این موج با یک ولتاژ DC موج PWM با دوره کار مورد نظر تولید می گردد. طبق مشخصات TL494 که در ضمیمه (۴) آمده است حداکثر جریان

ترانزیستور خروجی TL494، ۲۵۰ mA می باشد. در ادامه با بررسی جریان مورد نیاز برای روشن و خاموش کردن سریع ماسفتها خواهیم دید که جریان مذکور به این منظور کافی نمی باشد.

۲-۵- محاسبه جریان گیت ماسفت

سوئیچ مورد استفاده، همانطور که در قسمت (۴-۳) توضیح داده شد، یک MOSFET قدرت با شماره IRFP150 می باشد که یک المان (۴۰A، ۱۰۰V) است. مقاومت ورودی ماسفت در حالت DC بسیار زیاد است و گیت آن جریان بسیار کمی در حد چند نانو آمپر می کشد. اما خازن قابل ملاحظه ای بین ترمینالهای گیت و سورس وجود دارد. این خازن باعث می شود که برای رساندن ولتاژ گیت به حدود ۱۵V برای روشن کردن و همچنین رسانیدن ولتاژ به صفر یا منفی برای خاموش کردن نیاز به جریانهای نسبتاً زیادی داشته باشیم. در اینجا به طور کلی مسأله فوق را بررسی می نماییم. در شکل (۹-۵) جریانهای لازم برای روشن کردن یک ماسفت با توجه به خازنهای ورودی آن نشان داده شده است.

شکل (۹-۵): جریانهای کشیده شده از گیت هنگام روشن شدن

خازن C_1 خازن بین پایه های گیت و سورس است که خازن ورودی است و با C_{iss} نمایش داده می شود. C_2 خازن بین پایه های گیت و درین است که با C_{rss} نمایش داده می شود. [۶]. هنگام تحریک گیت برای آنکه ولتاژ آن در مدت t_r به ۱۵ ولت برسد جریان لازم برای شارژ کردن C_1 تا ولتاژ مورد نظر برابر است با:

$$I_1 = \frac{C_1 \times dV}{dt} = \frac{15C_1}{t_1} \quad (5-2)$$

جریان مورد نیاز باری دشوارژ C_2 برابر است با:

$$I_1 = \frac{C_2 \times dV}{dt} = \frac{(V_{DD} + 15)}{t_1} \quad (5-3)$$

در اینجا $V_{DD} = 24V$ و در مسافت **IRFP150** مقادیر خازن ها برابر:

$$C_1 = 2500 \text{ pf}$$

$$C_2 = 200 \text{ pf}$$

$$t_1 = 50 \text{ ns}$$

بنابراین با استفاده از معادله (5-2) و (5-3) جریان I_1 و I_2 برابر است با:

$$I_1 = \frac{2500 \times 10^{-12} \times 15}{50 \times 10^{-9}} = 750 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{200 \times 10^{-12} \times (15 + 24)}{50 \times 10^{-9}} = 159 \text{ mA}$$

کل جریان لازم برای تحریک گیت برابر است با:

$$I_g = I_1 + I_2 = 906 \text{ mA}$$

به طور کلی خازن ورودی مسافت از دید گیت را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$C_{in} = C_{iss} + \left(1 + \frac{V_{CC}}{V_g}\right) \times C_{rss} \quad (4-5)$$

خازن C_1 خازن بین پایه های گیت و سورس است که خازن ورودی است و با C_{iss} نمایش

داده می شود. C_2 خازن بین پایه های گیت و درین است که با C_{rss} نمایش داده می شود.

[۶]. هنگام تحریک گیت برای آنکه ولتاژ آن در مدت t_r به ۱۵ ولت برسد جریان لازم برای

شارژ کردن C_1 تا ولتاژ مورد نظر برابر است با:

$$I_1 = \frac{C_1 \times dV}{dt} = \frac{15C_1}{t_r} \quad (5-2)$$

جریان مورد نیاز برای دشارژ C_2 برابر است با:

$$I_1 = \frac{C_2 \times dV}{dt} = \frac{(V_{DD} + 15)C_1}{t_r} \quad (3-5)$$

در اینجا $V_{DD} = 24V$ و در مسافت ۱۵۰ IRFP مقادیر خازن ها برابر:

$$C_1 = 2500 \text{ pf}$$

$$C_2 = 200 \text{ pf}$$

$$t_r = 50 \text{ ns}$$

بنابراین با استفاده از معادله (۵-۲) و (۵-۳) جریان I_1 و I_2 برابر است با:

$$I_1 = \frac{2500 \times 10^{-12} \times 15}{50 \times 10^{-12}} = 750 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{200 \times 10^{-12} \times (15 + 24)}{50 \times 10^{-9}} = 156 \text{ mA}$$

کل جریان لازم برای تحریک گیت برابر است با:

$$I_g = I_1 + I_2 = 906 \text{ mA}$$

به طور کلی خازن ورودی مسافت از دید گیت را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$C_{in} = C_{iss} + \left(1 + \frac{V_{CC}}{V_g}\right) \times C_{rss} \quad (5-4)$$

بنابراین مدار تحریک گیت باید توانایی لازم را برای تحویل این جریان را داشته باشد و

همچنین هنگام خاموش کردن بتواند چنین جریانی را از گیت ماستف بکشد. بیشتر از تراشه

های کنترل کننده PWM قادر به انجام هر دو کار نیستند. یعنی که هم جریان را به گیت

تزریق می کنند و هم بکشند. بنابراین برای یک حالت باید چاره ای اندیشیده شود. TL۴۹۴

دارای دو خروجی است که از دو ترانزیستور تشکیل شده است که هر یک از آنها می توانند

۲۵۰ mA جریان را بسته به اینکه از کلکتور و یا امیتر به عنوان خروجی استفاده شود، به بار

تزریق کند^۱ و یا از آن بکشد^۲. اگر کلکتور این ترانزیستور ها به هم وصل شوند آنگاه جریانی برابر 500mA می تواند از گیت بکشند. با توجه به این مطلب زمان لازم برای خاموشی ماسفت برابر است با:

$$t_{off} = \frac{9.6}{500} \times 50\text{ ns}$$

که زمان کوتاه و مناسبی می باشد. برای روشن کردن روشهای مختلفی وجود دارد. در شکل (۵-۹) یک روش نشان داده شده است که در آن خازن ورودی از طریق R_1 و منبع شارژ می شود:

شکل (۵-۱۰): روشن شدن ماسفت با مقاومت

در این حالت دو مشکل وجود دارد.

۱- وقتی که ترانزیستور خروجی TL۴۹۴ خاموش می شود، سرعت شارژ شدن C_{in} به ثابت

زمانی $R_1 C_{in}$ محدود می شود که در نتیجه زمان روشن شدن طولانی خواهد شد. به

عنوان مثال حتی اگر R_1 مقدار کوچکی برابر 200Ω داشته باشد و فرض کنیم که سه

ثابت زمانی برای روشن شدن ماسفت کافی باشد، آنگاه زمانی برابر:

$$3R_1 C_{in} = 3 \times 200 \times 3000\text{ pf} = 108\mu\text{ sec}$$

برای روشن شدن لازم است که زمان بسیار زیادی در مقایسه با زمان دشارژ می باشد.

^۱ - Surce

^۲ - Sinc

۲- اگر $R_1 = 200\Omega$ ، و دوره کار برابر \bullet باشد تلفات توان R_1 برابر $\frac{24^2}{200}$ می باشد که برای

مدار فرمان توان قابل ملاحظه ایست. برای حل مشکل از مدار شکل (۵-۱۱) استفاده می

کنیم.

شکل (۵-۱۱): روشن شدن ماسفت با مقاومت و ترانزیستور

در این صورت ثابت زمانی شارژ برابر $\frac{1}{10}$ حالت قبل شده و برابر است با $10\mu s$ که زمان

مناسبتی است. بنابراین مدار تحریک ماسفت در نهایت در شکل (۵-۱۲) آورده شده است:

شکل (۵-۱۲): مدار تحریک ماسفت

۳-۱-۵- انتخاب فرکانس برشگری

متوسط ولتاژ خروجی یک برشگر برابر $V_{ave} = aV_s$ می باشد که مستقل از فرکانس برشگری

است ولی هارمونیکهای موجود در شکل موج خروجی ضرابی از فرکانس برشگری خواهند بود.

بنابراین دقت در این مورد در هر کاربردی لازم می باشد. در حالت کلی هر چه فرکانس

برشگری بالاتر باشد فرکانس هارمونیکهای ولتاژ و جریان بالاتر بوده و نوسانات به راحتی توسط

اندوکتانس موجود در مدار آرمیچر حذف شده و میزان تلفات کاهش می یابد. اما افزایش

فرکانس به چند دلیل همواره مقدر نیست.

۱- محدودیت المان سوئیچ

هر سوئیچی مدت زمانی نیاز دارد که پس از فرمان روشن شدن حالت روشن در آید. این زمان با بالاتر رفتن محدوده جریان ولتاژ المان سوئیچ زیاد می شود. بنابراین با یک المان سوئیچ خاص حداکثر فرکانس برشگری قابل دستیابی کاملاً مشخص است.

۲- محدودیت تلفات المان سوئیچ

در زمان روشن و خاموش شدن سوئیچ و در حالت گذر از روشن به خاموش و بالعکس تلفات المان به شدت افزایش می یابد. به این دلیل که در این فاصله مطابق شکل (۱۲-۵) هم ولتاژ دو سر المان و هم جریان آن مقادیر قابل ملاحظه ای دارند.

شکل (۱۳-۵): ولتاژ جریان سوئیچ هنگام روشن شدن

تلفات سوئیچینگ از رابطه (۵-۵) به دست می آید:

$$P_{switching} = \frac{1}{T} \int_0^{t_{on}} \frac{I}{t_{on}} t \cdot (V(1 - \frac{t}{t_{on}})) dt \quad (5-5)$$

$$P_{switching} = \frac{1V}{T.t_{on}} \int_0^{t_{on}} (t - \frac{t^2}{t_{on}}) dt$$

$$P_{switching} = \frac{VI}{t_{on}.t_{on}} (\frac{t_{on}^2}{2} - \frac{t_{on}^3}{3}) = \frac{1}{6} fVI t_{on}$$

می بینیم که این تلفات وابستگی مستقیم به فرکانس برشگری دارد. بنابراین با توجه به t_{on}

ومقادیر V و I باید فرکانس را خیلی زیاد انتخاب کنند.

۳- جلوگیری از تولید نویز

با بالا رفتن فرکانس، میزان انتشار نویز از طریق خازنهای پارازیت بیشتر خواهد شد. به عنوان یک قانون کلی برای کاهش نویز بهتر است که فرکانس سوئیچینگ را حداقل مقدار ممکن انتخاب نماییم.

با توجه به عوامل فوق برای انتخاب فرکانس برشگری نیاز به دانستن مشخصات موتور داریم:

۴-۱-۵- استخراج پارامترهای موتور ANCN۷۱۵۲

یک موتور DC مغناطی دائم توسط معادلات (۵-۶) مدل می شود. [۱۱].

$$V = R_a i_a + \frac{di_a}{dt} + K\omega \quad (۵-۶)$$

$$L_3 = 394 \mu H$$

البته R_a به موقعیت جاروبیک بر روی کالکتور و همچنین درجه حرارت سیم پیچ بستگی دارد و مقدار 0.25Ω توسط اندازه گیریهای متعدد در زوایای مختلف روتور و پس از کار کردن موتور به مدت مناسب بدست آمده است.

اندازه گیری K و B و J نیاز به آزمایشات بیشتری دارد ولی قبل از آن در مورد قطبهای موتور در صفحه S توضیحاتی ارائه می شود:

با گرفتن تبدیل لاپلاس از معادلات (۵-۶) و (۵-۷) تابع تبدیل سرعت موتور بر حسب ولتاژ به صورت معادله به دست می آید.

$$C(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{L_a J S^2 + (J R_a + B L_a) S + B R_a + K^2} \quad (۵-۸)$$

مقادیر B و L هر دو کوچک هستند بنابراین از حاصلضرب آنها می توان صرف نظر کرد و تابع تبدیل را به شکل معادله (۵-۹) نوشت.

$$C(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{L_a J S^2 + (J R_a) S + K^2} \quad (۵-۹)$$

با مقایسه رابطه (۵-۹) با فرم استاندارد سیستم درجه دوم پارامتر سیستم استاندارد از روابط (۵-۱۰) بدست می آیند.

$$G(s) = \frac{\omega_n^2 / K}{S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n^2} \quad (5-10)$$

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{\tau_e \tau_m}}$$

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{\tau_m}{\tau_e}$$

$$\tau_e = \frac{L_a}{R_a}$$

$$\tau_m = J R_a / K^2$$

اگر $\xi \gg 1$ باشد و به بیان دیگر $4\tau_e \ll \tau_m$ آنگاه تابع تبدیل را می توان مطابق رابطه (۵-۱۱) تعریف نمود.

$$G(s) = \frac{1/K}{(S\tau_e + 1)(S\tau_m + 1)} \quad (5-11)$$

در بسیاری از موتورها از آنجا که $\tau_e \ll \tau_m$ است می توان چنین تفسیر کرد که ابتدا با اعمال ولتاژ پله، جریان آرمیچر با ثابت زمانی τ_e تغییر می کند. و بعد از تغییر جریان سرعت با ثابت زمانی مکانیکی τ_m تغییر خواهد کرد و به تدریج که سرعت افزایش می یابد جریان نیز کاهش خواهد یافت تا به حالت پایدار برسد. اگر τ_e در مقایسه با τ_m بسیار کوچکتر باشد (که عموماً نیز چنین است) می توان τ_e را مساوی صفر در نظر گرفت و تابع تبدیل مطابق معادله (۵-۱۲) خواهد بود. [۱۲].

$$C(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{1 + \tau S} \quad (5-12)$$

با در نظر گرفتن سیستم درجه یک برای موتور پارامترهای آن را به دست می آوریم. برای اندازه گیری ثابت زمانی موتور می توان از دو روش استفاده کرد. روش پاسخ فرکانسی و روش پاسخ پله.

روش پاسخ فرکانسی

در روش پاسخ فرکانسی سینوسی با بایاس DC به طوری که دامنه آن هیچگاه صفر نشود به دو سر آرمیچر اعمال می شود. در نتیجه در حالت ماندگار سرعت موتور نیز به صورت سینوسی کم و زیاد خواهد شد. با افزایش فرکانس، دامنه سینوسی خروجی (تغییرات دور) کاهش می یابد. فرکانسی که در آن بهره به اندازه ۳ dB افت می کند را فرکانس قطع سیستم می نامند.

که برابر $\frac{1}{\tau}$ می باشد. مهمترین مشکل این روش داشتن یک منبع تغذیه سینوسی با بایاس DC است که بتوان فرکانس موج سینوسی را نیز تغییر داد.

روش پاسخ پله

مطابق شکل (۱۴-۵) در روش پاسخ پله ابتدا به موتور یک دور اولیه می دهیم. بعد با اعمال یک ولتاژ پله به موتور سرعت را در لحظات مختلف اندازه گیری و ثبت می کنیم و سپس منحنی نمایی افزایش سرعت را به دست می آوریم. زمانی که دور به ۰.۶۳ مقدار نهایی خود برسد ثابت زمانی τ می باشد.

شکل (۱۴-۵): روش پاسخ پله برای استخراج τ

به دلیل مشکلات روش پاسخ فرکانسی، در این پروژه از روش پاسخ پله استفاده می کنیم:

از آنجا که ثابت زمانی موتور ANCN۷۱۵۲ نسبت به موتورهای بزرگ، خیلی کوچکتر است نمی توان تغییرات سرعت را با سرعت سنج معمولی ثبت کرد. به همین دلیل برای بدست آوردن منحنی تغییرات سرعت به هنگام اعمال ولتاژ پله از کامپیوتر استفاده می کنیم. توسط فرستنده و گیرنده مادون قرمز و صفحه پره دار، موقعیت محور موتور را به پین پورت موازی^۱ کامپیوتر منتقل می کنیم. به پین دیگر این پورت پالس مربعی با فرکانس ۱ KHz متصل می باشد. به کمک برنامه به زبان C مجموعه اطلاعات پورت موازی که یک بایت است خوانده شده و در فایلی ذخیره می گردد. با پردازش اطلاعات این فایل می توان منحنی سرعت را بر حسب زمان بدست آورد. برای اعمال ولتاژ پله به موتور از مدار شکل (۱۵-۵) استفاده کردیم.

شکل (۱۵-۵): اعمال ولتاژ پله به موتور

بدینصورت که خروجی یک مولد تابع^۲ که امکان تغییر دوره کار ذر موج پالسی را داشته باشد به گیت ماسفت قدرت متصل گردید. و ابتدا با یک دوره کار a_0 موتور را با سرعت ω_{40} به حرکت در آوردیم. و شروع به ثبت اطلاعات پورت موازی نمودیم. سپس دوره کار را به a_1 افزایش دادیم تا سرعت به ω_1 برسد و پس از پایدار شدن سرعت، ثبت اطلاعات را متوقف کردیم فایل خروجی رشته ای از اعداد متشکل از ۴ عدد می باشد؛ چرا که دو رشته پالس که از موتور و از مولد تابعه به پورت موازی منتقل می شود نسبت به هم ۴ حالت دارند: هر دو در وضعیت صفر و هر دو یک و یا یکی صفر و دیگری یک باشد. به دلیل سرعت زیاد خواندن

^۱ - Parallel Port

^۲ - Function Generator

اطلاعات توسط کامپیوتر در هر وضعیت به دفعات زیادی اطلاعات ثبت می شود. اولین مرحله در پردازش فایل خروجی حذف این اعداد است چرا که فقط تغییرات مهم است. با هر تغییر از ۰.۰ به ۰.۱ ms, ۰.۵ زمانی طی شده است با در نظر گرفتن این نکته می توان سرعت را در لحظات مختلف به دست آورد. منحنی تغییرات سرعت بر حسب زمان در شکل (۱۶-۵) آورده شده است:

شکل (۱۶-۵): پاسخ پله موتور

با توجه به شکل (۱۶-۵): ثابت زمانی موتور برابر است با:

$$\tau = 180 \text{ m sec}$$

در روش پاسخ پله k از رابطه زیر به دست می آید:

$$K_t = \frac{\Delta\omega}{\Delta V} = (21.17) \text{ rpm} / \text{v} = (2.217) \text{ rad} / \text{vs}$$

$$K = \frac{1}{K_t} = (1.451) \text{ V.S} / \text{rad}$$

$$\tau = \frac{J R_a}{K^2} \Rightarrow J = \frac{K^2 \tau}{R_a} = 0.141$$

حال با داشتن پارامترهای موتور آنرا توسط نرم افزار شبیه ساز Spice مدل سازی می کنیم. بار

دیگر معادلات موتور را در نظر می گیریم:

$$V = R_a i_a + L \frac{di_a}{dt} + K\omega \quad (5-13)$$

$$T_d = K i_a = B\omega + J \frac{d\omega}{dt} + T_L \quad (5-14)$$

n معادله (۵-۱۳)، $K\omega$ را به صورت منبع ولتاژ وابسته در نظر می گیریم. در رابطه (۵-۱۴) اگر B به صورت مقاومت J به صورت سلف، T_L و Ki_a با منبع ولتاژ مدل می شوند. آنگاه شدت جریان مدار از نظر عددی برابر ω خواهد بود. با توضیحات فوق مدار معادل به صورت شکل (۵-۱۷) در خواهد آمد.

شکل (۵-۱۷): مدار معادل الکتریکی برای موتور DC

که T_L ثابت را می توان همانند شکل (۵-۱۷) به صورت منبع مستقل مدل کرد. برای بعضی از بارها که البته اکثر بارها بدینصورت است. گشتاور T_L وابسته به سرعت است. در این صورت منبع T_L را باید به صورت منبع ولتاژ وابسته به ω مدل نمود.

حال با استفاده از این مدل و در حالت بی باری ($T_L = 0$) از آنالیز AC نرم افزار Spice استفاده کرده و رفتار مدار را برای هارمونیکهای مختلف بررسی می کنیم.

عملکرد آنالیز AC به این صورت است که به جای منبع ولتاژ V منابعی با دامنه مشخص و فرکانسی که در یک محدوده مشخص تغییر قرار داده و به ازای هر فرکانس پارامتر جریان ولتاژ را محاسبه میکند. برنامه Spice که بدین منظور نوشته شده است در ضمیمه () آورده شده است. و همچنین در شکل (۵-۱۸) پاسخ فرکانسی مربوط به I و ω دیده می شود.

www.kandooon.com

www.kandooon.com

شکل (۱۸-۵): پاسخ فرکانسی جریان آرمیچر و سرعت موتور

همزمان با تغییرات ولتاژ ورودی تغییر میکند و در نتیجه جریان I_a و سرعت مقادیر محدودی دارند. در فرکانس های میانی به علت اینرسی زیاد، موتور نمی تواند تغییرات سریع ورودی را تعقیب نماید. در نتیجه عملکرد موتور همانند حالت شروع به حرکت^۱ می باشد که جریان زیادی از منبع می کشد. در فرکانس های بالاتر اندوکتانس مدار آرمیچر مانع از تغییرات سریع جریان می شود و در نتیجه دامنه جریان دوباره افت می کند. در نتیجه با توجه به شکل (۱۸-۵) فرکانس ۲۵KHz و یا بالاتر از این نظر مناسب است ولی با توجه به محدودیت فرکانس بالای المان سوئیچ فرکانس برشگری ۲۵KHz انتخاب میگردد. بنابراین فرکانس نوسان TL۴۹۴ را برابر ۲۵KHz انتخاب می کنیم. مشخصات TL۴۹۴ در ضمیمه (۴) آمده است. فرکانس موج داندانه اره ای توسط مقاومت و خازن خارجی تعیین می گردد و رابطه مقادیر مقاومت و خازن با فرکانس طبق ضمیمه به صورت زیر است:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T C_T} \quad (۵-۱۵)$$

^۱ - Starting

www.kandooon.com

$C_T = 22nf$ انتخاب می شود با توجه به رابطه (۵-۱۵) برای $f_{osc} = 25KHz$ ،
 $R_T = 2K\Omega$ باید انتخاب شود. ولی به دلیل خطای موجود در C_T و برای تغییرات احتمالی
به جای R_T یک پتانسیومتر $10K\Omega$ قرار داده می شود.

با تنظیم C_T و R_T مدار به شکل (۵-۱۹) خواهد بود و عملکرد آن بدین صورت است که با
اعمال ولتاژ DC به پایه شماره (۳) TL۴۹۴، سیکل وظیفه (a) در خروجی تغییر می کند.

شکل (۵-۱۹) کنترل دوره کار توسط TL۴۹۴

۵-۱-۵- ساختن ولتاژ منفی از ولتاژ مثبت

با توجه به توضیحات داده شده در مورد طراحی مدار برای، برای پاره ای عملیات تقویت کننده
عملیاتی^۱ استفاده شده است. به دلیل زیاد بودن تعداد این تقویت کننده ها و با توجه به
عملکرد ساده آنها از LM۳۲A استفاده شده است. که در یک تراشه آن چهار تقویت کننده
عملیاتی وجود دارد. ولتاژ خروجی در بعضی مواقع منفی می شود و منفی شدن ولتاژ خروجی
مستلزم داشتن تغذیه منفی می باشد. تغذیه اصلی در این مدار باتری است که ولتاژ DC و
مثبت است و برای داشتن ولتاژ منفی باید از یک مبدل DC/DC (برشگر) استفاده کنیم که
بتواند از ولتاژ مثبت منبع ولتاژ منفی تولید کند. برای این منظور از مدار شکل (۵-۲۰) استفاده
می کنیم.

^۱ - OP- AMP

www.kandooocn.com

شکل (۵-۲۰): ساخت منبع تغذیه منفی

نحوه عملکرد مدار به این صورت است که با روشن شدن Q، جریان سلف افزایش یافته و در حالت ماندگار از I_1 به I_2 می رسد که $I_2 > I_1$ ، با خاموش کردن Q از آنجا سلف به طور ناگهانی تغییر نمی کند جریان I_2 از طریق دیود جریان را از خازن کشده و ولتاژی منفی در خروجی ظاهر می سازد بعد از مدتی با تخلیه شدن انرژی سلف جریان آن کاهش می یابد و در حالت ماندگار هنگام روشن شدن Q جریان آن به I_1 رسیده است. در شکل (۵-۲۰) شکل موجهای مربوط به این رگولاتور آورده شده است. به این مدار رگولاتور باک-بوست^۱ گفته می شود؛ چرا که می تواند ولتاژ خروجی کوچکتر و یا بزرگتر از منبع DC تولید کند. به دلیل منفی بودن ولتاژ خروجی به آن رگولاتور معکوس کننده هم گفته می شود. برای محاسبه ولتاژ خروجی از این خاصیت استفاده می کنیم. که متوسط ولتاژ دو سر سلف همواره صفر است. با توجه به شکل (۵-۲۱) داریم:

$$V_s \times (aT) - V_o \times (1-a)T$$

$$V_o = -\frac{aV_s}{1-a}, \quad 0 < a < 1$$

(۵-۱۶)

^۱ - Buck • Boost

www.kandooocn.com

شکل (۵-۲۱): شکل موجهای رگولاتور باک-بوست

با توجه به رابطه (۵-۱۶) ولتاژ خروجی از صفر تا مقادیر بزرگتر از ورودی و با پلاریته معکوس تغییر می کند. البته این رابطه در حالتی صادق است که ولتاژ خروجی مقدار ثابتی داشته باشد. به عنوان مثال وقتی که بار وجود نداشته باشد، ولتاژ خازن ممکن است تا حد خطرناکی بالا برود. بنابراین در جریانهای پائین بهتر است که a راکمتر از مقدار به دست آمده از رابطه (۵-۱۶) در نظر بگیریم. علاوه بر a نکته مهم دیگر فرکانس سوئیچینگ می باشد. هر چه فرکانس بالاتر باشد حجم سلف کوچکتر شده و در مقابل تلفات هسته آن و تلفات المان سوئیچ افزایش می یابد و بالعکس. ولتاژ خروجی مبدل به یک رگولاتور ۷۹۰۸ داده می شود. بنابراین کافی است که ولتاژ ورودی به رگولاتور بالاتر از ۱۱ ولت باشد. بنابراین a و فرکانس المان سوئیچ نیز چندان قابل ملاحظه نمی باشد. برای کم کردن هزینه از IC ۵۵۵ به عنوان نوسان ساز و از ترانزیستور PnP به عنوان المان سوئیچ استفاده شده است. به علت محدود بودن جریان خروجی ۵۵۵ بیس ترانزیستور PnP توسط یک ترانزیستور npn از خروجی ۵۵۵ بافر می شود. از ۵۵۵ علاوه بر نوسان ساز برای تنظیم دوره (a) نیز استفاده می شود. (شکل ۵-۲۲).

شکل (۵-۲۲): تنظیم فرکانس و دوره کار توسط IC ۵۵۵

در اینجا طراحی مدار آنالوگ به پایان می رسد. در ادامه طراحی مدار دیجیتال مدار دیجیتال را بررسی خواهیم نمود.

۵-۲- پیاده سازی به روش دیجیتال

تا قبل از طراحی میکروپروسسورها سیستمهای کنترل کلاً بر مبنای مدارات آنالوگ بود. با ساخته شدن میکروپروسسورها و به تدریج با بالا رفتن قابلیت اعتماد آنها استفاده از مدارهای دیجیتال در کنترل کننده ها آغاز گردید. مدارهای میکروپروسسوری به علت امکان وجود حافظه امکان تصمیم گیری های متعدد کنترلرهای انعطاف پذیری را ممکن ساختند. پیاده سازی الگوریتم های پیشرفته کنترل همانند کنترل خود تنظیم، کنترل تطبیقی، کنترلهای فازی و عصی بدون وجود میکروپروسسور به هیچ وجه امکان پذیر نیست. با اختراع میکروکنترلرها گام مهمی در راه ساده سازی مدارهای کنترل برداشته شد.

در داخل یک میکروکنترلر علاوه بر میکروپروسسور، حافظه، شمارنده و پورت های متعدد ورودی و خروجی وجود دارد که عملیات مختلفی با استفاده از آنها قابل انجام است. البته در کنار این خصوصیات به علت کوچک بودن فضا سرعت محاسباتی میکروکنترلر پائین تر از میکروپروسسور است، به عنوان مثال میکروکنترلر ۸۰۳۱ ساخت شرکت Intel حداکثر ۱ MIPS قدرت محاسباتی دارد و به عبارت دیگر اجرای هر خط اسمبلی در آن حداقل $1 \mu s$ زمان می برد. بنابراین هر کاربردهایی که نیاز به سرعت زیادی داریم باید این عامل در نظر گرفته شود.

در این پروژه از میکروکنترلر ۸۹۵۱ استفاده شده است. مشخصات این I_c در ضمیمه (۴) آمده است. ۸۹۵۱ از خانواده ۸۰۳۱ بوده و از نظر عملکرد شباهت بسیار زیادی به ۸۷۵۱ دارد. با این تفاوت که به جای EPROM که در ۸۷۵۱ وجود دارد از EPROM استفاده گردیده و در نتیجه کارکردن با آن نیز ساده تر است. علاوه بر آن نسبت به ۸۷۵۱ از قیمت پائینتری برخوردار است. بعد از انتخاب میکرو، اولین نکته ای که در استفاده از مدار دیجیتال وجود دارد، ارتباط بین آنالوگ موجود در سیستم با مدار دیجیتال می باشد. کمیتهای آنالوگ موجود عبارتند از ولتاژهای خروجی جوی استیک ولتاژ باتری، جریان موتورها، سرعت و شتاب صندلی

چرخدار و حتی پارامترهایی مثل درجه حرارت موتور، با توجه به تعداد زیاد کمیت‌های آنالوگ، از A/D با شماره ADC۰۸۰۸ استفاده کردیم. این A/D دارای ۸ خط ورودی و سه خط آدرس است که با توجه به آدرس یکی از ورودیهای آنالوگ به دیجیتال تبدیل شده و به محض کامل شدن عمل تبدیل، سیگنال EOC^۱ که به معنای پایان عمل تبدیل است، به میکرو ارسال می‌گردد. دو ورودی A/D به خروجیهای X و Y مربوط به جوی استیک اختصاص داده شده است. با انتقال X و Y به میکرو، با توجه به قابلیت‌های میکرو هر تصمیمی را می‌توان اتخاذ کرد. به عنوان مثال به جای تعریف حرکت بر اساس X و Y می‌توان بر اساس ρ و ϕ تعریف نمود که ρ نشان‌دهنده طول تصویر جوی استیک در صفحه x_1y_1 بوده و ϕ زاویه تصویر مذکور با محور x_1 نشان می‌دهد. پیاده سازی این تعریف با استفاده از آنالوگ عملاً غیر ممکن است و نیاز به مدارهای پیچیده‌ای خواهد داشت.

قابلیت دیگری که استفاده از میکروکنترلر ایجاد کرده است، امکان مشاهده وضعیت باطری است. در فصل دوم توضیحات کاملی در مورد باطری سرب-اسید آورده شده است. خوشبختانه منحنی ولتاژ در حال دشارژ باطری سرب-اسید شیبدار است و می‌توان از روی ولتاژ باطری وضعیت شارژ آنرا سنجید. بدین منظور با استفاده از A/D ولتاژ باطری به میکرو منتقل می‌شود. سه روش برای سنجش شارژ باطری وجود دارد:

۱-۲-۵- روشهای سنجش شارژ باطری [۷]

۱- در نظر گرفتن کل انرژی شیمیایی موجود در باطری. محاسبه این انرژی از نظر تئوری امکانپذیر است ولی در عمل امکان دسترسی به کل این انرژی وجود ندارد. اگر باطری کاملاً تخلیه شود و به صورتی که کل انرژی شیمیایی آن به انرژی الکتریکی تبدیل شود، باطری آسیب خواهد دید لذا این روش کارآیی عملی ندارد.

^۱ - End Of Conversion

۲- با توجه ظرفیت باتری بر حسب آمپر ساعت و اندازه گیری میزان تخلیه آن در این روش دو عامل همزمان در نظر گرفته می شود؛ ولتاژ باتری و میزان انرژی باقیمانده در آن بر حسب آمپر- ساعت. در این روش با استفاده از میکروکنترلرها می توان با در نظر گرفتن عمر باتری و کاهش ظرفیت آن با گذشت زمان، تخمین دقیقی از وضعیت شارژ باتری به دست آورد. در این روش نیاز به حس کردن جریان داریم که با توجه به بالا بودن جریان و پالسی بودن آن به سادگی ممکن نیست. این روش بهترین روش به این منظور می باشد.

۳- ناشن دادن ظرفیت باتری بر اساس ولتاژ خروجی آن
این روش در عین سادگی کارایی قابل قبولی دارد. در بخش (۳-۳) گفتیم که ولتاژ هر سلول باتری سرب- اسید، بین $1.85V$ در شارژ کامل تا $2.4V$ در حالت شارژ کامل تغییر می کند. از این خاصیت برای نمایش وضعیت باتری استفاده می کنیم. یک تبدیل خطی ولتاژ باتری در حالت تقریبی دشارژ کامل را با ۱ و در حالت شارژ کامل را با ۱۰۰ نمایش می دهد. البته ولتاژ باتری با کشیده شدن جریان کاهش می یابد و ولتاژهای ذکر شده ولتاژ مدار باز باتری می باشد. به همین دلیل از یک فیلتر RC با ثابت زمانی زیاد، به منظور حذف تغییرات ناگهانی تعبیه شده است.

با توجه به توضیحات فوق از روش سوم در این پروژه استفاده کردیم:

$$V_{01} = 1.85V \text{ ولتاژ سلول در دشارژ کامل} :$$

$$V_{0t} = 6 \times V_{01} \times 2 = 22.2V \text{ ولتاژ باتری ها در شارژ کامل} :$$

$$V_{11} = 2.4V \text{ ولتاژ سلول در شارژ کامل} :$$

$$V_{1t} = 6 \times 2.4V \times 2 = 28.8V \text{ ولتاژ باتری ها در شارژ کامل} :$$

$$100 \cdot \frac{-V_{0t}}{V_{1t} - V_{0t}} - \text{ولتاژ} = \frac{-22.2}{28.8 - 22.2} - \text{ولتاژ} = 6.6$$

اگر ولتاژ باتری کمتر از ۲۲.۲ شود کمکان عدد ۱ و اگر بیشتر از ۲۸.۸ شود عدد ۱۰۰ بر روی نمایشگر ظاهر می شود. البته این روش مشاهده وضعیت باتری ساده ترین روش بدین منظور می باشد.

بنابراین سه ورودی $ADC_{0.8.0.8}$ به x و y و ولتاژ باتری بعد از تقسیم مقاومتی، متصل شده است. از پورت ۱ میکروکنترلر برای خواندن اطلاعات خروجی A/D استفاده شده است. از پورت ۲ برای نمایش ولتاژ باتری بر روی نمایش گر استفاده شد. بدین طریق که مطابق شکل (۲۳-۵) پایه های $P_{2.0}$ الی $P_{0.3}$ کدهای BCD را به تراشه ۴۵۴۳ که یک مبدل BCD/۷SEG است منتقل کرده و چهار بین دیگر نقش مالتی پلکس بین ۷SEG ها را بر عهده دارند. از پورت ۰ برای فرمان دادن به رله های معکوس کننده ولتاژ دو سر موتورها (پینهای $P_{0.6}$ و $P_{0.7}$) فرمانهای ALE، START، OE مربوط به A/D (به ترتیب پینهای $P_{0.1}$ و $P_{0.0}$ و $P_{0.2}$) استفاده شده است. پینهای $P_{0.3}$ و $P_{0.4}$ به پایه های A_0 و A_1 از A/D و PPI که برای آدرس دهی استفاده می شوند، وصل شده است. برای فرمان دادن به تراشه های کنترل کننده PWM نیاز به دو D/A با شماره $DAC_{0.8.0.8}$ استفاده می کنیم. که مبدل دیجیتال به آنالوگ ۸ بیتی می باشد. از آنجا که دو A/D با شماره $DAC_{0.8.0.8}$ استفاده می کنیم که مبدل دیجیتال به آنالوگ ۸ بیتی می باشد. از آنجا که دو D/A هشت بیتی داریم اگر بخواهیم مستقیماً از میکرواستفاده کنیم. به دو پورت آزاد نیاز خواهیم داشت. در اینجا به دلیل اینکه فقط یک پورت آزاد داریم که همان DATA BUS می باشد باید یکی از دو روش زیر را برای انتقال اطلاعات به D/A ها انتخاب نماییم:

۱- استفاده از LATCH

در صورت استفاده از LATCH اولاً نیاز به دو IC داریم و علاوه بر آن سیستم قابلیت انعطاف و گسترش کمی خواهد داشت.

۲- استفاده از PPI

این IC (۸۲۵۵) علاوه بر آنکه در خروجی دارای سه پورت می باشد قابلیت های گسترده ای دارد که در صورت لزوم می توان از آن استفاده کرد. البته در اینجا فقط همانند دو LATCH عمل می کند. پورتهای A و B با استفاده از بایت کنترل به عنوان خروجی تعریف شده اند و به ترتیب به TL۴۹۴ مربوط به موتور راست و چپ متصل می باشد. در شکل (۵-۲۴) نمودار گردش^۱ برنامه نرم افزاری و در ضمیمه ۱ خود برنامه آورده شده است.

۲-۲-۵- ساخت منبع تغذیه منفی

همانطور که در شکل (۵-۲۳) دیده می شود خروجی D/A به OPAMP متصل می باشد این کار به این دلیل است که خروجی D/A جریان می باشد و از طرف دیگر ورودی TL۴۹۴ جریان است. برای تبدیل به ولتاژ مطابق شکل (۵-۲۵) از OPAMP استفاده شده است.

شکل (۵-۲۵): تبدیل ولتاژ به جریان

OPAMP دارای تغذیه مثبت و منفی می باشد. در اینجا برای ساخت و ولتاژ منفی نمی توان مدار استفاده شده در روش آنالوگ را به کار برد چرا که در آنجا گفتیم که برای کوچکتر شدن سلف، باید فرکانس سوئیچینگ بالا باشد که اگر بخواهیم از میکرو به این منظور استفاده کنیم به دلیل کم بودن سرعت آن عملاً غیر ممکن است. روش دیگر این است که از IC دیگر مثل ۵۵۵ و یا TL۴۹۴ استفاده می کنیم. که این امر باعث زیاد شدن تعداد المانها خواهد شد. با

^۱ - Hlow Chart

توجه به کم بودن جریان تغذیه OPAMP ها از روشی استفاده می کنیم که البته فقط در جریانهای پایین کاربرد دارد.

DC آنرا حذف می کنیم که در نتیجه آن دامنه های مثبت و منفی ایجاد می شود. با صاف کردن دامنه های منفی توسط خازن و در نهایت با زنر می توان ولتاژ منفی با جریان در حدود 10 mA ایجاد کرد. در شکل (۲۶-۵) مدار ساخت و ولتاژ منفی آورده شده است.

مزیت این روش در این است که نیازی به فرکانس بالا نداشته و با فرکانس 500 Hz که مطابق شکل (۲۶-۵) توسط پین شماره پنج پورت 3(P3.3) اعمال می شود قابل پیاده سازی است.

خلاصه

در این فصل طراحی مدار با دو روش آنالوگ و دیجیتال بررسی شد. با آزمایشهای مختلف پارامترهای موتور استخراج گردید. با مدل کردن موتور در Spice فرکانس 25 KHz به عنوان فرکانس برشگری انتخاب شد. ساخت PWM با دوره کار متغیر با استفاده از TL494 و همچنین چگونگی روشن و خاموش کردن سریع ماسفتها با توجه به خازن ورودی آنها را بررسی کردیم. دیدیم که مدار آنالوگ ساده تر و کم هزینه تر بوده و در مقابل نوین مقاومت نویز مقاومت بیشتری داشته و در حالت کلی قابلیت اعتماد بالاتری دارند. مزیت مدار دیجیتال انعطاف پذیری بسیار زیاد آن می باشد، به طوری که سخت افزار تقریباً ثابت می توان با تغییر نرم افزار عملکرد سیستم عوض نمود.

www.kandoo.cn.com

فصل ششم

www.kandoo.cn.com

نتایج آزمایشات

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

پیش از ساخته شدن مدار کنترل سرعت ساختار مکانیکی صندلی چرخدار الکتریکی را با استفاده از دو کلید SPDT که دارای حالت خاموش نیز بودند، آزمایش کردیم. هر کلید در یک حالت ولتاژ را به صورت مثبت و منفی به موتور وصل می کرد. در یک حالت خاموش بود و در حالت سوم ولتاژ باتری را به صورت معکوس دو سر موتور وصل می کرد. اولین مشکل در مورد چرخهای جلو که هرزگرد هستند ظاهر شد. د رابتدا برای جلوگیری از ضربه، چرخهای جلو نیز از نوعی انتخاب شدند که تاثیر آنها خاصیت ارتجاعی زیادی داشتند. به هنگام آزمایش دیدیم که هنگام تغییر جهت چرخهای جلوی هرزگرد هستند، به دلیل اصطکاک زیادی که به زمین دارند به راحتی نمی چرخند. البته درصندلی چرخدار واقعی بیشتر وزن صندلی توسط چرخهای عقب تحمل می شود و در نتیجه نیروی زیادی به چرخهای جلو اعمال نمی شود. بنابراین با نیروی کمی تغییر جهت داده و صندلی را به سمت مورد نظر هدایت می کنند. در اینجا برای حل مشکل چرخهای جلو را عوض کرده و از نوعی که تاثیر آن کاملاً سخت بود انتخاب کردیم. در آزمایش با این نوع چرخ مشکل اصطکاک با زمین تا حد زیادی مرتفع گردید. آزمایش صندلی را بیشتر در محیطهای بسته و با موانع زیاد مثل آزمایشگاه مهندسی پزشکی و یا کارگاه دانشکده انجام می دادیم. از آنجا که از روش کنترل حلقه باز استفاده کردیم. دقت مانورهای صندلی در این محیطها کم بود. به عنوان مثال در هنگام تغییر زیاد جهت حرکت چرخهای هرز گرد جلو نیروی زیادی برای چرخیدن نیاز دارند در نتیجه کاربر جوی استیک را به میزان زیاد حرکت می دهد. ولی پس از اتمام مانور نیروی کمی برای حرکت صندلی لازم است و از آنجا که ثابت زمانی صندلی کوچک است و با توجه به انحراف زیاد جوی استیک سیستم سریعتر از آنچه که مورد نظر کاربر است حرکت خواهد کرد. این امر با در نظر گرفتن معلونیت کاربر می تواند مشکل آفرین باشد. بنابراین این نوع صندلی که با روش حلقه باز

کنترل می شود، فقط در محیطهای خارج خانه و یا محل کار که تعداد موانع در آنها کم است و نیاز کمتری به تغییر جهت حرکت می باشد مناسب هستند.

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

فصل هفتم

نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای ادامه کار

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

در این پروژه صندلی چرخدار با نیروی رانش الکتریکی که توسط جوی استیک هدایت می شود ساخته شد. این وسیله کمکی مناسبی برای افرادی است که از معلولیت‌های حاد رنج می برند. و به آنها تا حدی امکان زندگی عادی می دهد. با این وسیله شخص می تواند با نیروی بسیار کمی جابجا شود و مسافتی در حدود ۱۴ Km را طی نماید. از آنجا که کاربر فعالیت خاصی انجام نمی دهد، توصیه های پزشکی تجویز این وسیله را تا حد امکان نفی می کند. چرا که نیروی عضلانی بیمار بتدریج و به طور کامل تحلیل می رود. با انجام آزمایش مشخص شد که با کنترل حلقه باز صندلی چرخدار الکتریکی کارایی لازم را برای کار در محیط‌هایی که در آنها تعداد موانع زیاد است مثل خانه و دفتر کار ندارد و فقط می توان از آن در محیط خارج استفاده کرد. با مدل کردن صندلی چرخدار الکتریکی با در نظر گرفتن پارامترهای انسان به عنوان کنترل کننده دیدیم که سیستم بسیار پیچیده می شود؛ و به همین دلیل برای کنترل کننده های مبتنی بر شبکه های عصبی و منطق فازی استفاده کرد.

۱- طراحی صندلی چرخدار الکتریکی با استفاده از یک صندلی چرخدار استاندارد.

۲- کنترل حلقه بسته دور موتور DC به گونه ای که سرعت چرخها مستقل از مسیر، برابر مقدار مورد نظر کاربر شود.

۳- اعمال کنترل پیشرفته به گونه ای که خود صندلی بتواند مسیر را به صورت ایمن پیدا کند، و میزان مشارکت کاربر در هدایت صندلی کاهش یابد.

۴- مطالعه در مورد طراحی موتور AC مناسب استفاده در صندلی چرخدار الکتریکی.

۵- پیاده سازی روش معرفی شده در مرجع [۷] برای نشان دادن وضعیت باتریگ

۶- هدایت صندلی با روشهای دیگر کنترل مانند کنترل صوتی

مراجع

[۱] Rory A. Cooper, "Stability of a wheelchair Controlled by a Human Pilot", IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol.

۱, No. ۴, December ۱۹۹۳, pp. ۱۹۵-۲۰۵

[۲] Rory A. Cooper, "Intelligent Control of Power Wheelchair", IEEE Engineering In Medicine and Biology, Jul /August ۱۹۹۵, pp.

۴۲۳- ۴۳۱

[۳] Bimal K. Bose, "Power Electronics- A Tecnology Review", Proceedings of the IEEE, Vol. ۸۰, No. ۸, August ۱۹۹۲, pp. ۱۳۰۳- ۱۳۳۴

[۴] Muhammad H. Rashid, power Electronics, Circuits, Devices and Applications. En glewood Cliffs, NJ: Printice Hall, ۱۹۹۳

[۵] E. W. Ott, Noise Reduction Techniques In Electronic systems, New York: Wiley, ۱۹۷۶

[۶] Abraham I. Pressman, Switching Power Supply Design, Mc Graw
– Hill Inc. , ۱۹۹۲

[۷] James H. Aylor, Alfred Thieme and Barry W. Johnson, “A Battery
State of Charge Indicator For electric Wheelchairs”, IEEE
Transactions on Industria Electronics, Vol. ۳۹. ۵, October ۱۹۹۲

[۸] C.C.Chan, “An Overview Of Electric Vehicle Technology” ,
Procedings of the IEEE, Vol. ۸۱, No. ۹, September ۱۹۹۳, pp. ۱۲۳۶-
۱۲۴۷

[۹] Daniel A. Genneau, Electric Vehicles, New York, N. Y. : Glenco,
۱۹۸۴

[۱۰] Austin Hughes, Electric Motors And Drives , Oxforx, Boston :
newves, ۱۹۹۳

[۱۱] مهرداد عابدی، محمد تقی نبوی، ماشینهای الکتریکی؛ تحلیل، بهره برداری و کنترل ،

چاپ اول ۱۳۷۲ صفحه ۲۱۹-۲۱۲

[۱۲] محمد حیرانی اصفهانی، کنترل میکروپروسسوری دور موتور DC به منظور کاربرد در

سیستمهای حمل و نقل، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده برق، دانشگاه صنعتی شریف،

۱۳۷۰

[۱۳] فریدون اکبری، بررسی اثرات رانش ویلچر بر مفصل شانه، پایان نامه کارشناسی ارشد،

دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، شهریور ۱۳۷۰

[۱۴] علی رضا کشاورز، بررسی عوامل موثر بر رانش ویلچر، پایان نامه کارشناسی ارشد،

دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۰

[۱۵] بهنام رضایی، مروری بر تکنولوژی باتریها، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی

شریف، ۱۳۷۳