٤٨٥٣٨

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

کنترل برداری سرعت موتور سنکرون رلوکتانسی بر مبنای روش LOC در زیر و بالای سرعت پایه با استفاده از کنترل کننده فازی- لغزشی با تغییر ساختار کلی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

حسین ابوترابی زارچی

۱۳۸۲ /۷/ ۲۰

استاد راهنما:

دکتر جعفر سلطانی

٤٨٥٣٨

۱۳۸۱

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق (قدرت) آقای حسین ابوترابی زارچی

تحت عنوان

کنترل برداری سرعت موتور سنکرون رلوکتانسی بر مبنای روش LOC در زیر و بالای سرعت پایه با استفاده از کنترل کننده فازی- لغزشی با تغییر ساختار کلی

در تاریخ ۱۳۸۱/۱۱/۲۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر جعفر سلطانی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر فرید شیخ الاسلام
۳- استاد داور	دکتر مهدی معلم
۴- استاد داور	دکتر علیرضا بخشایی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر علیمحمد دوست حسینی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعـــات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پـایـان نامه متعلق به دانشگـــاه صنعتـــی اصفهان است.

تشکر و قدردانی

شکر و سپاس ایزد منان را که به من توفیق کسب علم و درک گوشه ای از زیبائیهای عالم هستی را عطا فرمود.

اکنون که این تحقیق به پایان رسیده است جا دارد از زحمات بی شائبه و فراوان جناب آقای دکتر جعفر سلطانی استاد راهنمای عزیزم بی نهایت تشکر و قدردانی نمایم. بی گمان راهنمائیهای ایشان گره گشای مشکلات فراوان راهم بود. همچنین از زحمات جناب آقای دکتر شیخ الاسلام استاد مشاور خود بخاطر قبول مشاورت این پایان نامه خاضعانه متشکرم.

از آقایان دکتر علیرضا بخشایی و دکتر مهدی معلم که بعنوان اساتید داور جلسه ارائه پایان نامه اینجانب را رسمیت بخشیدند بسیار سپاسگزارم.

همچنین از زحمات دکتر علیمحمد دوست حسینی مسئول تحصیلات تکمیلی دانشکده برق و کامپیوتر کمال تشکر را دارم. ضمناً از زحمات دلسوزانه خانم دیباجی مسئول دفتر تحصیلات تکمیلی دانشکده برق و کامپیوتر نیز تشکر می نمایم.

از محضر کلیه اساتیدی که در طی دوران کارشناسی و کارشناسی ارشد از محضرشان کسب فیض نمودم بخصوص اساتید گرامی جناب آقای دکتر سید مرتضی سقائیان نژاد،جناب آقای دکتر حسن قوجه بکلو، جناب آقای دکتر حمید رضا کارشناس،جناب آقای دکترمحمد اسماعیل همدانی گلشن، جناب آقای دکتر محمد ابراهیمی، جناب آقای دکتر اکبر ابراهیمی و جناب آقای دکتر حسین فرزانه فرد صمیمانه تشکر و قدردانی نموده موفقیت هر چه بیشتر ایشان را در تمامی مراحل زندگی از خداوند سبحان خواستارم.

بی شک گذراندن این دوره بدون همکاری و همراهی خانواده و دوستان ارجمندم امکانپذیر نبود لذا از خداوند متعال موفقیت و بهروزی این عزیزان را نیز خواهانم.

انه ولی التوفیق

حسین ابوترابی زارچی

بهمن ماه ۱۳۸۱

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

مرواریدهای درخشنده دریای زندگیم
آنان که دستانی مملو از پاکی و عشق
و چشمانی سرشار از محبت و صمیمیت دارند

و

تقدیم به:

برادران مهربان و خواهر یگانه ام

آنان که نگاه پر مهرشان
نوید بخش آینده ای روشن است

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فهرست ..... هشت
چکیده ۱

فصل اول : مقدمه

۱- ۱- کلیات ۲
۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده در زمینه کنترل سرودرایو موتور سنکرون رلوکتانسی ۵
۱-۳- اهداف و نوآوریهای پروژه ۶
۱-٤- روند ارائه مطالب ۸

فصل دوم : استراتژیهای کنترل موتور سنکرون رلوکتانسی در زیر و بالای سرعت پایه

۲- ۱- مقدمه ۱۰
۲- ۲- ساختار موتور سنکرون رلوکتانسی ۱۱
۲- ۳- مدل ریاضی موتور سنکرون رلوکتانسی ۱۱
۲-٤- روشهای مختلف کنترل موتور سنکرون رلوکتانسی ۱۳
۲-٤-۱- کنترل گشتاور ماکزیمم ۱۳
۲-٤-۲- کنترل ماکزیمم ضریب توان مجاز ۱٤
۲-٤-۳- کنترل i_{ds} ثابت ۱۵
۲-۵- کنترل تضعیف میدان ۱۷
۲-٦- عملکرد درایو در زیر و بالای سرعت پایه ۱۹
۲-۷- نتایج ۲۱

فصل سوم: کنترل مقاوم و بهینه سرعت درایو موتور سنکرون رلوکتانسی با بکارگیری یک کنترل کننده ترکیبی مد لغزشی و فیدبک حالت

۳-۱- مقدمه ۲۳
۳-۲- تئوری کنترل بهینه خطی (LOC) ۲۵
۳-۳- ایده اصلی کنترل کننده مد لغزشی متعارف ۲۷
۳-٤- روش کنترل تغییر ساختار کلی ۳۱

۳-۴-۱- سیستم خطی تک ورودی ۳۱
۳-۴-۲- سیستم خطی چند متغیره(حالت عمومی) ۳۳
۳-۵- طراحی کنترل کننده فازی- لغزشی ۳۴
۳-۶- کنترل مد لغزشی با یک سطح جدید ۳۹
۳-۶-۱-معرفی سطح لغزش جدید ۴۰
۳-۶-۲-کنترل بهینه و مقاوم به کمک کنترل مد لغزشی جدید ۴۳
۳-۶-۳- یک مثال عددی ۴۴
۳-۷- نتایج ۴۷

فصل چهارم: شبیه سازی

۴-۱- مقدمه ۴۹
۴-۲- بردارهای مکانی متغیرهای استاتور ۵۰
۴-۳- تئوری اینورتر منبع ولتاژ با مدولاسیون بردار فضایی ۵۲
۴-۴- کنترل برداری سرعت درایو بر مبنای استراتژیهای مختلف کنترلی در زیر و بالای سرعت پایه ۶۱
۴-۵- کنترل بهینه و مقاوم سرعت موتور سنکرون رلوکتانسی با استفاده از یک کنترل کننده ترکیبی..... ۶۳
۴-۶- بررسی عملکرد کنترل کننده ترکیبی در کنترل سرعت یک درایو موتور سنکرون رلوکتانسی ۶۵
۴-۷- بررسی عملکرد کنترل کننده فازی- لغزشی در کنترل بهینه و مقاوم سرعت یک درایو موتور سنکرون رلوکتانسی ... ۷۲
۴-۸- کنترل بهینه و مقاوم موتور سنکرون رلوکتانسی با استفاده از کنترل مد لغزشی جدید 79
۴-۹- نتایج ۸۵

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری ۸۶
۵-۲- پیشنهادات ۸۸
مراجع ۹۰

چکیده

در این پایان نامه، کنترل حلقه بسته سرعت درایو موتور سنکرون رلوکتانسی سه فاز با استفاده از یک کنترل کننده فازی– لغزشی با تغییر ساختار کلی ارائه می گردد. ابتدا، بدون درنظرگرفتن نامعینی های موجود در پارامترهای موتور و اغتشاش ناشی از گشتاور بار، یک کنترل کننده سرعت با فیدبک حالت خطی طراحی می شود و سپس این کنترل کننده در حضور عدم قطعیتها با یک کنترل کننده لغزشی از نوع تغییر ساختار کلی که مقاوم بودن آن در فاز رسیدن تضمین گردیده و حتی الامکان دارای شوریدگی کمی است ترکیب می شود. در کنترل کننده های لغزشی نیاز به دانستن حد بالای نامعینی ها می باشد. یک راه برای غلبه بر این مشکل، انتخاب یک مقدار بزرگ برای حد بالای نامعینی ها می باشد. اما، این انتخاب، شوریدگی زیادی ایجاد خواهد نمود. جهت حل این معضل، در این تحقیق، از استنتاج فازی برای تخمین حد بالای نامعینی ها استفاده می شود. بعلاوه یک کنترل کننده مد لغزشی با سطح جدید مبتنی بر یک سیستم افزایش مرتبه یافته بکار گرفته می شود که دینامیک سیستم مذکور، یک مرتبه از دینامیک سیستم اصلی بالاتر است. لذا، می تواند با سایر کنترل کننده ها از جمله کنترل بهینه خطی ترکیب شود. همچنین استراتژیهای مختلف کنترلی موتور سنکرون رلوکتانسی در زیر و بالای سرعت پایه طی شبیه سازی کامپیوتری مورد بررسی قرارمی گیرند. نتایج بدست آمده، کارایی سیستم کنترل پیشنهادی را مورد تائید قرار می دهد.

فصل اول
مقدمه

۱-۱-کلیات

در چند دهه اخیر، موتورهای DC بدلیل کارایی بالا و ساختار مناسبشان در سطح وسیعی درصنایع مختلف استفاده شده اند. از آنجا که با جریان تحریک ثابت،گشتاور تولیدی موتور متناسب با جریان آرمیچر است لذا دارای استراتژی کنترلی ساده ای می باشد. همچنین این نوع درایوها دارای راندمان بالا و دینامیک سریع هستند. اما، کموتاتورهای مکانیکی، جاروبکها و هزینه تعمیر و نگهداری آنها، باعث گرانی این نوع موتورها در مقایسه با موتورهای AC شده است. علاوه براین موتورهای DC دارای محدودیت کاری در سرعتهای بالا و گشتاور بار زیاد می باشند.

با توجه به این معایب ذاتی درایوهای DC، بکارگیری درایوهای AC اعم از سنکرون و القایی مورد توجه خاص قرارگرفته است. با این وجود، نوع معمول ماشینهای سنکرون روتور سیم پیچی شده، نیاز به اعمال تحریک DC بر روی روتور دارند که جهت تغذیه آنها، اغلب از حلقه های لغزان و جاروبکها استفاده می شود. این ساختار، تلفات روتور و لزوم نگهداری منظم از جاروبکها را در برخواهد داشت. از سوی دیگر، بدلیل وابسته بودن پارامترهای موتور القایی به دما (بخصوص ثابت زمانی روتور) و پیچیدگی روشهای کنترل آن،این نوع موتور در مقایسه با درایوهای سنکرون مغناطیس دائم و رلوکتانسی دارای قابلیتهای کمتری می باشد.

در این میان، موتور سنکرون رلوکتانسی یکی از قدیمی ترین موتورهای الکتریکی است که با تلاشهای محققین روز به روز جذاب تر می گردد [۱و۲]. این موتور یک ماشین با روتور قطب برجسته می باشد که استاتور آن شبیه موتور القایی دارای پخش فضایی سینوسی هادیها در سطح استاتور است و با تولید یک نیروی محرکه مغناطیسی گردان در فاصله هوایی، با مشکل سر و صدا و ضربانهای گشتاور که از معایب عمده موتورهای رلوکتانسی سوئیچ شونده است مواجه نیست.

علاوه براین در موتور سنکرون رلوکتانسی، انتقال حرارت از روی قسمت متحرک انجام نمی شود، بلکه از طریق آرمیچر(استاتور) خواهد بود، زیرا فقط سیم پیچها بر روی استاتور قرارگرفته اند و گرمای ایجاد شده در آرمیچر از طریق بدنه استاتور به هوای اطراف منتقل می شود. در نتیجه بر روی سروموتورهای سنکرون رلوکتانسی می توان حفاظت مطمئن در قبال اضافه بار قرار داد زیرا دمای قسمت تولیدکننده گرما بطور مستقیم قابل اندازه گیری و کنترل است.

بنابراین، بدلیل مشخصات برجسته موتور سنکرون رلوکتانسی از قبیل سادگی ساختار بواسطه فقدان هرگونه سیم پیچ و یا مغناطیس دائم بر روی روتور، عدم حضور حلقه های لغزان و جاروبکها، کنترل آن ساده تر از دیگر موتورهای AC است و می توان با انتخاب روشهای کنترلی خاص به مشخصه های عملکرد مشابه یک موتور DC دست یافت بدون آنکه محدودیتهای حاصل از انجام عمل کموتاسیون یا اثر جاروبکها و یا مسایل مربوط به نگهداری مداوم وجود داشته باشد.

یکی از روشهای قدیمی کنترل درایوهای سرعت متغیر AC، روش $\frac{v}{f}$ ثابت است. عیب این روش آن است که پاسخ گذرای درایو، خیلی کند می باشد وتنها برای درایوهای با دینامیک پائین مناسب است. امروزه با توجه به محاسن موتور سنکرون رلوکتانسی و نیز پیشرفتهایی که در زمینه طراحی ماشین و الکترونیک قدرت حاصل شده است استفاده از تکنیکهای کنترل برداری بر روی این درایوها، مورد توجه محققین و طراحان درایو قرارگرفته است بطوریکه روشهای گوناگون امتدادیابی میدان در دستگاه مرجع دو محوری روتور (q,d) ، بطور وسیعی در درایوهای سرعت متغیر AC، از جمله درایوهای موتور سنکرون رلوکتانسی مورد استفاده قرارگرفته اند.

بمنظور دستیابی به پاسخ دینامیکی مناسب در حین کنترل و ایجاد تغییر سرعت سریع، استفاده از اینورترهای منبع ولتاژ کنترل شده با جریان برای تغذیه این درایوموتور توصیه شده است. بکمک این نوع اینورترها پاسخ دینامیکی مطلوبی برای موتور درایو حاصل می گردد، ضمن آنکه ضربانهای گشتاور نیز تا حد زیادی کاهش می یابد.

در اینوع موتورها، تنها مؤلفه گشتاور رلوکتانسی وجود دارد و بدلیل عدم وجود سیم پیچی و یا مغناطیس دائم بر روی روتور، مؤلفه گشتاور تداخلی ناشی از عکس العمل دو میدان تولید نمی شود. گشتاور رلوکتانسی با جریانهای دو محوری استاتور (i_{qs}, i_{ds}) متناسب است. تحت یک روش کنترلی موسوم به کنترل برداری با جریان ثابت در محور d، می توان جریان i_{ds} را ثابت نگه داشت و با تغییر جریان محور q (i_{qs}) گشتاور را کنترل نمود. لذا، گشتاور با جریان محور q رابطه ای خطی مشابه ماشینهای DC خواهد داشت و تغییرات سریع گشتاور با اعمال تغییرات سریع در جریان محور q، بطور نمونه از طریق بکارگیری یک اینورتر مدولاسیون پهنای پالس، کنترل شده با جریان قابل انجام است.

روشهای کنترلی دیگری که در موتورهای سنکرون رلوکتانسی مورد استفاده قرارمی گیرند عبارتنداز: کنترل گشتاور به جریان ماکزیمم، کنترل نرخ تغییر گشتاور ماکزیمم، کنترل ماکزیمم ضریب توان مجاز و کنترل بازده ماکزیمم. این روشها به روشهای کنترل زاویه ثابت مشهورند که در آنها زاویه جریان استاتور

نسبت به محور d روتور در یک مقدار از پیش تعیین شده ثابت نگه داشته می شود بطوریکه، هدف خاصی را برآورده سازد.

در هر درایو الکتریکی، چندین حلقه کنترلی(جریان،سرعت و شار) وجود دارد که برای دستیابی به پاسخ مطلوب، این حلقه ها باید با درنظرگرفتن کل سیستم مکانیکی(شامل بار و موتور) تنظیم شوند. اما، سازنده درایو اطلاعات قبلی در مورد طبیعت بار ندارد. لذا این کنترل کننده ها باید توسط یک اپراتور تنظیم شوند. از طرفی، کنترل کننده های کلاسیک که براساس مدل ریاضی سیستم طراحی می شوند به اختلال و تغییر پارامترهای الکترومکانیکی موتور خیلی حساس می باشند. با توجه به اینکه پارامترهای موتور تحت تاثیر عواملی چون دما، اشباع مغناطیسی و نامعینی در مقادیر اولیه خود می باشند لذا برای نیل به پاسخ مطلوب، استفاده از کنترل کننده های مقاوم در مقابل اغتشاش و نامعینی ها ضروری بنظر می رسد.

در یکدهه اخیر، بکارگیری کنترل کننده های ساختار متغیر موسوم به کنترل کننده های مود لغزشی بعلت مقاوم بودن نسبت به تغییرات و نامعینی های موجود در پارامترهای سیستم تحت کنترل و پاسخ دینامیکی سریع و همچنین توانایی جبران اثرات اغتشاش و عدم قطعیتها، مورد توجه خاص قرارگرفته است [۳و٤].

دینامیک یک کنترل کننده مود لغزشی متعارف (SMC) شامل دو فاز رسیدن[۱] و لغزش[۲] می باشد. مقاوم بودن این نوع کنترل کننده تنها مربوط به فاز لغزش آن است و فاز رسیدن بگونه ای طراحی می گردد که مسیرهای حالت مکانیکی سیستم هرچه سریعتر به فاز لغزش منتهی گردد.بعبارت دیگر، دینامیک سیستم برای تمام زمانها بطور کامل مقاوم نیست. بنابراین کنترل کننده های مود لغزشی متعارف دارای این ضعف اساسی می باشندکه ممکن است کنترل کننده نتواند پایداری خود را در فاز رسیدن نسبت به اغتشاشات و نامعینی ها حفظ نماید[٥].

از طرفی در[٦]، نشان داده شده است که اندوکتانس مستقیم استاتور موتور سنکرون رلوکتانسی (L_{ds}) تحت تاثیر فرکانس کاری سرودرایو می باشد. لذا، در مواردیکه از این ماشین در درایوهای الکتریکی با قابلیت کنترل سرعت در محدوده وسیع استفاده می شود، بکارگیری یک کنترل کننده مقاوم سرعت نیز ضروری بنظر می رسد.

روش کنترل بهینه سازی خطی (LOC)[۳] که مبتنی بر کنترل یک فرایند خطی با توصیف فضای حالت می باشد با جابجایی قطبهای تابع انتقال سیستم، انعطاف پذیری کامل جهت شکل دهی به دینامیک سیستم حلقه- بسته را برای رسیدن به مشخصات بهینه مورد نظر فراهم می کند[۷] . بعنوان مثال، اگر سرعت و موقعیت موتور به عنوان حالتهای سیستم درنظرگرفته شوند با بکارگیری روش LOC بسهولت می توان دینامیک مطلوب را شکل داد.

اما چنانچه اختلال خارجی و یا نامعینی در پارامترهای سیستم کنترل رخ دهد عملکرد بهینه سیستم از دست می رود و بعلاوه سیستم کنترل دچار خطای ماندگار می شود. یک روش برای حل این مشکل،

---

۱. Reaching
۲. Sliding
۳. Linear Optimal Control

استفاده از یک انتگرالگیر مابین سیستم اصلی و قسمت کنترل خطی آن می باشد که با یکدرجه افزایش در مرتبه دینامیک سیستم اصلی، خطای حالت ماندگار آن صفر می گردد. این روش که موسوم به روش LOC تغییر یافته[۱] [۸] می باشد دارای این عیب اساسی است که پاسخ دینامیکی سیستم را بشدت کند می کند و بعلاوه رفتار دینامیکی سیستم نیز، بطورکلی متفاوت از حالتی است که اغتشاش و نامعینی وجود نداشته باشد.

بنابراین، برای طراحی یک کنترل کننده ترکیبی بهینه و مقاوم جهت سیستمهای نامعین موتوری به کمک فیدبک حالت و ساختار متغیر باید سه نکته زیر مدنظر قرارگیرد:۱) مقاوم بودن کنترل کننده در مقابل نامعینی ها و اغتشاش، ۲) حفظ انعطاف پذیری در دینامیک سیستم و در عین حال بهره گیری از سادگی طراحی به روش فیدبک حالت و ۳) حل مساله مقاوم شدن فاز رسیدن و کاهش شوریدگی[۲] در کنترل کننده ساختار متغیر.

بدین منظور در این پایان نامه، یک کنترل کننده ترکیبی فیدبک حالت و ساختار متغیر ارائه می گردد بطوریکه این کنترل کننده ، از هردو مزیت طراحی ساده روش LOC و مقاوم بودن یک کنترل کننده مد لغزشی فاقد فاز رسیدن توام با شوریدگی بسیارکم برخوردار می باشد.

با استفاده از این نوع کنترل کننده تغییر ساختار کلی برپایه روش LOC، رفتار دینامیکی سیستم ناشی از اغتشاش گشتاور بار و همچنین نامعینی های موجود در پارامترهای الکترومکانیکی سیستم درست مانند حالتی که هیچگونه اغتشاش و یا نامعینی در سیستم وجود نداشته باشد حفظ می شود. با بکارگیری این کنترل کننده، یک سیگنال کنترل دو مؤلفه ای نتیجه می شود. مؤلفه اول ترکیب خطی از متغیرهای حالت سیستم نامی می باشد که از حل معادله ریکاتی بدست می آید و مؤلفه دوم، سیگنال جبران کننده اثرات نامعینی ها و اغتشاش است. برای طراحی مؤلفه دوم، احتیاج به دانستن حد بالای عدم قطعیتهای سیستم با توجه به سطح لغزش انتخاب شده می باشد. شایان ذکر است که این مؤلفه در حالت عدم حضور نامعینی ها و اغتشاش دائما برابر صفر است زیرا همواره حالت مکانیکی سیستم بر روی سطح لغزش قرار دارد.

۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده در زمینه کنترل درایو موتور سنکرون رلوکتانسی

بیشتر کارهای انجام شده در رابطه با کنترل موتورهای سنکرون رلوکتانسی از اواخر دهه ۸۰ شروع شده است زیرا تا قبل از این تاریخ، موتورهای سنکرون رلوکتانسی به دلیل کوچک بودن نسبت اندوکتانسهای استاتور و وجود سیم پیچی قفسه سنجابی بر روی روتور بمنظور راه اندازی آن، عملکرد ضعیفی داشتند و کمتر مورد توجه قرارگرفته بودند. اما با ساخت روتورهای بدون قفسه سنجابی با نسبت اندوکتانس بالا در اواخر دهه ۸۰، عملکرد بسیار خوبی از این موتورها بدست آمد و لذا توجه محققین را بخود جلب نمود.

در [۹] و[۱۰] روشهای مختلف کنترل مانند گشتاور به جریان ماکزیمم، کنترل نرخ تغییر گشتاور ماکزیمم، کنترل ماکزیمم ضریب توان مجاز و کنترل جریان ثابت در محور d بطور تحلیلی بررسی و مقایسه شده اند.همچنین روشهایی برای تخمین بهنگام[۳] نسبت اندوکتانس ارائه شده است و در [۱۱]، به

---

۱. Modified LOC
۲. Chattering
۳. On - line

کنترل اینوع درایو در استراتژیهای فوق الذکر در زیر و بالای سرعت پایه اشاره شده است. در [۱۲]، کنترل برداری سرعت این سرودرایو با تخمین جریانهای استاتور در حالت ماندگار بدون درنظر گرفتن حالتهای گذرای مدار استاتور و محدودیت موجود در ولتاژ لینک DC تغذیه کننده اینورتر شرح داده شده است که این نکات در [۱۳] درنظر گرفته شده است.

اثر اشباع مغناطیسی و تلفات آهن بر روی روشهای کنترل گشتاور به جریان ماکزیمم را می توان در [۱٤]، جستجو نمود. تلفات آهن با یک مقاومت موازی در مدار معادل $d-q$ مدل شده است. تلفات آهن باعث تزویج بین محورهای d و q می شود که عملکرد گذرای ماشین را تحت تاثیر قرار می دهد. بمنظور جبران اثر تلفات آهن و حذف تزویج در [۱۵] دو مدار رؤیتگر جریان پیشنهاد شده اند که جریانهای مغناطیس کننده را (جریانهایی که مستقیماً در تولید گشتاور نقش دارند و بدلیل وجود تلفات آهن متفاوت از جریانهای ترمینال ماشین می باشند) که عملا قابل اندازه گیری نیستند تخمین می زنند.

یکی از پارامترهای مهم در درایوهای الکتریکی بازده آن می باشد. برای بهینه سازی بازده درایوهای موتور سنکرون رلوکتانسی نیز مقالاتی منتشر شده است [۱٦و۱۷]. در [۱٦] ، از یک روش جستجو برای یافتن نقطه کاری که در آن تلفات می نیمم است استفاده می شود. کنترل زاویه جریان استاتور نسبت به محور d بنحوی که در یک مقدار از پیش تعیین شده ثابت باقی بماند، روش دیگری برای بهینه سازی بازده در این درایو می باشد [۱۷]. تحت این زاویه جریان، مجموع تلفات مسی و آهنی کمترین مقدار خود را خواهد داشت.

در زمینه کاهش حساسیت روش کنترلی به تغییر پارامترهای ماشین و اغتشاش ناشی از گشتاور بار نیز مطالعاتی صورت گرفته است. در [۱۸] جهت مقاوم نمودن رفتار درایو در برابر تغییرات اندوکتانس در محور d از کنترل کننده لغزشی بجای رگولاتور کلاسیک سرعت استفاده شده است. در مرجع[۱۹] ، یک کنترل کننده مود لغزشی- فازی از نوع مشتقگیر پیشنهاد شده است که در آن سطح لغزش یک ترکیب خطی از سرعت و شتاب روتور می باشد. این کنترل کننده در فاز رسیدن مقاوم نبوده و بعلاوه دارای شوریدگی زیادی می باشد. مضافا به اینکه فقط از یک استراتژی (ماکزیمم گشتاور) جهت کنترل سرعت سرو درایو استفاده شده است. در[۲۰] ، جهت کنترل موقعیت یک درایو القائی برپایه امتدادیابی بردار شاردور مغناطیسی روتور به روش غیر مستقیم یک کنترل کننده مود لغزشی با خاصیت تغییر ساختار کلی که فاقد فاز رسیدن می باشد پیشنهاد شده است. در[۲۱]، تئوری طراحی یک کنترل کننده ترکیبی شامل کنترل همزمان فیدبک حالت و ساختار متغیر برای سیستمهای الکترومکانیک با چند ورودی که معادلات فضای حالت آنها بفرم اصلی کنترل پذیری باشد پیشنهاد شده است. در [۸] نیز برپایه تئوری ارائه شده در [۲۱] ، کنترل بهینه موقعیت یک سرو درایوسنکرون رلوکتانسی با روش کنترلی ماکزیمم گشتاور تولیدی مورد بحث قرارگرفته است. در آن مقاله جهت تغذیه سرودرایو از یک اینورتر ولتاژ کنترل شده با جریان از نوع $Bang-Bang$ استفاده شده است.

۱-۳- اهداف و نوآوریهای این پروژه

این پروژه، کار تحقیقاتی ارائه شده در [۸] را برای نیل به اهداف زیر ادامه می دهد:

۱- کنترل سرعت درایو برپایه استراتژیهای مختلف کنترلی سرو درایو مورد توجه قرار می گیرد. شایان ذکر است که ابتدا، استراتژی کنترل سرودرایو برپایه ماکزیمم گشتاور تولیدی قرار داده می شود و سپس با افزایش تدریجی گشتاور بار بطور اتوماتیک این استراتژی بترتیب با استراتژیهای جریان ثابت محور d استاتور و ماکزیمم ضریب توان مجاز تعویض می گردد.

۲- در عملکرد سرو درایو در بالاتر از سرعت پایه، بعلت فقدان سیم پیچی تحریک عمل تضعیف فلوی میدان در فاصله هوایی این ماشین یک مشکل اساسی محسوب می شود. در این پروژه، از روش ارائه شده در [۱۱] جهت حل این مشکل استفاده می گردد. بدین ترتیب که در بالاتر از سرعت پایه، با تعیین حدود مجاز کاری جریان و ولتاژ استاتور، همزمان با تضعیف شاردور پیوندی فاصله هوایی ماشین(متناسب با عکس سرعت درایو) رفتار سرودرایو با شبیه سازی کامپیوتری مورد مطالعه قرار می گیرد.

شایان توجه است که در سرعتهای بالاتر از پایه، اجرای استراتژیهای مختلف کنترل با حفظ محدوده کاری جریان و ولتاژهای ماشین عملی می گردد بطوریکه با تعیین مکان هندسی بردار جریان استاتور(در هر سرعت مطلوب بالاتر از پایه) نوع استراتژی کاری درایو که امکان کار با آن وجود دارد تعیین می شود.

۳- از آنجا که در طراحی کنترل کننده مود لغزشی استفاده شده در[۸]، نیاز به دانستن حد بالای عدم قطعیتها می باشد که معمولا بر روی بالاترین مقدار خود قرار داده می شود از اینرو کنترل کننده با پدیده شوریدگی و یا به عبارت دیگر نوسانات با فرکانس زیاد حول سطح لغزش مواجه خواهد شد. در این پروژه برای کم کردن این شوریدگیها، از یک کنترل کننده فازی- لغزشی [۲۲] استفاده می گردد که به کمک آن حد بالای عدم قطعیتها در هرلحظه به روش استنتاج فازی تخمین زده می شود تا بدینوسیله ضمن کاهش پدیده مذکور، برای سیستم یک پاسخ دینامیکی مقاوم و پایدار نسبت به اغتشاش ناشی از گشتاور بار و نامعینی های موجود در پارامترهای سیستم فراهم آید.

٤- در این پروژه، جهت تغذیه درایو از یک اینورتر منبع ولتاژ SVM دو سطحی استفاده می شود. از مزیتهای این اینورتر نسبت به مدولاسیون پهنای پالس سینوسی می توان به بالا بودن ضریب استفاده از ولتاژ لینک DC و نیز فرکانس سوئیچینگ پائین تر توام با پایین آوردن ضربانهای گشتاور اشاره کرد [۲۳].

٥- در ادامه ، یک کنترل کننده لغزشی ساختار کلی جدید[۲٤]، جایگزین کنترل کننده لغزشی معرفی شده در[۸] می گردد. دینامیک این کنترل کننده از طریق معرفی یک متغیر مجازی که وابسته به متغیرهای حالت سیستم اصلی می باشد یکدرجه افزایش می یابد. از اینرو این کنترل کننده لغزشی می تواند با سایر روشهای طراحی از جمله روش جابجایی قطبها ترکیب شود و دینامیک مطلوب را برای سیستم فراهم سازد.

سطح لغزش این کنترل کننده، ترکیب خطی از متغیرهای حالت سیستم و متغیر مجازی برپایه معادله سیستم بفرم اصلی کنترل پذیری می باشد. با تعیین مقدار اولیه مناسب برای متغیر مجازی معرفی شده در این