دانشکده مهندسی

گروه برق

پروژه کارشناسی

گرایش : قدرت

عنوان پروژه :

بررسی ساختار و عملکرد انواع سرو موتور الکتریکی

استاد راهنما : دکتر اوجاقی

استاد داور : دکتر میرزائی

نام دانشجو : غزاله سرشاری

تابستان ۹۷

از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر منصور اوجاقی بسیار سپاسگزارم چرا که بدون راهنمایی‌های ایشان تأمین این پروژه بسیار مشکل مینمود .....

سپاس و ستایش بی‌کران پروردگار جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن ، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار ، درفشان . آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان ، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید ...

تقدیم به پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند ...

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانی‌تان را سپاس نتوانم بگویم ...

امروز هستی‌ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما ...

گران سنگ‌تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم ، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگی‌تان را بزداید .

بوسه بر دستان پرمهرتان ...

چکیده

سرو موتور متشکل از یک موتور الکتریکی ساده است که در کنار موتور تعدادی المان الکترونیکی به منظور کنترل زاویه، سرعت و یا شتاب به شفت موتور متصل می‌شوند و کلیه‌ی المان‌ها به همراه موتور در یک پکیج واحد ارائه می‌شوند. سرو موتورها در اندازه‌های بسیار کوچک برای مصارف ساخت تجهیزات مکاترونیکی مانند ربات‌ها و هواپیماها تا اندازه‌های بزرگ برای دستگاه‌های صنعتی ساخته می‌شوند.

در این پروژه سعی شده است انواع سرو موتورهای الکتریکی از نظر ساختار و عملکرد مورد بررسی قرار گیرند.

فهرست مطالب

مقدمه ث

فصل ۱:مفاهیم اولیه مورد نیاز

۱-۱- تئوری کنترل کلاسیک (فیدبک) ۱

۱-۲- تئوری کنترل فیدبک متغیر حالت ۱

فصل ۲:سرو موتورهای DC

۲-۱- انواع سرو موتورهای DC ۳

۲-۲- انواع واحد تغذیه ۴

۲-۳- مشخصه سرعت_گشتاور سرو موتور DC ۶

۲-۴- سرو موتور DC در کنترل حلقه بسته و حلقه باز سرعت ۸

۲-۵- سرو موتورهای DC در کنترل حلقه بسته موقعیت ۱۰

۲-۶- سرو موتور DC برای شرایط عملکرد با کارایی بسیار بالا ۱۲

۲-۷- ویژگی های واحد تغذیه ۲۲

۲-۸- اثر فاکتور فرم بر نوسان سرعت ۲۴

۲-۹- جمع بندی ۲۸

فصل ۳:سرو موتورهای پله ای

۳-۱- عملکرد اصلی ۳۰

۳-۲- موتورهای پله ای با زاویه گام کوچک ۳۲

۳-۳- مشخصه گشتاور_جابجایی موتور پله ای ۳۳

۳-۴- مشخصه پاسخ دینامیک در مورد حرکت یک پله ای ۳۵

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

۳-۵- رفتار مشخصه سرعت_گشتاور موتورهای پله ای ۳۶
۳-۶- موتور پله ای برای کاربردهای کنترل موقعیت ۳۷
فصل ۴:سرو موتورهای AC
۴-۱- اصول کارکرد ۳۹
۴-۲- موتورهای AC سرعت متغیر ۳۹
۴-۳- مدل ریاضی ۴۰
۴-۴- مبدل فرکانسی ۴۷
۴-۵- نتیجه ۵۲
فصل ۵:سرو موتورهای الکتروهیدرولیکی
۵-۱- مقدمه ۵۳
۵-۲- یک سیستم سرو ساده کنترل شده به صورت مکانیکی ۵۳
۵-۳- سرو ولوهای الکتروهیدرولیکی ۵۴
۵-۴- سرو موتورهای هیدرولیکی ۵۶
فصل ۶:انتخاب و مقایسه سرو موتورها
۶-۱- مقدمه ۵۸
۶-۲- معیارهای تئوری و عملکردی ۵۹
۶-۳- مقایسه نتایج و روش طراحی ۶۲
۶-۴- نتیجه گیری ۷۳
مراجع ۷۵

مقدمه

ماشین‌های الکتریکی بزرگ اعم از AC و DC عمدتا برای تبدیل انرژی پیوسته استفاده می‌شوند اما در برخی از کاربردهای خاص به تبدیل انرژی پیوسته نیازی نیست. برای مثال می‌توان از حرکت بازوهای ربات نام برد. در این کاربرد هدف تغییر مکان بازو از وضعیتی خاص به وضعیتی دیگر است. در کاربردهایی که تبدیل انرژی پیوسته مدنظر نباشد، از ماشین‌های مخصوص که عمدتاً در حالت موتوری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند،استفاده می‌کنند . اصول مربوط به این ماشین‌ها شبیه ماشین‌های الکتریکی عادی است، اما نحوه ساخت، طراحی و بهره‌برداری از آنها با ماشین‌های عادی فرق دارد.

لغت SERVO از کلمه یونانی (SERVUS(SERVANT گرفته شده است. سرو موتور که گاهی موتور کنترل نامیده می‌شود طوری طراحی و ساخته می‌شود که بتوان از آن در سیستم کنترل فیدبک استفاده کرد. وظیفه این موتورها کنترل تغییرات موقعیت و سرعت است. توان اسمی این موتورها بین چند دهم وات تا چند صد وات است. سرعت پاسخ این موتورها بسیار زیاد و لذا باید اینرسی آن ها کم باشد . در نتیجه قطر این ماشین‌ها کم ولی طول آنها نسبتا زیاد است . از این موتورها در سیستم‌های رادار، ربات ، کامپیوتر و ماشین‌های افزار استفاده می‌شود.

فصل اول : مفاهیم اولیه مورد نیاز

۱-۱- تئوری کنترل کلاسیک (فیدبک)

برای داشتن درک بهتر از محتوای این پایان نامه خواننده بایستی آشنایی با مفاهیم کنترل خطی از جمله سیستم‌های خطی و غیر خطی، تکنیک‌های خطی سازی، تبدیل لاپلاس، تابع تبدیل درجه اول و دوم، پاسخ فرکانسی و ... داشته باشد.

در خصوص مفاهیم بیان شده در بالا به اختصار می‌توان گفت که با استفاده از تبدیل لاپلاس از معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم ، مفهوم تابع تبدیل را می‌توان بدست آورد. از بلوک دیاگرام می‌توان جهت نشان دادن سیستم استفاده برد و با استفاده از برخی تکنیک‌ها می‌توان بلوک دیاگرام سیستم را به یک بلوک دیاگرام کاهش داده و سپس پایداری، پاسخ گذرا و خطای حالت دائم سیستم را مورد مطالعه قرار داد.

مفاهیم دیگری که مورد نیاز هستند را می‌توان تکنیک پایداری راث هرویتز، روش مکان یابی ریشه، دیاگرام نایکوئیست و دیاگرام بود نام برد.

۱-۲- تئوری کنترل فیدبک متغیر حالت

در عمل توابع تبدیل بالاتر از درجه ۳ یا ۴ مورد مطالعه قرار می‌گیرد و در این موارد بهتر است از تئوری کنترل فیدبک متغیر حالت بهره برداری شود. در کنترل کلاسیک بیان می‌شود که در کنترل کننده PID جهت طراحی سیستم کنترل سه پارامتر را می‌توان تنظیم نمود. در حالی که با استفاده از این سه پارامتر نمی‌توان تمامی ریشه‌های معادله مشخصه را به نحوی تنظیم نمود که به رفتار حالت گذرا و حالت دائم قابل قبول حاصل شود. در عمل فقط یک یا دو ریشه را می توان در پاسخ غالب نمود و مصالحه‌ای بین پاسخ گذرا و حالت دائم باید برقرار نمود. عبارت مشتق‌گیر نویز را تقویت می‌کند و از این رو توصیه نمی‌گردد و به جای آن یک شبکه لید-لگ پاسخ بهتری ایجاد می‌کند.

تئوری کنترل فیدبک متغیر حالت از ماتریس برای توصیف سیستم‌های کنترل استفاده می‌کند. این باعث می‌شود که معادله دیفرانسیل حاکم در فرم جمع و جور نوشته شود. استفاده از فیدبک متغیر حالت باعث می‌شود موقعیت تمام ریشه‌ها را به موقعیت مطلوب در S-plane سپرد. محدودیت‌های عملیاتی

اندازه گیری تمام متغیرهای حالت و غیر خطی بودن مبدل‌ها و اشباع تقویت کننده‌ها جایی که ریشه‌ها می توانند در سطح S واقع شوند را محدود می‌نماید.

می‌توان برای پیش‌بینی متغیرهای حالت از اندازه‌گیری یک متغیر یا چند متغیر حالت از مشاهده‌گر استفاده کرد. این امر باعث می‌شود که بتوان سیستم‌های عملی با متغیرهای فراوان حالت را کنترل کرد.

در عمل، اگر عملکرد بسیار دقیق مورد نیاز نباشد، بهتر است مدل سرو را با استفاده از فرضیه‌های ساده سازی با تابع تبدیل مرتبه دوم یا سوم مدلسازی کنیم. هنگامی که کارایی دقیق مورد نیاز است، باید عوامل متعددی چون اندوکتانس و سازگاری مکانیزم انتقال را در نظر گرفت. این ملاحظات باعث می‌شود که مدل بسیار پیچیده شود و نظریه کنترل متغیر حالت پیشنهاد می‌شود چرا که استفاده از مفهوم تابع تبدیل بسیار پیچیده می‌شود.

دانشجویان محترم:

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

۷. اگر موتور با قدرت بالاتر نتیجه مطلوب نداشته باشد، باید از فیدبک شتاب (یا فیدبک جریان) استفاده کنید. از شکل های (۶-۱۱)و(۶-۱۲) به جای شکل‌های (۶-۶)و(۶-۷) استفاده کرده و جستجو را از مرحله ۴ تکرار کنید.

از تجزیه و تحلیل فوق، ممکن است این نتیجه حاصل شود که تعدادی از انواع سرو موتورها عملکرد لازم را ارائه می دهند. در این مورد، تصمیم نهایی می‌تواند بر اساس معیارهای دیگری مانند هزینه سرمایه، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی باشد.

برای مقایسه هزینه‌های سرمایه، باید درایو کامل را در نظر گرفت؛ از جمله قابلیت کنترل‌کننده، تعداد محورهای هدایت شده، قابلیت ارتباط با میکرو رایانه، مبدل‌های سرعت و موقعیت اضافه و غیره. نشانه‌هایی وجود دارد که در قدرت‌های کم، واحدهای هیدرولیکی سرو موتور، گران‌تر هستند. سیستم‌های مدولاسیون پهنای پالس دارای دومین رده قیمت هستند و پس از آن موتورهای DC کنترل شده با تریستور و موتورهای AC و موتورهای پله‌ای قرار می‌گیرند. در قدرت بالاتر، یعنی بالاتر از توان ۱۰ کیلووات، موتورهای هیدرولیکی از موتورهای الکتریکی ارزان‌تر می‌شوند.

موتور AC و پله‌ای به احتمال زیاد قابل اطمینان‌تر خواهند بود؛ زیرا هر دو بدون جاروبک هستند. موتورهای هیدرولیک قابل اعتماد هستند اما نیاز به نگهداری بیشتری دارند. توسعه موتورهای DC بدون جاروبک نشان دهنده امیدهای زیادی برای آینده است.

موتورهای پله‌ای در اندازه‌های بزرگ به راحتی قابل دسترس نیستند. موتورهای هیدرولیک در طیف گسترده‌ای از اندازه موجود نیستند. موتورهای AC و DC در تقریبا تمام محدوده قدرت در دسترس هستند. در دسترس بودن موتورهای DC ساخته شده از عناصر کمیاب بدون جاروبک هنوز محدود به مقادیر کوچک توان است.

۶-۴- نتیجه گیری

در این فصل، پاسخ دینامیکی تعدادی از انواع سرو موتورهای معمول در صنعت مورد توجه قرار گرفت. برای به دست آوردن بهترین عملکرد، باید گین حلقه فید فوروارد، گین انتگرال‌گیر و گین فیدبک و شبکه جبران ساز در کنترل‌کننده بهینه‌سازی گردد. عملکرد دینامیکی در هر مورد با زمان استقرار پله ورودی و افت سرعت دینامیکی در هنگام اعمال گشتاور خارجی نشان داده شد. زمان استقرار به یک منطقه اشباع تقسیم شد که در آن موتور در شرایط گشتاور محدود کار کرده و یک منطقه دینامیک که بر اساس مدل ریاضی خطی رفتار می‌کند. یک سری شبیه‌سازی بر روی انواع و اندازه‌های مختلف موتور انجام شده و زمان‌های محاسبه شده در یک سری نمودار نشان داد شده به طوری که طراح می‌تواند زمان استقرار و افت

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

سرعت دینامیک را برای یک موتور و کاربردهای مورد انتظار پیش‌بینی کند، یا به جای آن موتوری برای یک شرایط خاص دینامیکی انتخاب کند.

همانطور که انتظار می‌رود، هیچ موتوری در هر شرایطی عالی نیست و مناسب بودن یک سرو موتور به کاربرد آن بستگی دارد. نظرات کلی می‌تواند به شرح زیر باشد:

۱. اینرسی کمِ بار و موتور کم قدرت: برای این نوع از کاربردها موتورهای هیدرولیک سریعترین سرعت پاسخ را ارائه می‌دهند. موتورهای DC دارای آهنربای ساخته شده از عناصر نادر و بدون جاروبک با موتورهای هیدرولیکی قابل رقابت هستند. اثر گشتاور خارجی بر سرعت موتور هیدرولیک تا حدودی بالاتر از موتورهای الکتریکی است. موتورهای پله‌ای DC و AC دارای آهنرباهای سرامیکی دارای سرعت پاسخ پایین‌تری نسبت به موتور هیدرولیکی و موتور DC دارای آهنربای ساخته شده از عناصر نادر هستند.

۲. بار با اینرسیِ بالا و موتورِ کم قدرت: در این شرایط، موتورهای DC دارای بهترین سرعت پاسخ بوده، پس از آن موتورهای AC، هیدرولیک و موتور پله‌ای قرار می‌گیرند. اثر گشتاور خارجی در موتورهای هیدرولیکی کمتر از موتورهای الکتریکی است.

۳. بار با اینرسیِ کم و موتور با قدرتِ بالا: در این حالت، موتورهای هیدرولیکی سریعترین پاسخ را ارائه می‌دهند و پس از آن به ترتیب موتورهای DC، AC و پله‌ای قرار می‌گیرند. موتورهای AC در توان‌های بالا با موتورهای معمولی DC قابل رقابت می‌شوند. اثر گشتاور خارجی بر موتورهای الکتریکی کمتر از موتورهای هیدرولیکی است.

۴. اینرسی بارِ بالا، موتور با توانِ بالا: برای این شرایط، موتورهای الکتریکی سرعت بیشتری نسبت به موتور هیدرولیک تولید می‌کنند و موتورهای AC با موتورهای معمولی DC قابل رقابت می‌شوند. گشتاور خارجی اثر کمتری بر موتورهای هیدرولیکی دارد.

۵. استفاده از فیدبک شتاب: فیدبک شتاب عملکرد تمامی انواع سرو موتور را بهبود می بخشد. بهبود موتورهای هیدرولیک و AC بیشتر بوده اما تفاوت در عملکرد دینامیکی بین انواع موتور ها کاهش می‌یابد. در این حالت عملکرد اشباع سرو موتورها بر تصمیم نهایی، بیش از مشخصه دینامیکی تأثیر می‌گذارد، بنابراین گشتاور حداکثر در دسترس مهم است. باید اشاره کرد که برای استفاده از فیدبک شتاب باید از فیدبک سرعت مشتق‌گیری شود. بنابراین باید از ترنسدیوسر سرعت با کیفیت بالا استفاده شود تا نویز زیادی در بازخورد شتاب وجود نداشته باشد. برای کاهش نویز در فیدبک شتاب باید از فیلتر استفاده شود. بعضی از تولیدکنندگان فیدبک جریان را به جای فیدبک شتاب ارائه می‌دهند. اگر برای یک کاربرد خاص، تعدادی سرو موتور نیازهای دینامیکی را برآورده می‌کنند، تصمیم نهایی بستگی به هزینه، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی دارد.

مراجع

۱. ماشین های الکتریکی مخصوص تالیف دکتر ابوالفضل واحدی استاد دانشگاه علم و صنعت ایران، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف

۲. Servo Motors and Industerial Control Theory, Riazollah Firoozian, Springer