



Namatek
True Education

www.namatek.com



What is a ServoMotor

مرجع آموزش سرو
موتور

فهرست مطالب

۱. سرو موتور چیست (آموزش مفاهیم مقدماتی)
۲. آموزش سرو موتور و نحوه کار آن
۳. کاربردهای سرو موتور در موشن کنترل

یکی از کاربردی ترین تجهیزات مورد استفاده در صنعت سرو ها هستند و آموزش سرو موتور برای مهندسين بسيار مهم می باشد. با مطالعه این صفحه و آموزش سرو موتور شما با بسیاری از اصطلاحات کلیدی این حوزه آشنا خواهید شد.

۱- سرو موتور چیست (آموزش مفاهيم مقدماتی)

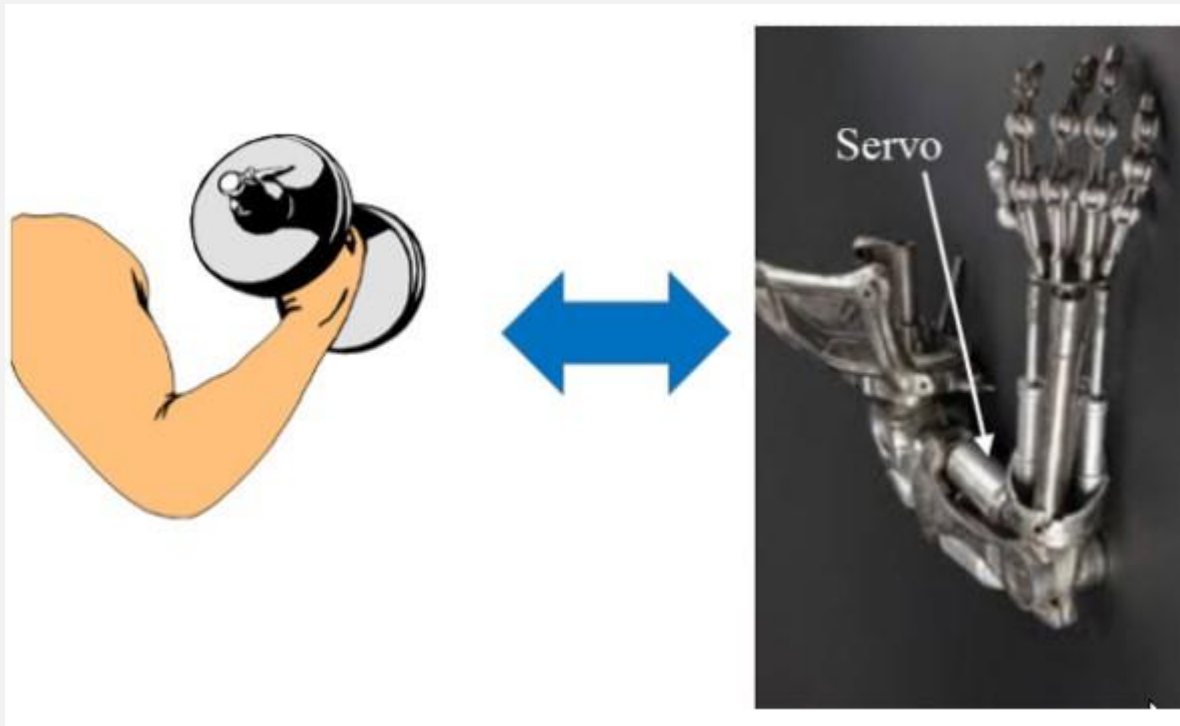
۲- آموزش سرو موتور و نحوه کار آن

۳- کاربردهای سرو موتور در موشن کنترل

#۱ سرو موتور چیست (آموزش مفاهيم مقدماتی)

سرو موتور چیست؟ یک سرو موتور، ماهیچه‌ی یک سیستم کنترلی است. این ماهیچه، متناسب با کاربردهای مختلف، نیروی لازم برای به حرکت درآوردن تجهیزات کارخانه را فراهم می‌کند. خیلی از افراد فکر می‌کنند که سروو یک وسیله‌ای است که به صورت مجزا به کار برده می‌شود. اما، یک سروو موتور نمی‌تواند به تنهایی و بدون یک مجموعه‌ای از وسایل که برای رسیدن به هدفی مشخص درکنار هم قرار گرفته‌اند، استفاده شود.

در این بخش، در مورد چگونگی عملکرد موتورهای الکتریکی خواهیم آموخت، سرو موتور چیست و با مدل‌های مختلف موتورهای الکتریکی که دارای سرو موتورهای صنعتی هستند، آشنا می‌شویم.



یک موتور الکتریکی وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به نیروی مکانیکی تبدیل می‌کند. در بیشتر موتورهای الکتریکی، این نیروی مکانیکی، یک نیروی چرخشی است. این نیروی چرخشی را می‌توان برای انجام کارهای مختلف استفاده کرد. از جمله کاربردهای موتورهای الکتریکی می‌توان به دریل کردن، سنگ‌بری ها، نوارنقاله‌ها، فن‌ها، پمپ‌ها، ربات‌ها و ... اشاره کرد.

به نظر شما این موتور، چگونه انرژی الکتریکی را به نیروی چرخشی تبدیل می‌کند؟

چشم‌انداز تاریخی سرو موتور

در سال ۱۸۲۰ میلادی، اورستد (Oersted) کشف کرد که عبور جریان برق از یک سیم، میدانی مغناطیسی را حول آن سیم تولید خواهد کرد. بعد از او

فارادی اثبات کرد که چگونه این میدان مغناطیسی، قادر به تولید کردن یک نیروی مکانیکی است. وسیله‌ای که او استفاده می‌کرد، شامل یک آهنربای دائمی احاطه شده در یک مخزن جیوه بوده و یک تکه سیم که به وسیله‌ی یک چنگال، قلاب شده است درون مخزن جیوه معلق است. با عبور یک جریان الکتریکی از درون سیم، یک نیروی الکترومکانیکی باعث می‌شود که سیم با حرکتی دورانی به دور آهنربای مغناطیسی به گردش درآید. البته این وسیله فقط برای مدت محدودی کاربرد دارد، زیرا نیروی گردش تولید شده، بسیار ضعیف است.

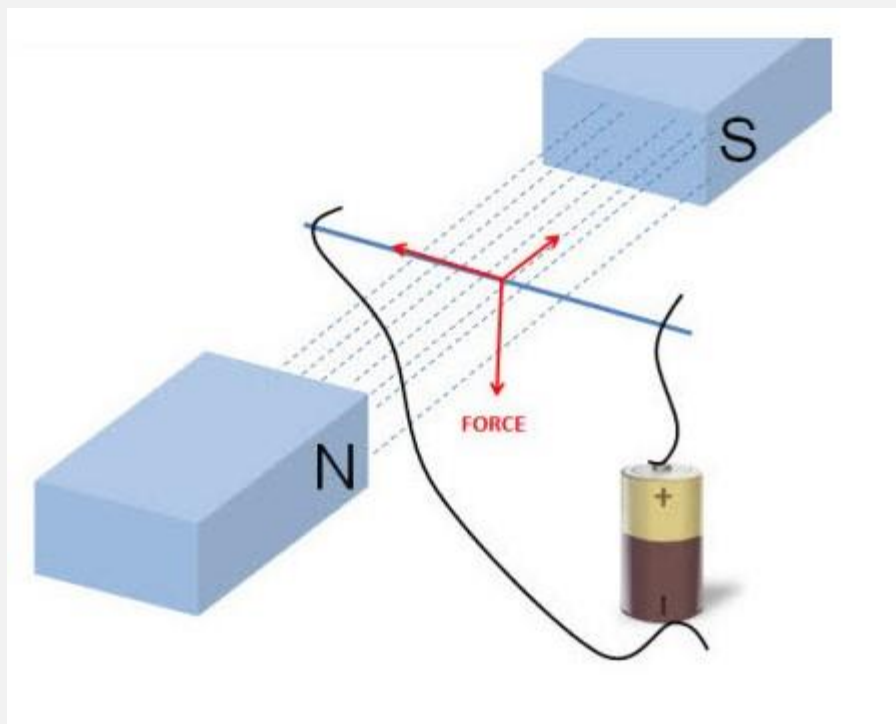


اصول کاری موتورها

اصل اول

هنگامی که یک سیم حامل جریان الکتریکی، درون میدانی مغناطیسی قرار می‌گیرد، نیرویی باعث گردش سیم می‌شود. جهت این نیروی وارد شده

هم بر خطوط میدان و هم بر جهت شار جریان، عمود است. (جهت میدان مغناطیسی از N به S و جهت جریان از طرف مثبت باتری به طرف منفی باتری است)

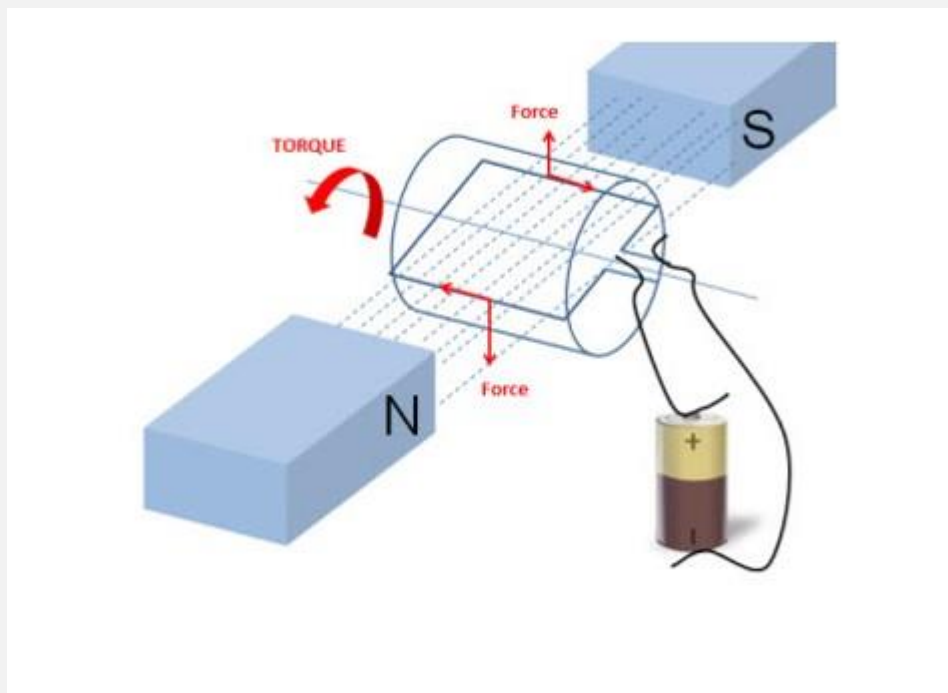


جهت نیروی وارد شده با استفاده از قاعده‌ی دست راست بدست می‌آید؛ چهار انگشت دست راست در جهت جریان، میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، جهت انگشت شست شما، جهت نیروی وارد شده بر سیم است.

اصل دوم

در اینجا، یک حلقه سیم (روتور موتور) را مشاهده می‌کنیم که می‌تواند آزادانه به گردش درآید. همان‌طور که در اصل اول خواندیم، عبور جریان از روتور و وجود میدان مغناطیسی، نیرویی را به روتور وارد می‌کند. اگر

بادقت مشاهده کنید، نیروی وارده بر یک طرف به سمت بالا و نیروی وارده بر طرف دیگر به سمت پایین است، در نتیجه‌ی این نیروها و تعاملات، گشتاوری ایجاد شده و حلقه‌ی سیم (روتور) شروع به گردش کرده و به واسطه‌ی آن موتور به حرکت در می‌آید.



اما با گردش یک نصف دور، چه اتفاقی می‌افتد؟

اصل سوم

برای اینکه روتور همواره در گردش بماند، بایستی جهت جریان حلقه‌ی سیم را تغییر دهیم. (پس از هر نیم سیکل). اینکار باعث می‌شود که جهت نیروی وارد شده بر سیم در هر نیم سیکل معکوس شود. یک حلقه شکاف آهنی یا کموتاتور (Commutator) این کار را برایمان انجام می‌دهد. اگر جهت جریان را پس از هر نیم سیکل به درستی و به موقع

تغییر دهیم، روتور به گردش خود ادامه خواهد داد و موتور بدون هیچ استپی کار خواهد کرد.

موتور DC

بر اساس قواعد ذکر شده در درس قبل، موتورهای DC امروزی با مغناطیس‌های ثابت بسیار قوی‌ای ساخته می‌شوند. همچنین سیم‌پیچ‌های مناسبی اطراف روتور پیچیده شده است. (گاهی اوقات به این سیم‌پیچ‌ها آرمیچر می‌گویند) تعداد دور سیم‌پیچ‌های بیشتر و عبور جریان بیشتر از آرمیچر، میدان مغناطیسی بزرگتری را ایجاد می‌کند. میدان مغناطیسی قوی‌تر یعنی نیروی چرخشی قوی‌تر و موتور سریع‌تر خواهد چرخید.

موتورهای DC مدرن و امروزی قادر به ایجاد گشتاور مناسب در سرعت‌های پایین بوده و مواقعی که به سرعت‌های معمولی و کنترل جهت نیاز داریم، کاربرد دارند.



موتور AC

یک مهندس جوان به نام نیکولا تسلا، مشاهده کرد که کموتاتور در موتورهای DC و ژنراتورها الکتریکی یکی از عوامل مشکل‌زا، هزینه‌آور و کاهنده‌ی بهره‌وری است. تسلا، کموتاتور مکانیکی را از ژنراتورهای DC الکتریکی حذف کرده و به‌نحوی برنامه‌ریزی کرد که شبیه به موتورهای DC عمل کنند.

(ژنراتور، ماشینی است که برعکس موتورهای الکتریکی عمل می‌کنند، یعنی از طریق القای الکترومغناطیسی، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.)

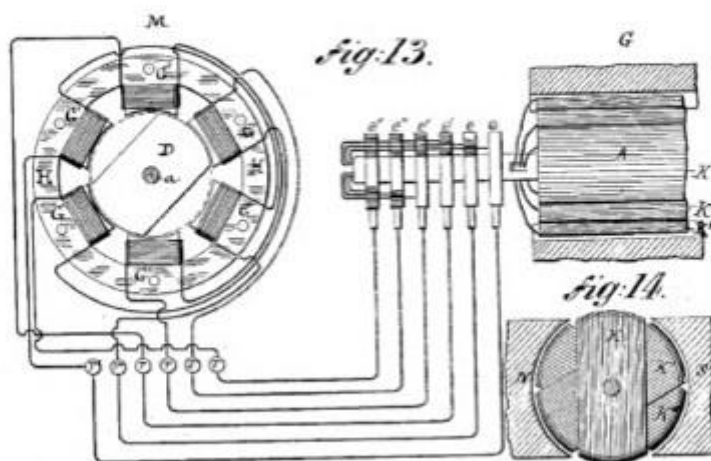
ژنراتورهایی که امروزه طراحی می‌شوند، از جریان‌های AC بهره‌مند بوده که کاربردهای فراوانی را از جمله توزیع توان در مسافت‌های بالا را دارا هستند. البته هنوز موتورهای الکتریکی قدیمی قادر به استفاده از این جریان‌های AC تولیدی نبوده‌اند. برای حل کردن این مشکل و قابل استفاده کردن جریان‌های متناوب برای اهداف صنعتی، تسلا تعدادی از موتورهای AC را طراحی و ثبت اختراع کرد که با جریان‌های سینوسی متناوب کار می‌کردند.

N. TESLA.

ELECTRO MAGNETIC MOTOR.

No. 381,968.

Patented May 1, 1888.



تسلا میدان مغناطیسی ثابت درون موتورهای DC را با میدان مغناطیسی گردانی که با جریان‌های متناوب تولید می‌شوند، جایگزین کرد تا روتور بتواند بدون کموتاتور به گردش خود ادامه دهد.

در موتور AC، روتور، فرکانس و فاز توان AC را دنبال می‌کند تا به کوئل استاتورش برسد. در این مثال، کوئل‌های بالایی و پایینی با توان AC یی که دارای اختلاف فاز ۹۰ درجه‌ای با کوئل‌های سمت چپ و راست دارند، تغذیه شده‌اند. روتور در هر لحظه به طرف میدانی می‌رود که قوی‌تر باشد.

ساختار موتورهای AC

موتورهای AC امروزی که شاید با اسم موتورهای القایی با آنها آشنا باشید، از یک روتور داخلی و یک استاتور خارجی تشکیل شده‌اند. هنگامی که سیم‌پیچی استاتور، با جریان متناوب تغذیه می‌شود، یک

میدان مغناطیسی گردشی ایجاد می‌شود. همچنین استاتور بدون هیچ تماس فیزیکی الکتریکی، جریانی را در روتور القاء می‌کند. متناسب با طراحی استاتور و روتور، اگر طراحی بسیار مناسب و محکمی صورت گرفته باشد، تقابل بین روتور و استاتور بسیار قوی خواهد بود و موتور را موتور سنکرون (همزمان) می‌گویند.

پس موتورهای AC به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند؛ موتور القایی یا آسنکرون (ناهمزمان) و موتور سنکرون (همزمان)

موتورهای سنکرون در کاربردهایی که به سرعت بالا و ثابت نیاز داریم، استفاده می‌شوند.



موتورهای بدون جاروبک

موتورهای بدون جاروبک (Brushless Motors) ساختمانی شبیه به موتورهای سنکرون AC دارند ولیکن با کمی تفاوت‌ها عملیاتی. موتور براش‌لس (بدون جاروبک) (همچنین بدون کموتاتور مکانیکی) دارای سیم‌پیچی استاتور بوده و برای روتور دارای یک مغناطیس دائم است. در

موتورهای پیشین استفاده از مغناطیس دائم برای روتور مرسوم نبوده است. برای ایجاد یک میدان مغناطیسی گردان، سیم‌پیچی‌های استاتور با یک توالی مشخص (از نظر فرکانس، ولتاژ، جریان و فاز) تغذیه شده تا متناسب با کاربردمان از موتور استفاده کنیم.

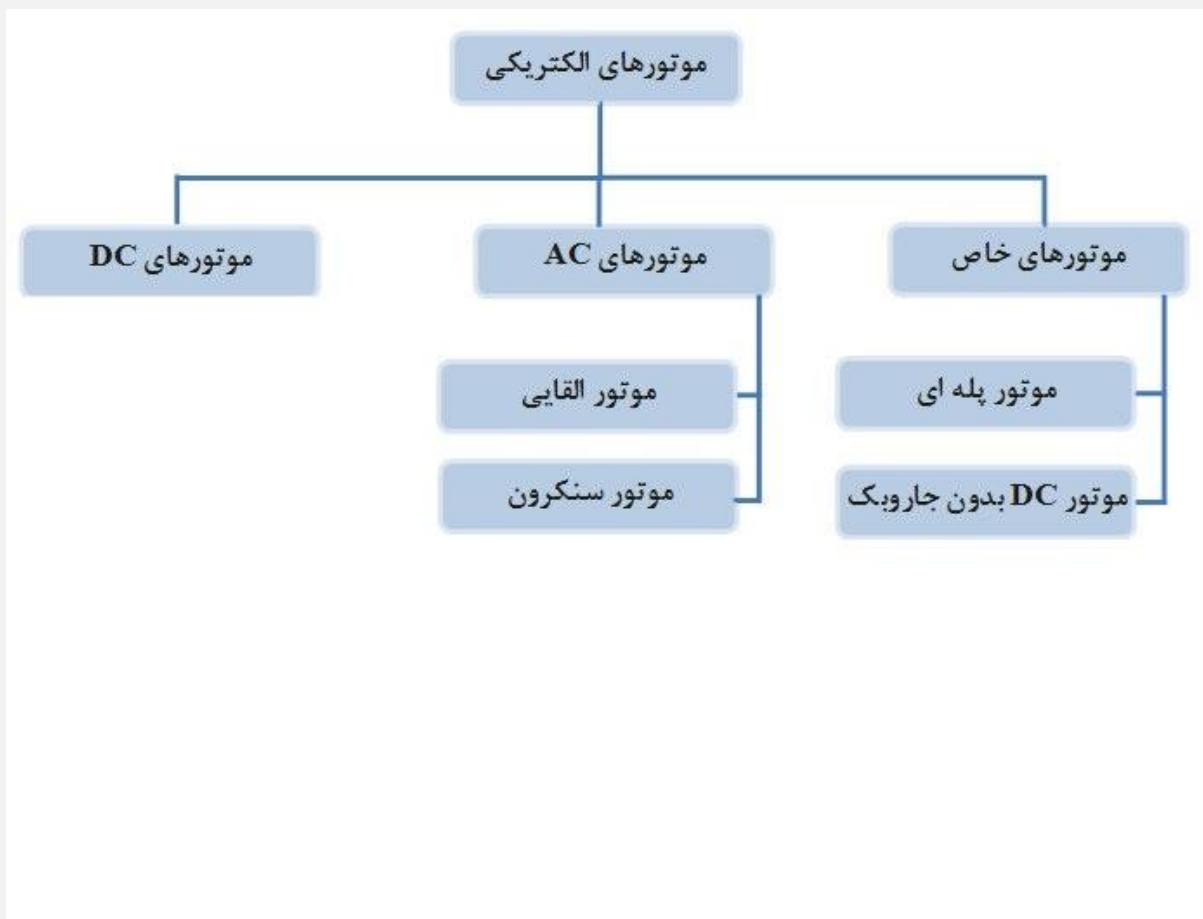
کنترل توان در طراحی موتور بدون جاروبک بسیار پیچیده بوده و با یک میکروپروسسور که به الکترونیک نیز بسیار وابسته است، برنامه‌ریزی شده است. این وسیله‌ی کنترل توان را درایور موتور یا درایو می‌نامند.

موتورهای استپر (پله‌ای)

موتورهای استپر، یک شکل از موتورهای DC بدون جاروبک هستند. در موتور استپر، طراحی روتور و استاتور شبیه به تکه‌های بسیار کوچک (step) است که روتور استپ به استپ (تکه به تکه) می‌گردد و به علت میدان مغناطیسی بسیار قوی در هر تکه، روتور به صورت استپ به استپ حرکت می‌کند.

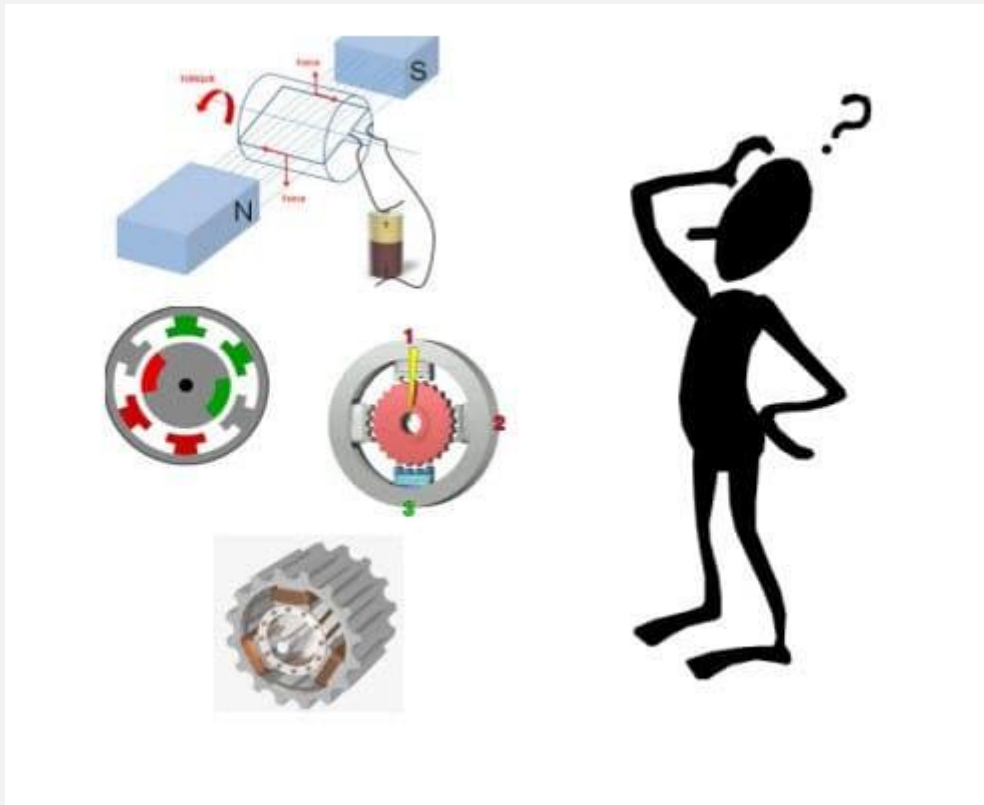
دقت زاویه‌ای روتور، جهت گردش و سرعت موتور را می‌توان با کنترل میکروپروسسور متصل به کویل‌های استاتور، تنظیم کرد.

تا اینجا دریافتیم که موتورها را می‌توانیم به دسته‌های زیر تقسیم‌بندی کنیم:



سرو موتورها

حالا نوبت آن رسیده است که به بررسی این نکته بپردازیم که کدام مدل از موتورها، یک سرو موتور محسوب می شود. یک سرو موتور ممکن است هر یک از این مدل ها باشد، البته با این ویژگی که با یک درایو مناسب، یک سیستم کنترلی و فیدبک مناسبی همراه باشد. سرو موتورهای صنعتی بایستی سریع و دقیق بوده و قادر به تولید کردن گشتاورهای زیاد در شرایط کاری خود باشند. از این رو سرو موتورهای صنعتی بر اساس طراحی موتورهای بدون جاروبک، طراحی می شوند. یک موتور فقط یک موتور است اما زمانی که با یک درایو مناسب و فیدبک انکودر ترکیب شود، به صورت یک سرو کار می کند.



تکنولوژی و عملکرد سرو

سرو موتورهای یکی از ضروری‌ترین تجهیزات در سیستم کنترل حرکت (موشن کنترل) هستند. به منظور عملکرد و کارایی بهتر، سرو موتورها را هم از نظر سخت افزاری و هم از نظر نرم‌افزاری به سیستم کنترل حرکت (موشن کنترل) متصل می‌کنیم. سروها در قسمت‌های مختلف کارخانه استفاده شده و نیروی لازم برای به حرکت درآوردن اجسام را تولید می‌کنند.

در این بخش به بررسی تکنولوژی و عملکرد سرو، سرو درایو و روش‌های فیدبک‌گیری برای رسیدن به کارایی و بهره‌وری مناسب را خواهیم پرداخت.



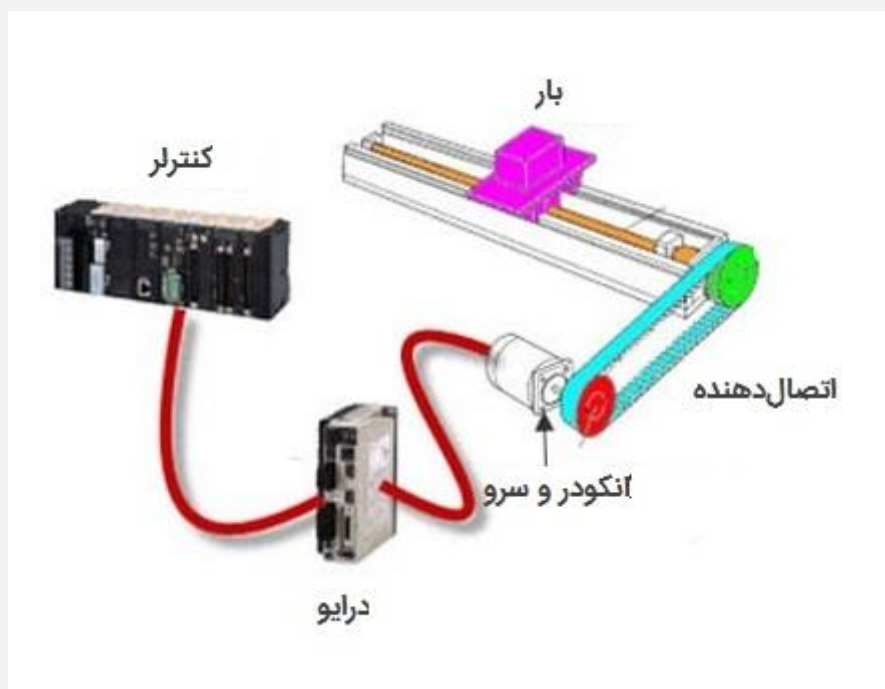
پیکربندی سیستم سرو

سرو موتورها در سیستم موشن کنترل استفاده شده تا باتوجه به زمان، یک نیروی مکانیکی مشخص را تولید کنند. با کنترل سرو موتورها و تنظیم موقعیت، سرعت و گشتاور، رسیدن به اهدافی که برای کاربردهای مختلف در نظر داریم، دست‌یافتنی می‌شود.

به منظور عملکرد صحیح یک سرو موتور، بایستی آن را به همراه موارد زیر به کار برد:

۱. یک کنترلر: معمولاً از یک پی‌ال‌سی یا یک موشن کنترلر مشخص به منظور اجرا کردن برنامه‌ی موشن کنترل در کاربردهای مختلف استفاده می‌شود.
۲. یک درایو: وسیله‌ای الکترونیکی که توان مورد نیاز موتور را به بهترین شیوه و در زمان مناسب فراهم می‌کند.

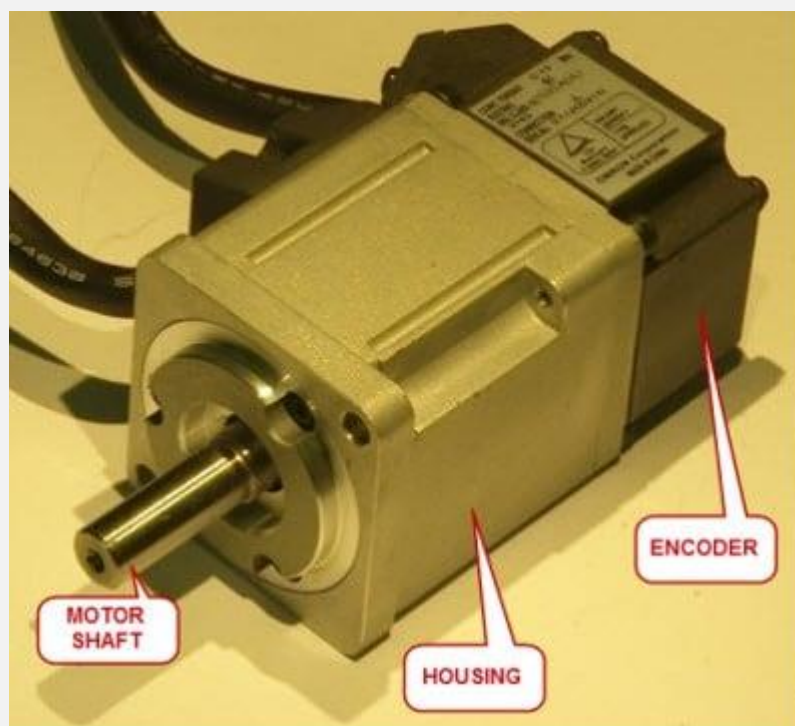
۳. یک انکودر: از انکودر به منظور فیدبک‌گیری از وضعیت موتور استفاده می‌شود.



ساختمان سرو موتور

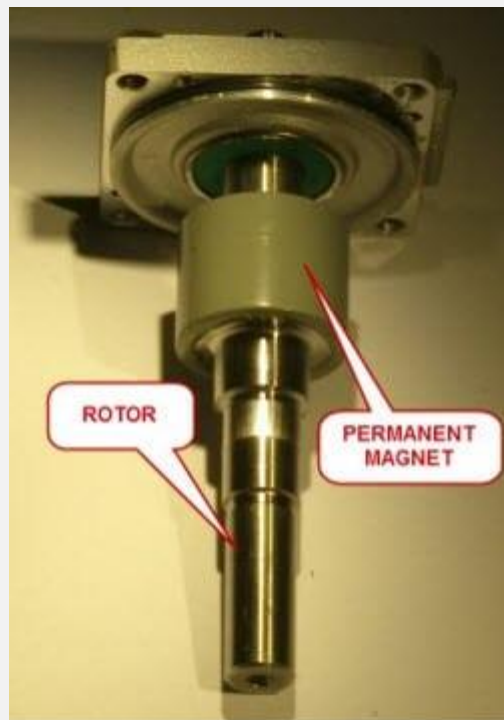
در ادامه مبحث سرو موتور چیست:

در مصارف صنعتی، رایج‌ترین سرو موتورهایی که استفاده می‌شوند براساس طراحی موتورهای بدون جاروبک هستند. روتور یک مغنطیس دائم بسیار قوی را دارا است؛ از طرف دیگر استاتور با سیم‌پیچی‌های (کویل) مجزا پوشیده شده است و با برق‌دار کردن این سیم‌پیچی‌ها با ترتیبی مشخص، می‌توان روتور را به گردش درآورد. در صورت تنظیم کردن زمان و جریان صحیح در سیم‌پیچی‌های استاتور، آنگاه میزان و شدت گردش روتور بستگی دارد به فرکانس، فاز، قطب‌ها و میزان جریانی که به استاتور وارد می‌شود.



دیسک انکودر برای سرو موتور





سرو درایو چیست

عملکرد سرو درایو و سرو موتور

سرو موتورهای متناسب با طراحی داخلی‌شان به منبع تغذیه‌ای نیاز دارند. که این توان (تغذیه) مورد نیاز از طریق سرو درایو فراهم می‌گردد. درایو، توان مورد نیاز سرو را در زمان نیاز و به میزانی که مورد نیاز است، تولید می‌کند. همچنین با استفاده از انکودر، از موتور فیدبک گرفته و با بررسی وضعیت موتور از نظر موقعیت یا سرعت یا گشتاور، تغییرات لازم را ایجاد می‌کنیم.

کارکردهای دیگر درایو عبارتند از:

۱. ایجاد ارتباط با موشن کنترلر

۲. خواندن اطلاعاتی که از طریق انکودر فیدبک گرفته شده است و ایجاد تنظیمات مناسب برای رسیدن به کنترل حلقه بسته‌ی مطلوب

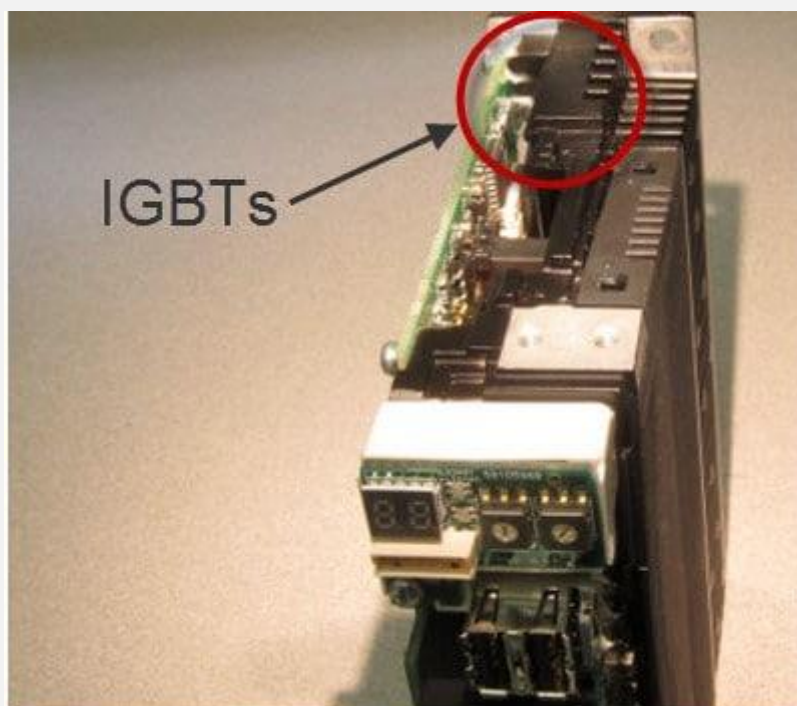


کنترل توان سرو درایو

سرو درایوهای امروزی از شبکه‌ای از ترانزیستورهای قدرت که Insulated Gate Bi-Polar Transistors (IGBT) نامیده می‌شوند به منظور کنترل توان سرو موتور بهره‌مند هستند.

IGBT ها به علت بهره‌مندی از سوئیچینگ قوی در جریان‌های بالا برای این کاربرد بسیار مناسب خواهند بود. مدار IGBT مداری قدرتمند و بسیار دقیق می‌باشد که از طریق درایو کنترل شده تا ولتاژ، جریان، فرکانس، قطبیت و فاز مناسب با طراحی سرو موتور تولید شود.

به همین علت، درایوها عموماً به همراه یک سری از سرو موتورهای خاص ارائه می‌شوند.

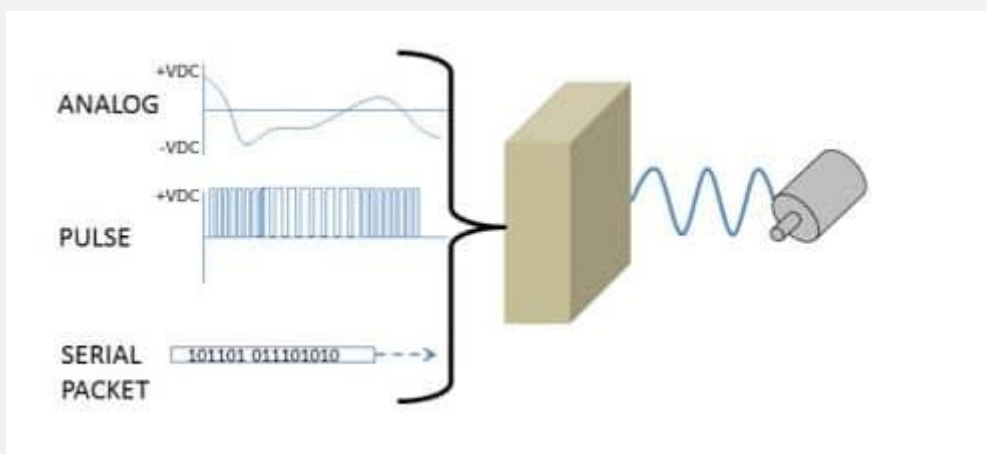


سیگنال‌های فرمان سرو درایو

براساس اطلاعاتی که در برنامه‌ی موشن کنترل (برنامه‌ی کنترل حرکت) ذخیره‌سازی شده است، درایو سیگنال‌هایی را دریافت کرده تا موشن پروفایل خاصی را دنبال کند و ما را به نتیجه‌ی مطلوب برساند.

سیگنالی که از موشن کنترلر به سرو درایو ارسال می‌شود ممکن است هریک از حالت‌های زیر باشد:

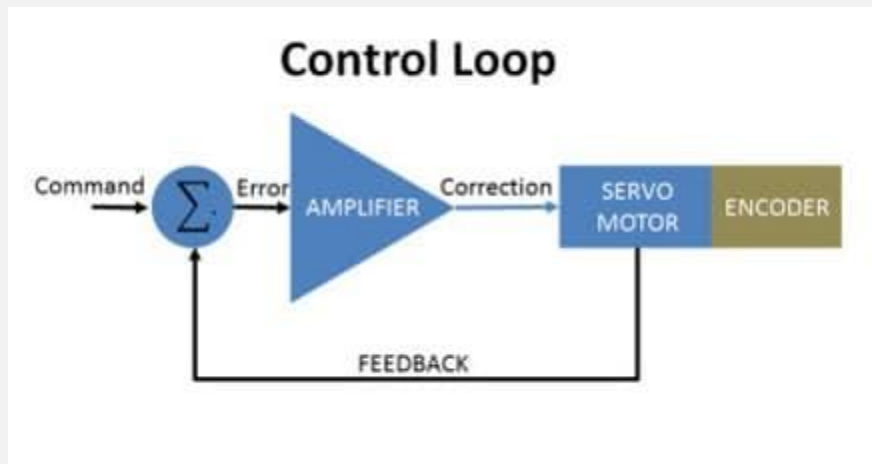
- ولتاژ آنالوگ DC (مثلا ما بین $+12$ و -12 ولت)
- قطار ضربه‌ها (قطار پالس‌ها)
- داده‌های اینترنتی (سریال) (۰ و ۱های سریالی)



فیدبک سرو موتور چیست؟

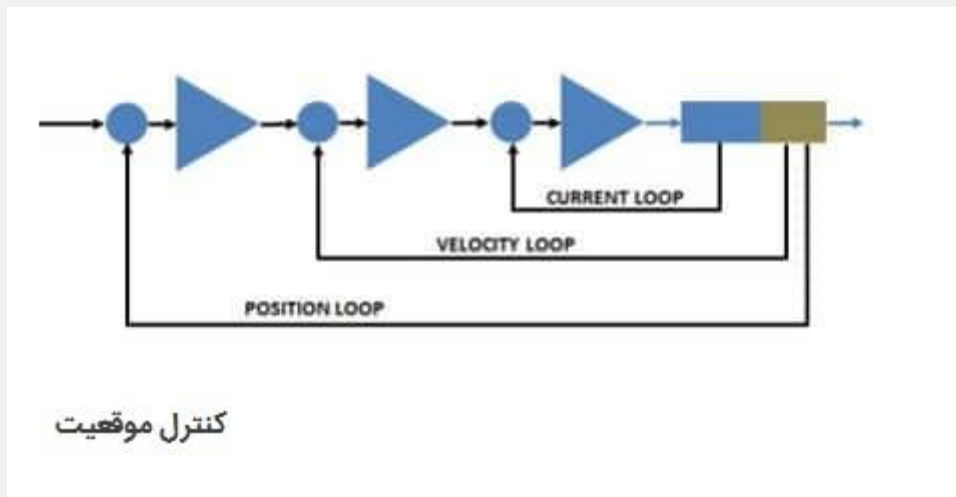
سرو موتور و سرو درایو همزمان باهم کار کرده و با بهره‌گیری از یک فیدبک مناسب، یک چرخه‌ی حلقه بسته را ایجاد می‌کنیم. این کار باعث می‌شود که خطا کاهش یافته و بتوانیم به مقادیر مطلوبمان دست یابیم. با استفاده از فیدبک، مقدار فعلی سرعت، موقعیت یا گشتاور را با مقدار مطلوبمان مقایسه کرده و خطای بین این دو مقدار را تشخیص می‌دهیم.

سپس با بهره‌مندی از اطلاعات بدست آمده و خطایی که محاسبه شده است، سرو درایو، وضعیت سرو موتور را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که به مقادیر مطلوبمان دست یابیم. چرخه‌ی فیدبک‌گیری، خطایابی و تصحیح خطا را حلقه‌ی کنترلی (کنترل حلقه بسته) می‌گوییم.



حلقه‌های کنترلی در سرو موتور چیست؟

فراهم سازی حلقه‌های کنترلی اینگونه است که با بهره‌مندی از سرو درایو یا موشن کنترلر یا هردوی اینها (متناسب با کاربردمان و استراتژی‌ای که در نظر داریم)، اطلاعاتی را بدست آورده و به حلقه‌های کنترلی و فیدبک‌گیری، دست می‌یابیم. برای موقعیت، سرعت و گشتاور، حلقه‌های کنترلی مجزایی استفاده شده تا متناسب با نوع حرکتی که داریم، به مقادیر مطلوبمان دست یابیم. البته برای تمامی کاربردها، نیازی به تمامی این حلقه‌های کنترلی نداریم. در برخی کاربردها فقط به حلقه‌ی جریان برای رسیدن به گشتاور مناسب نیاز داریم. برخی مواقع هم به حلقه‌ی جریان و هم به حلقه‌ی سرعت برای کنترل سرعت نیازمندیم و در آخر برای برخی از کاربردها به هر سه‌ی این حلقه‌های کنترلی برای کنترل موقعیت نیازمندیم.



کنترل موقعیت (Position Control) با سرو موتور

موقعیت بیانگر وضعیت زاویه‌ای شفت سرو موتور یا در برخی موارد تجهیزاتی که به شفت موتور متصل بوده هستند. هنگامی که به سرو موتور دستور می‌رسد که به موقعیت دیگری برو. انکودر موقعیت فعلی موتور را به سرو درایو یا گاهی مستقیماً به کنترل‌کننده می‌فرستد.

حلقه‌ی موقعیت (position loop)، مقدار دریافتی را با وضعیت فعلی مقایسه کرده (از طریق پارامترهای تنظیمی و خطایابی در حلقه‌های کنترلی) و درایو به طور اتوماتیک موقعیت موتور را به وضعیت مطلوب می‌رساند. در واقع، سرو موتور دقیقاً آنچه را که دستور می‌گیرد، انجام داده و در صورتی که تغییری در موقعیت ایجاد شود یا مثلاً باری با توان بیشتر به موتور متصل گردد، با فیدبک‌گیری‌های مجدد درایو دستور می‌دهد که نیروی کمتر یا بیشتری به سرو برسد و همچنین رفتاری آرام‌تر برای رسیدن به وضعیت مطلوب را داشته باشد تا با مقاومت افزوده شده مقابله شود و حادثه‌ای رخ ندهد.

کنترل سرعت سرو موتور (Velocity Control) با سرو موتور

سرعت به معنای تندى و جهت حرکت سرو موتور است. هنگامی که به سرو موتور دستور می‌رسد که سرعت را افزایش یا کاهش بدهد، انکودر سرو، سیگنالی را از تندى و جهت فعلی موتور به سرو درایو ارسال می‌کند. حلقه‌ی سرعت (Velocity loop)، مقدار دریافتی را با سرعت فعلی مقایسه کرده (از طریق پارامترهای تنظیمی و خطا یابی در حلقه‌های کنترلی) و درایو به طور اتوماتیک سرعت موتور را در زمانی واقعی به مقدار مطلوب رسانده تا برنامه به خوبی پیش برود.

سرو موتور برنامه‌ی دریافتی را انجام داده و اگر تغییراتی در سیستم ایجاد شود، مثلاً اگر باری سنگین به موتور متصل شود، دوباره حلقه‌ی کنترلی سرعت طی شده و درایو با تنظیم کردن شرایط و ارسال فرامین جدید، موتور را به سرعت مطلوب می‌رساند.

کنترل گشتاور سرو موتور (Torque Control)

گشتاور، نیروی گردشی است که توسط موتور تولید می‌شود. مقدار گشتاور متناسب است با جریان موثری که در کویل استاتور موتور وارد می‌شود. هرچه جریان داده شده به موتور بیشتر باشد، گشتاور تولیدی نیز بیشتر خواهد بود. سرو درایو، میزان جریان موثر استاتور را فیدبک گرفته و بررسی کرده و به طور اتوماتیک جریان مناسب و مورد نیاز سرو موتور را تنظیم می‌کند. به حلقه‌ی جریان (لوپ جریان)، حلقه‌ی گشتاور (لوپ گشتاور) نیز گفته می‌شود.

فیدبک انکودر در سرو موتور چیست ؟

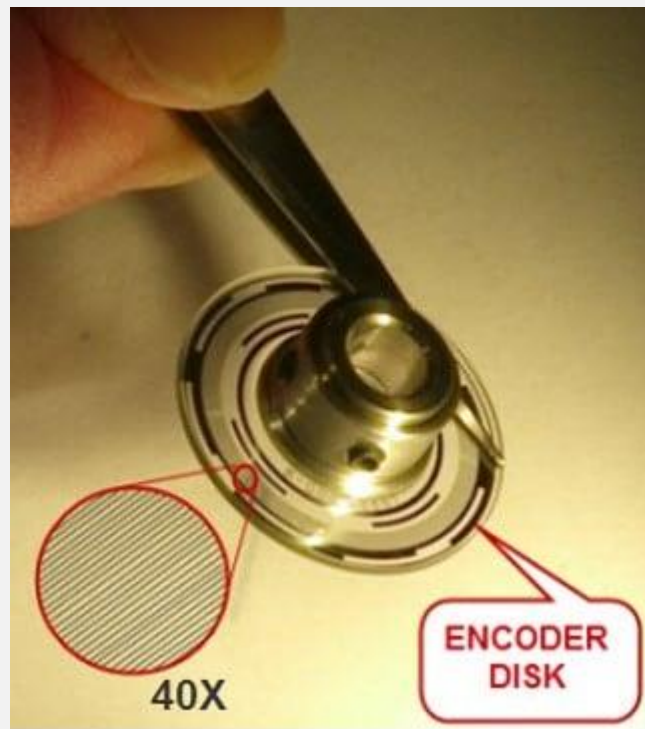
انکودر، یک وسیله‌ی ضروری در طراحی سیستم‌های سرو می‌باشد که فیدبک سرعت و موقعیت را فراهم می‌کند. معمولاً انکودر داخل سرو جاسازی شده یا آنکه به سرو موتورش متصل شده است. البته در برخی کاربردهای محدود، انکودر به عنوان یک بخش مجزا بوده و دور از سرو موتور نصب می‌شود. نصب از راه دور، این امکان را به انکودر می‌دهد که پارامترهای دیگری را نیز که بر عملکرد سرو موتور اثر گذار هستند را شناسایی کرده و گزارش دهد.

انکودرها به دو نوع اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. انکودرهای افزایشی (INCREMENTAL encoders)

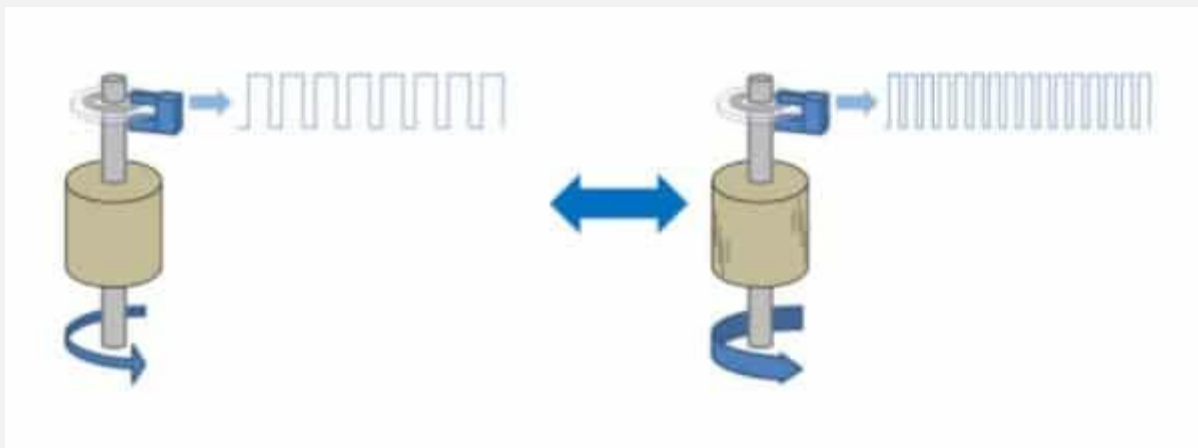
۲. انکودرهای مطلق (ABSOLUTE encoders)

ساختار فیزیکی انکودر، مشخص کننده‌ی نوع سیگنال فیدبک داده شده می‌باشد. در ادامه به بررسی این موضوع خواهیم پرداخت.



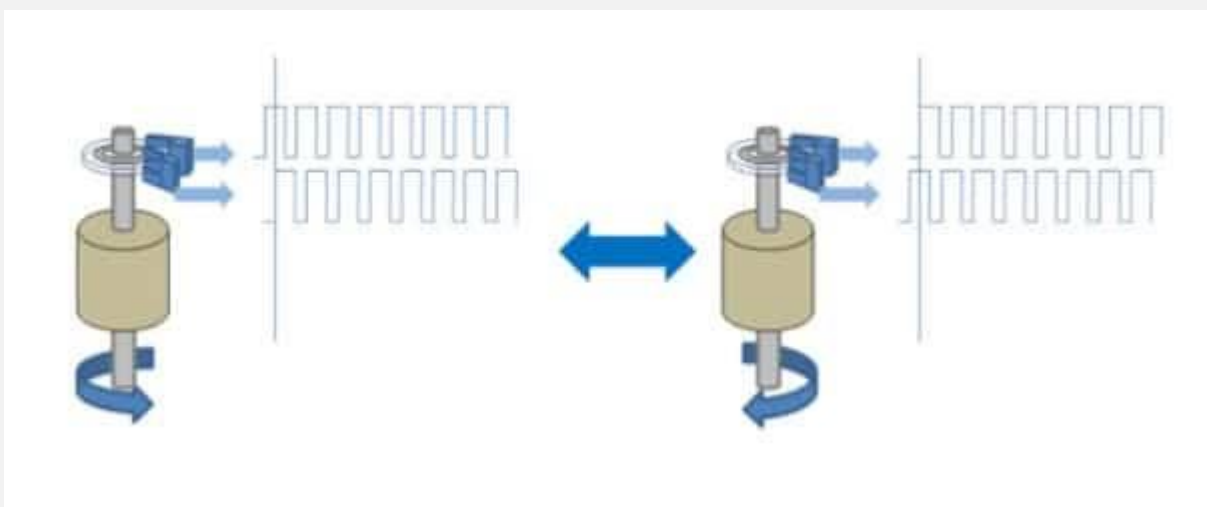
انکودرهای افزایشی (INCREMENTAL encoders)

انکودرهای افزایشی نوری از یک دیسک شیشه‌ای شفاف بهره‌مند بوده که مجموعه‌ای از خطوط شعاعی با فواصل منظم بر روی آن چاپ شده است. دیسک به محور روتور بسته شده است و همزمان با روتور می‌چرخد. خطوط چاپ شده بر روی دیسک از طریق سنسورهای نوری تشخیص داده خواهد شد. خروجی سنسور هر دفعه تغییر کرده و رفتاری شبیه به روشن و خاموش شدن دارد. سرعت این رفتار تکراری، متناسب با سرعت روتور می‌باشد. خروجی انکودر یک سیگنال قطاری می‌باشد که متناسب با سرعت روتور است. تا به اینجا فقط قادر به تشخیص سریع بودن گردش روتور بوده و جهت گردش روتور را تشخیص نمی‌دهیم.



به منظور تشخیص جهت گردش، بایستی از یک سنسور نوری دیگر با فاصله‌ای مشخص از سنسور اصلی‌مان استفاده کنیم. سنسور دیگر به گونه‌ای جایگذاری می‌شود که پالس‌ها (بالا و پایین شدن پالس‌ها) تشخیص داده شده توسط این سنسور، دارای اختلاف فازی ۹۰ درجه‌ای با سنسور اصلی‌مان باشد. از این طریق، همان‌طور که در تصویر زیر مشاهده می‌کنید (تقدم یا تاخر فازی)، جهت گردش مشخص می‌شود. این رفتار بین پالس‌ها به رفتار کوآدراتوری نیز شناخته می‌شود.

با مقایسه کردن این دو سیگنال، علاوه بر تشخیص سرعت گردش، جهت گردش را نیز می‌توانیم تشخیص دهیم



به جهت گردش روتورها و پالس‌ها دقت نمایند.

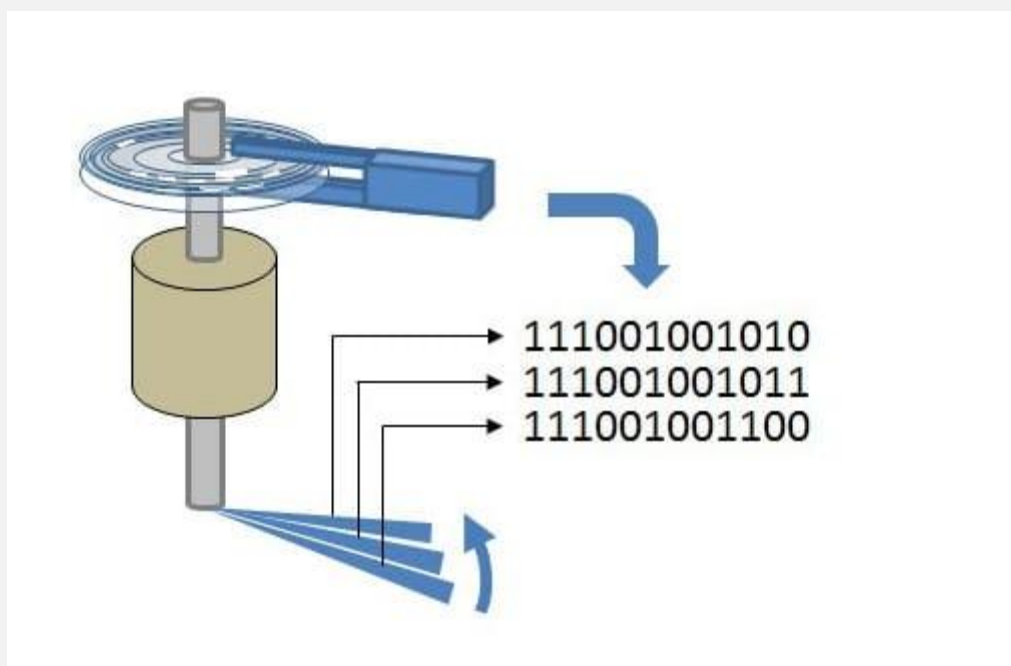
علاوه بر مطالب ارائه شده، انکودرها ممکن است از خروجی دیگری هم پشتیبانی کنند. این خروجی، پالسی می‌باشد که فقط یکبار در هر گردش انکودر، خروجی می‌دهد (ON می‌شود). از این سیگنال به منظور شناسایی موقعیت شروع (home) یا موقعیت مرجع استفاده می‌شود.

انکودرهای افزایشی از این پالس مرجع به عنوان تشخیص نقطه‌ی شروع استفاده کرده و با شمارش تعداد پالس‌های عبوری پس از آن، علاوه بر تشخیص سرعت، موقعیت دقیق روتور را هم تشخیص می‌دهند.

انکودرهای مطلق (ABSOLUTE encoders)

انکودرهای مطلق نیز دارای یک دیسک شفاف هستند. البته به جای خطوط شعاعی، در این انکودرها بر روی دیسک یک الگویی که شامل ناحیه‌های روشن و مات بوده و براساس کدهای باینری (کدهای ۰ و ۱) مرتب شده‌اند، حک شده است. هر بیت از این کد، یک شیار مجزایی از دیسک را اشغال کرده و همه‌ی این شیارها (بیت‌ها) با استفاده از یک سنسور نوری که به موازات این دیسک قرار داده شده است، خوانده می‌شود.

این کدها، سطح روی این دیسک را تشکیل داده و هر کد منحصر به یک موقعیت زاویه‌ای مشخصی از شفت موتور است. این کدها ممکن است در انکودر استفاده شده یا اینکه به صورت یک سریالی از داده‌ها برای خروجی ارسال شوند.



رزولوشن در اینکدر

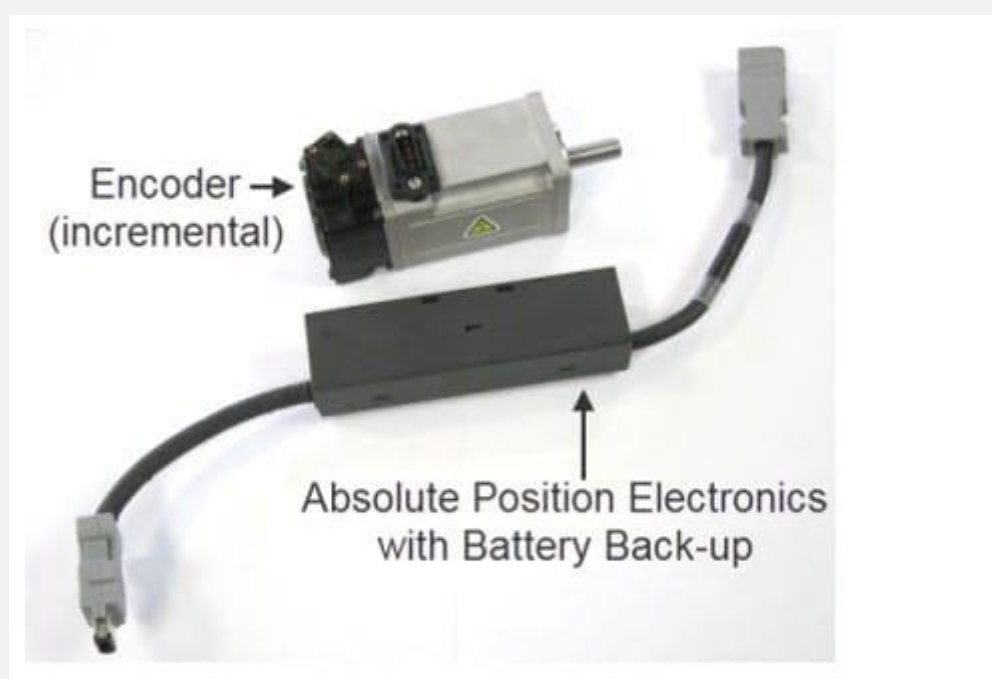
تعداد کدهایی که بر روی این دیسک تعبیه شده است، مشخص کننده‌ی میزان رزولوشن زاویه‌ای و دقت انکودر می‌باشد. از نظر تئوری، یک انکودر با رزولوشن ۱۲ بیت، قادر به فراهم کردن ۴۰۹۶ کد منحصر به فرد بر روی یک دیسک (۳۶۰ درجه) بوده یا به عبارت دیگر هر ۰/۰۸۸ درجه دارای یک کد منحصر به فرد است.

(در یک مجموعه کد ۱۲ بیتی، برای هر بیت می‌توان دو حالت ۰ یا ۱ را داشت، پس در مجموع ۲ به توان ۱۲ حالت داشته، که می‌شود ۴۰۹۶ حالت)

عوامل مختلفی در انتخاب انکودرهای مختلف با کدهای مختلف موثر است، ولیکن انکودرهای ۲۰ بیتی یا بیشتر، عملاً کاربردی ندارند.

شیوه‌ای دیگر برای تشخیص دادن دقیق موقعیت، استفاده از یک نوع خاصی از انکودرهای افزایشی به همراه یک حافظه‌ی سخت‌افزاری و یک نرم‌افزاری ویژه می‌باشد. این نرم‌افزار، موقعیت دیسک انکودر را شبیه سازی کرده و به نتایج بهتری دست می‌یابیم. به مجموع این‌ها یک انکودر مطلق می‌گویند.

در این مدل، دستگاه از پالس‌ها افزایشی که از انکودر بدست می‌آید، استفاده کرده و در حافظه، موقعیتی مجازی را شبیه‌سازی و تولید می‌کند. در نتیجه هر لحظه موقعیت موتور را داشته و این موقعیت حتی اگر توان سیستم قطع شود، با استفاده از باتری نگهداری می‌شود. هر دو مدل از انکودرهای مطلق، توانایی فیدبک‌دهی دقیق موقعیت مورد نیاز را داشته و می‌توانند اطلاعات مورد نیاز سرو درایو را فراهم کنند.



انرژی ترمز

انرژی ترمز در سرو موتور چیست : احتمالا از این که متوجه شوید که سرو موتورها قادر به تولید الکتریسیته نیز می‌باشند، شگفت زده شوید. اگر یک سرو موتور را با یک نیروی خارجی به حرکت درآوریم (مثلا با دست آن را بچرخانیم)، جریانی الکتریکی در استاتور القاء می‌شود. هنگامی که یک سرو، تجهیزات را به طور عمودی بالا می‌برد، سرو در حال عمل کردن در خلاف نیروی جاذبه‌ی زمین بوده و به گشتاور بیشتری نیاز دارد. اما هنگامی که در حال پایین آوردن تجهیزات است، جاذبه به گردش موتور کمک می‌کند.

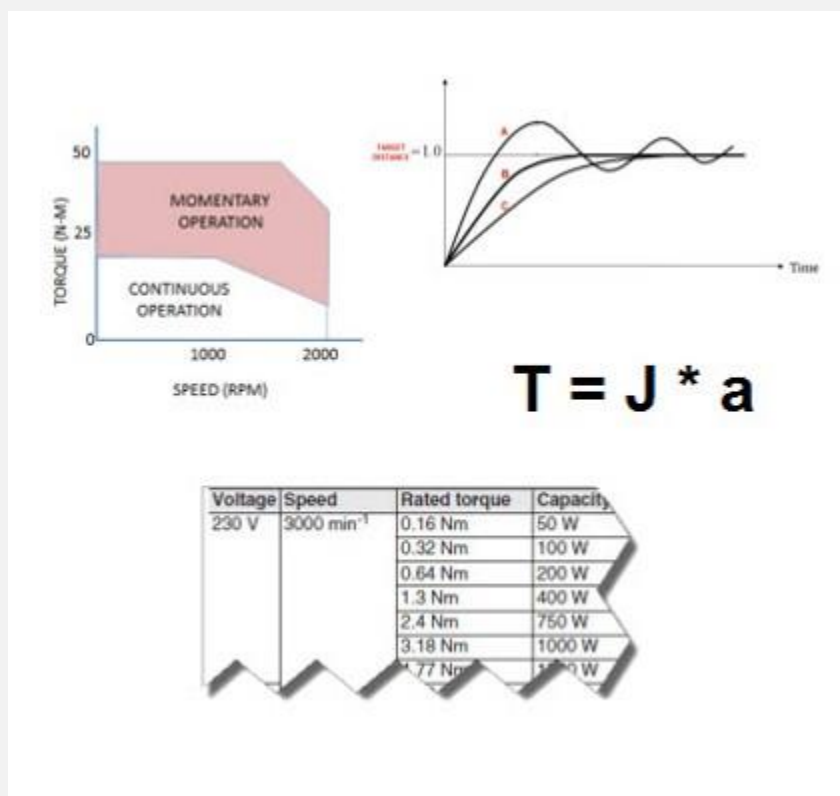
در تغییر وضعیت اجسام در حالت افقی، هنگامی که درایو یک بار سنگین را سرعتش را کم می‌کند، اینرسی بار می‌خواهد که با این تغییر وضعیت مقابله کرده و موتور در همان حالت باقی بماند. این انرژی الکتریکی اضافی که بسیار هم زیاد می‌باشد را بایستی جذب کرده یا به نحوی حذف کرد.

به این انرژی، انرژی احیا شده یا انرژی ترمز می‌گویند و سرو درایو به گونه‌ای طراحی می‌شود که مقداری از این نیرو را جذب کند. اگر این نیرو بیش از حد باشد، بایستی از یک ترمز مقاومت بیرونی نیز برای حذف کردن این انرژی به صورت گرما استفاده شود. قسمت قرمز رنگ، بیانگر انرژی جذب شده است.

عوامل موثر در سرو موتور

در این بخش به دو عامل اصلی و اثر گذار بر کارایی سرو ها خواهیم پرداخت:

۱. سایز موتور سرو (Servo Motor Sizing)
۲. تنظیم سیستم سرو (Servo System Tuning)



سایز سرو (Servo Size)

منظور ما از عبارت سایز سرو چیست؟

فقط سایز و ابعاد فیزیکی سرو موتور؟

گشتاوری که موتور قادر به تولید کردن آن است؟

توانی (ولتاژ یا جریانی) که موتور قادر به کنترل و مدیریت آن خواهد بود؟

در حقیقت، هر سه‌ی این‌ها به هم وابسته بوده و تعریف صحیحی

هستند. اگر هریک از این عبارات را به عنوان توضیح مناسبی برای سایز

موتور انتخاب کنیم به دو مورد دیگر هم اشاره کرده‌ایم. در اینجا منظورمان از سایز، فقط ابعاد فیزیکی نمی‌باشد، بلکه سایز موتور هرچه بزرگ‌تر باشد، موتور توان بیشتری را می‌تواند تولید کند و فقط به این معنا نیست که موتور فضای بیشتری را اشغال می‌کند. این بدان معناست که انتخاب ابعاد یک موتور، کاملاً با کاربردی که از موتور انتظار داشته و گشتاور و توان مورد نیاز در ارتباط است.

در درس بعدی به بررسی عوامل موثر بر سایز موتور خواهیم پرداخت.



تنظیم سیستم سرو (Servo Tuning)

حتی اگر سرو موتور و تجهیزات مرتبط دیگر را به درستی و با کیفیت بالایی انتخاب کنیم، هیچ ضمانتی برای کارایی سیستم وجود ندارد. فرض کنید که شما یک پیانو دارید، اگر سال‌ها پیش این پیانو را کوک کرده باشید ولیکن دیگر به سراغ آن نرفته باشید یا اینکه اصلاً آن را کوک نکرده باشید، چه انتظاری از این پیانو دارید؟ آیا می‌توانید امیدوار به داشتن یک موسیقی دلنواز باشید؟

برای دستیابی به بهترین کارایی یک سیستم کنترل سرو، بایستی حتما این سیستم سرو را تنظیم و یا به عبارت دیگر میزان (میزون) کنیم.

در درس‌های بعدی به تاثیر تنظیم سیستم سرو در کارایی سیستم خواهیم پرداخت.

سایز موتور

سایز موتور از اصلی‌ترین عوامل موثر بر کارایی سرو است. اما چه عواملی بر سایز موتور اثر گذارند. مصرف‌کننده‌ای که سرو به حرکت در می‌آورد و نوع حرکتی که دارد یک سرو موتور بایستی نیروی لازم برای حرکت تجهیزات کارخانه در سرعت‌های مشخص و برای مسافت‌های معینی را تولید کند.

تجهیزاتی که به سرو موتور متصل می‌باشند را لود (load) (مصرف کننده) می‌نامند. اگر سرو موتور به اندازه‌ی کافی بزرگ نباشد، ممکن است قادر به پاسخ‌گویی به نیازهای برنامه نباشد. برای مثال، موتور ممکن است جسم را به حرکت درآورد ولیکن نتواند جسم را به سرعت موردنظر برساند یا اینکه حتی قادر به حرکت دادن موتور در سرعت مناسبی باشد اما مسافت موردنظر را نتواند جابه‌جا کند. مثلا در کاربردهایی مانند کاربرد زیر، عواقب احتمالی که در بالا ذکر شد، ممکن است بسیار خسارت آور باشد. به شرکت معروف تولید کننده‌ی بیسکویت که بسته‌های خالی به مشتری می‌دهد. قطعا میزان نیرویی که سرو بایستی تولید کند، مسئله‌ی بسیار مهمی است.

نیروی حرکت‌دهنده‌ی بار

یک سرو موتور گردشی تمامی تجهیزاتی را که به قسمت خروجی موتور، یعنی شفت (محور) موتور، متصل هستند را به حرکت در می‌آورد. برای حرکت‌های گردشی همانند حرکت شفت موتور، نیرویی که لازم است از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$T = J * a$$

T یعنی گشتاور (Torque) اسمی است که به این نیروی گردشی می‌گویند. گشتاور، نیرویی است که سرو موتور برای به حرکت درآوردن بار نیاز به تولید آن دارد.

A یعنی شتاب زاویه‌ای (angular acceleration). بیانگر چگونگی و میزان سرعتی است که مصرف کننده برای یک مسافت مشخص داشته باشد (از نماد "w امگا" نیز استفاده می‌شود).

J یعنی اینرسی (moment of inertia)، شاید اینرسی برای شما چندان آشنا نباشد. فلذا به بررسی مفهوم اینرسی و اینرسی لحظه‌ای می‌پردازیم.

اینرسی و اینرسی لحظه‌ای

اینرسی یکی از ویژگی‌های جرم است که بیانگر مقاومت در برابر تغییر در حرکت است. یک قطار باربری طویل، بسیار بزرگ و سنگین است. این قطار به نیروی بسیار زیادی برای راه‌اندازی و شروع به حرکت نیاز دارد. هنگامی که دیگر قطار شتاب گرفته و به شتابی نیاز ندارد، نیروی لازم

برای ماندن در همان سرعت و نگهداری این وضعیت بسیار کمتر است.



هنگامی که تصمیم بر کاهش سرعت و توقف را داریم، دوباره به نیروی نسبتاً زیادی نیاز داریم. این قطار بزرگ می‌خواهد که با کاهش سرعت مخالفت کرده و در همان حالت قبلی بماند (مقاومت در برابر تغییر در حرکت) که به این مقاومت در برابر تغییر وضعیت، اینرسی می‌گوییم.

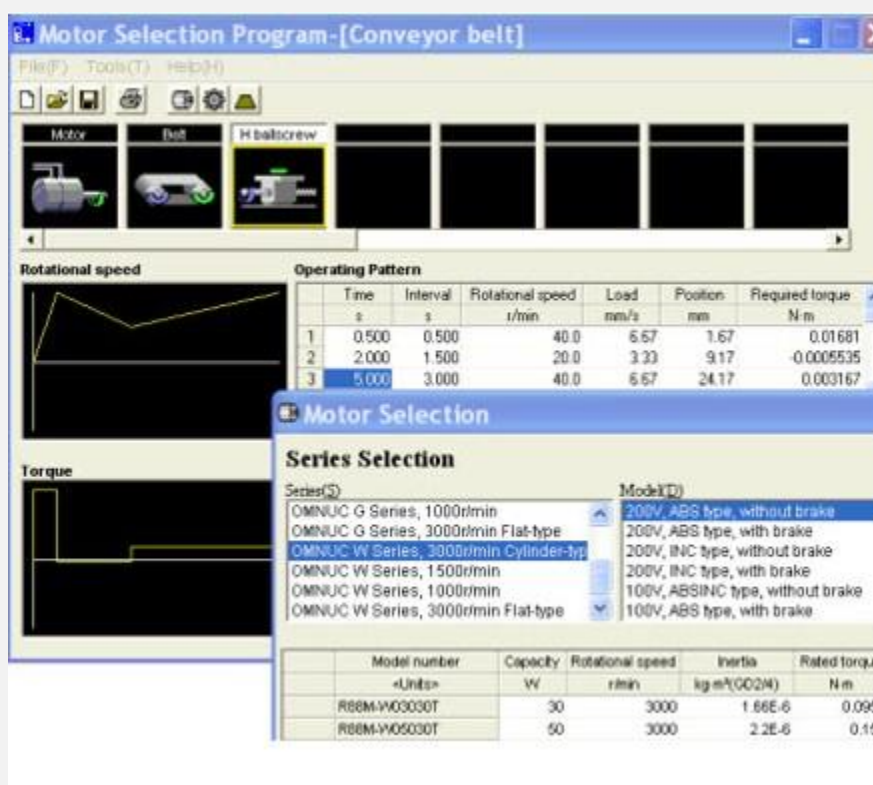
اینرسی لحظه‌ای، بیانگر مقاومت یک شیء گردان در برابر تغییر در حرکت در هر لحظه است. اینرسی لحظه‌ای فقط از جرم جسم ناشی نشده بلکه میزان توزیع جرم جسم با توجه به مرکز ثقل و مرکز گردش نیز حائز اهمیت است.

سایز مناسب سرو (Correct Servo Size)

سرو موتورهای مدل‌های مختلف، گشتاورهایی با مقادیر متفاوت را برای کاربردهای متنوعی، تولید می‌کنند. یک سرو موتور بایستی بر اینرسی تمام تجهیزاتی که به آن متصل شده است غلبه کند. بنابراین نیاز به تولید

گشتاور کافی (نیروی کافی) برای شتاب گرفتن، حرکت، توقف، استارت در سرعت مورد نیاز برای هر کاربرد است. مهندسين کنترل و حرکت آموزش می‌بینند که هم اینرسی کل و هم گشتاور کل مورد نیاز را محاسبه کنند. نرم‌افزارهایی نیز برای محاسبه‌ی آسان‌تر این مقادیر وجود دارد.

در هر صورت قبل از انتخاب سائز مناسب برای یک موتور بایستی اینرسی کل و گشتاور کل مجاسبه شوند. همان‌طور که در تصویر زیر مشاهده می‌کنید، نرم‌افزارهایی برای محاسبه‌ی سائز مناسب موتور وجود دارند که این کار را به راحتی انجام می‌دهند.



رنج توان و نمودار سرعت

رنج توان سرو موتور

رنج توان یکی از رایج‌ترین معیارهای اندازه‌گیری برای بیان توانایی سرو موتور است. این رنج گذاری و تقسیم بندی بدان خاطر است که شار بیشتر جریان منجر به ایجاد میدان مغناطیسی قوی‌تری شده و این جریان بیشتر یعنی توان بیشتر (وات) این یعنی ایجاد گشتاور بیشتر. به طور کلی رنج کیلو واتی که برای یک موتور بیان می‌شود رابطه‌ی مستقیمی با گشتاور تولید شده دارد. یعنی هر چه این رنج توان بزرگتر باشد، گشتاور بزرگ‌تری نیز تولید می‌شود.

این نکته در تصویر زیر و در ستون‌ها گشتاور (Rated torque) و ظرفیت توان (Capacity) قابل مشاهده است. در کاربردهای عمومی، اولین نکته‌ای که بدان توجه می‌شود، ولتاژی است که برای یک کاربرد در اختیار داریم. سپس با محاسبه‌ی گشتاور و RPM (دور در دقیقه) که برای آن کاربرد نیاز است، به نتیجه‌ای تقریبی و سریع برای انتخاب یک موتور می‌توان دست یافت.

Voltage	Speed	Rated torque	Capacity
230 V	3000 min ⁻¹	0.16 Nm	50 W
		0.32 Nm	100 W
		0.64 Nm	200 W
		1.3 Nm	400 W
		2.4 Nm	750 W
		3.18 Nm	1000 W
		4.77 Nm	1500 W
400 V		2.39 Nm	750 W
		3.18 Nm	1000 W
		4.77 Nm	1500 W
		6.37 Nm	2000 W
		9.55 Nm	3000 W
		12.7 Nm	4000 W
		15.9 Nm	5000 W

نمودار گشتاور و سرعت سرو موتور

گشتاور تولیدی از یک سرو موتور چیست و به چه عواملی وابسته است؟

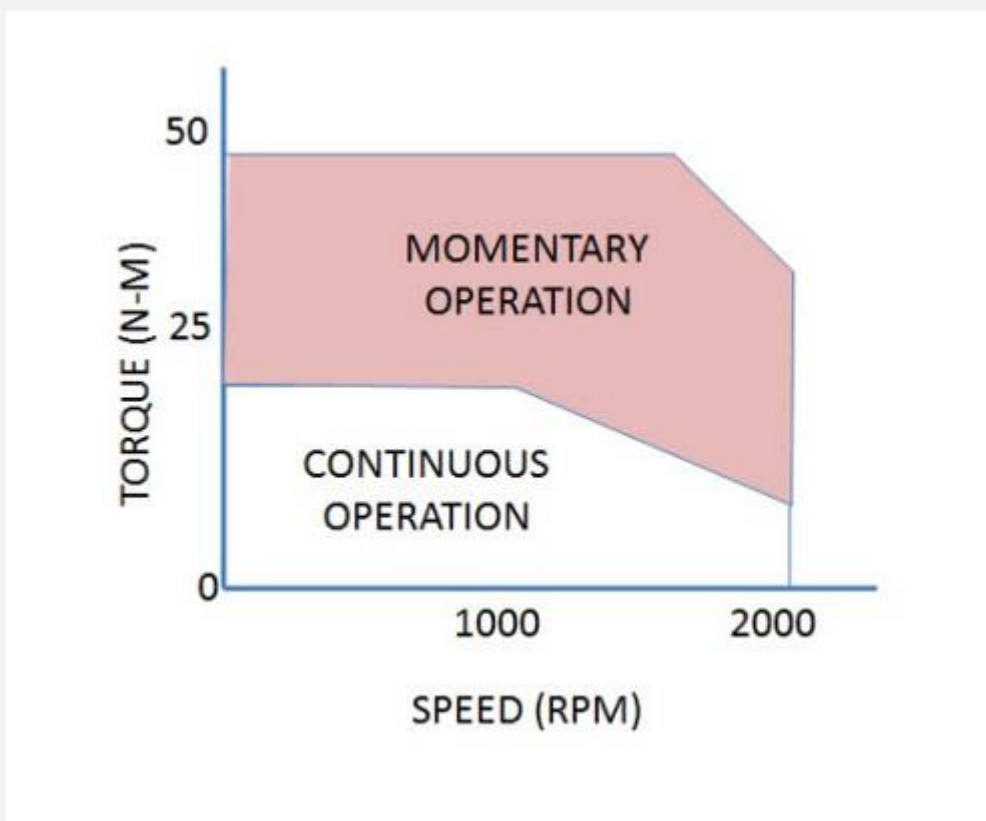
به دو عامل:

۱. رنج توان سرو موتور (Kilo Watts) (بر حسب کیلو وات)

۲. سرعت موتور نیاز در شرایط کاری (RPM) (دور در هر دقیقه)

به طور کلی، هرچه رنج توان یک موتور بیشتر باشد، گشتاور بیشتری را نیز میتواند تولید کند.

نمودار گشتاور-سرعت نشان میدهد که یک موتور خاص در سرعت‌های کاری مختلف چه میزان گشتاور قادر است تولید کند. تولید کنندگان معمولاً از این اطلاعات کمک گرفته تا بتوانند موتور مناسبی را انتخاب کنند. یک سرو موتور ممکن است در ناحیه‌ی متناوب (momentary region) برای مدت زمان اندکی کار کند. موتور قادر است این گشتاور را برای مدت زمان اندکی با ایمنی کامل تحمل کند. یک سرو موتور در ناحیه‌ی ماندگار (continuous region) برای مدت زمان نامحدودی میتواند کار کند، البته تا زمانی که خنک کننده‌ی سرو موتور بتواند کار کند.



تنظیم سیستم سرو موتور

آموختیم که حتی اگر در یک سیستم سرو از بهترین تجهیزات استفاده کنیم، در صورتی که سیستم سرو را تنظیم نکنیم ممن است به نتیجه‌ی مطلوبی دست نیابیم. در ادامه برخی از مواردی که در محاسبه‌ی عملکرد سیستم سرو موثر بوده را معرفی کرده و چگونگی بهبود کارایی را با تنظیم صحیح سیستم سرو خواهیم آموخت.

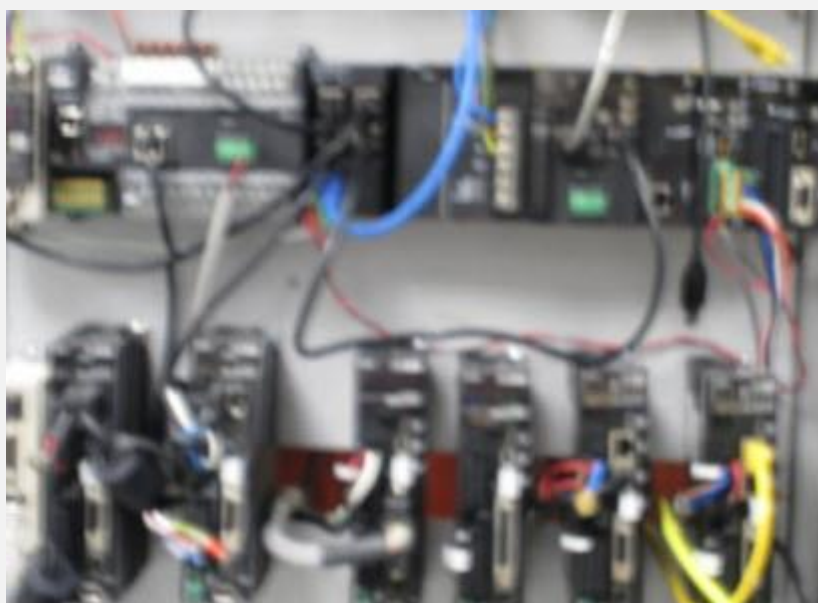
معیارهای عملکرد

هنگامی که در رابطه با یک سیستم سرو صحبت کرده و از عملکرد و کارایی آن صحبت می‌کنیم، به عوامل زیادی از جمله موارد زیر توجه داریم:

- پایداری (Stability)

- خطاهای سرعت (Velocity Errors)
- خطاهای موقعیت (Position Errors)
- سرعت پاسخ (speed of response)
- تشدید (رزونانس) (Resonance)

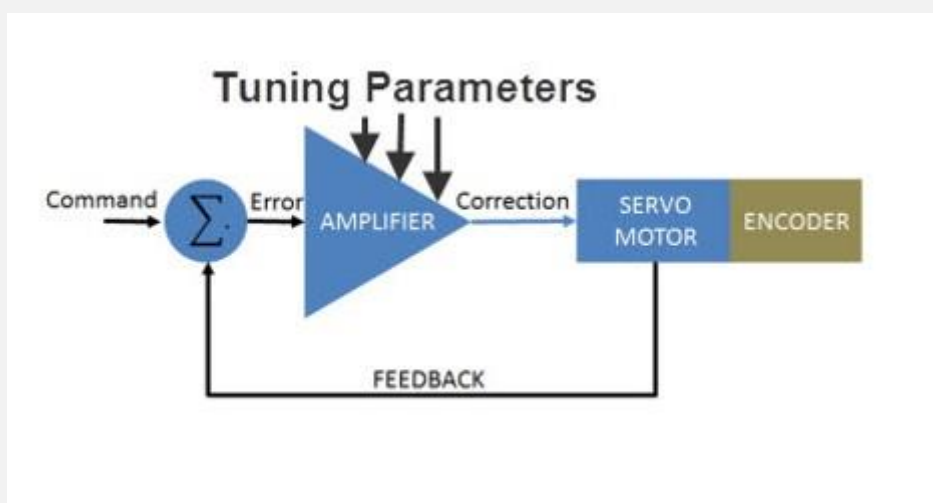
برای مثال، اکثر دوربین‌ها از یک سرو موتور کوچک بیه منظور زووم کردن عدسی قبل از گرفتن عکس توسط شما بهره‌مند هستند. اگر به میزان اندکی خطای موقعیت یا خطای سرعت وجود داشته باشد، نتیجه‌ی مطلوبی بدست نخواهد آمد و عکسی غیر شفاف و نامناسب خواهیم داشت.



این طور خطاهای در صنعت ممکن است منجر به هدر رفتن مواد، نقص محصولات، یا فعل و انفعالات خطرناک در یخش‌هایی که تجهیزات سنگین در حال جابه‌جایی و حرکت هستند، شود.

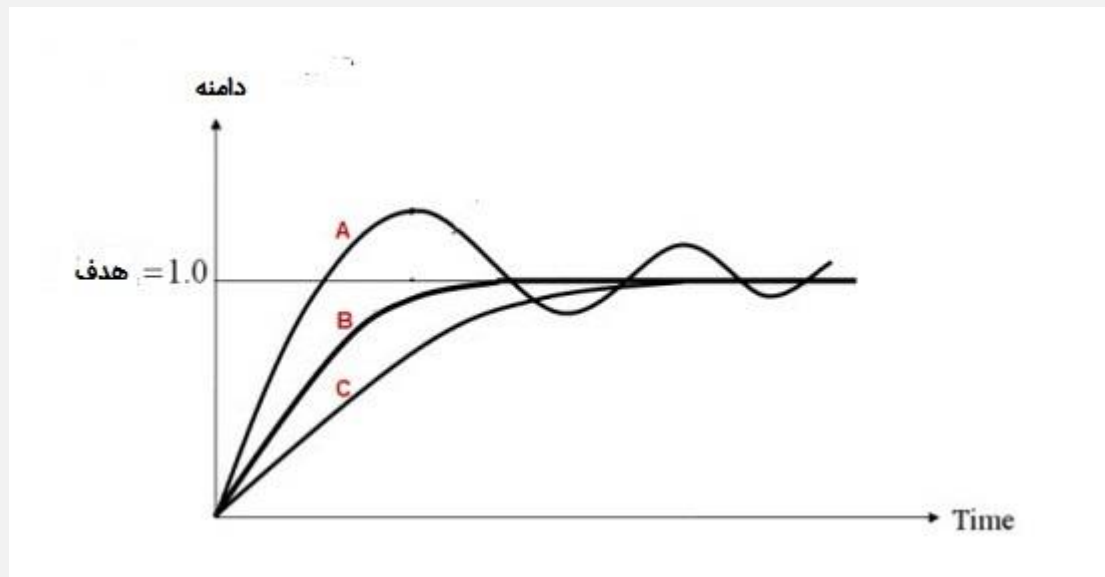
پارامترهای تنظیم‌کننده (Tuning Parameters)

همواره اولین کاری که برای تنظیم یک سیستم انجام می‌شود، اندازه‌گیری خطا بوده و سپس ایجاد یک فیدبک به منظور رساندن این خطا به صفر. تقویت کننده‌ای (amplifier) که به منظور تنظیم سیگنال خطا استفاده می‌شود را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد که سرعت پاسخ و میزان بهبود خطا را تغییر داده و به مقدار مشخصی از خطا دست یافت. به این تنظیم‌کننده‌ها، پارامترهای تنظیم‌کننده می‌گویند.



سرعت پاسخ (Speed of Response)

سرعت پاسخ و رسیدن به پاسخ نهایی به واسطه‌ی پارامترهای تنظیم‌کننده مشخص می‌شود.



منحنی C سیستمی را نشان می‌دهد که فوق میرا است. رفتار این سیستم اورشوت ندارد اما زمان زیادی برای رسیدن به مقدار مطلوب صرف می‌شود. منحنی B سیستمی را نشان می‌دهد که میرای بحرانی است. رفتار این سیستم نیز اورشوت ندارد اما منطقی‌تر و با سرعت بهتری به مقدار مطلوب می‌رسد. منحنی A سیستمی را نشان می‌دهد که نامیرا است. این سیستم، در نزدیکی مقدار مطلوب نوسان کرده و با هر چرخش، بیشتر به مقدار مطلوب نزدیک می‌شود ولیکن هیچگاه بر روی مقدار مطلوب ثابت نمی‌شود.

لرزش مکانیکی

در هر سیستم مکانیکی، میزانی از لرزش و تشدید وجود دارد. لرزش از عوامل متعددی ناشی می‌شود. اتصالات، تسمه، جعبه‌دنده و گیربکس‌ها هریک می‌توانند منجر به ایجاد لرزش در سرو موتور شوند. همچنین آنها می‌توانند منجر به ایجاد خطای سرعت یا موقعیت در سیستم سرو شوند.

خم کردن بار یا حالت شرو بار، تاثیر بسزایی در لرزش و پاسخ نهایی بار دارد. تنظیم صحیح سیستم، می‌تواند لرزش را از بین برده و ما را به جواب مناسبی برساند. مثلاً در مثال فوق مشاهده کردید که در دفعات آخر، سیستم به میزان کمی لرزش داشت و به پاسخ مناسبی رسیده بودیم.

تشدید (Resonance)

تشدید، حالتی از لرزش است و هنگامی اتفاق می‌افتد که فرکانس لرزش به فرکانس طبیعی سیستم مکانیکی نزدیک باشد. در سال ۱۹۴۰ بادهایی با سرعت ۴۰ مایل در هر ساعت "mph" منجر به تشدید و چرخش پل Tacoma Narrows در واشنگتن آمریکا شدند. این پل به سرعت و در اندک زمانی فرو ریخت و برای همیشه ساختار ظاهری آن تغییر کرد. تشدید در سیستم‌های سرو نیز اتفاق می‌افتد. اما از طریق ترکیب و ساختار صحیح مکانیکی و تنظیمات صحیح با استفاده از نرم‌افزاری که بر پایه‌ی فیلتر کردن و کاهش فرکانس تشدید شود، کنترل می‌گردد.

بخش دوم

#۲ آموزش سرو موتور و نحوه کار آن

این بخش از مقاله سرو موتور به چهار قسمت زیر تقسیم بندی می‌شود:

- کنترل حرکت دستگاه‌ها (Machine Motion Control)

- قواعد اصلی حرکت (Basic Motion Principles)
- تکنولوژی و طراحی
- کاربردهای صنعتی

#۱-۲ بخش اول: کنترل حرکت دستگاهها (Machine Motion Control)

تکنولوژی motion (موشن) یکی از کلیدی‌ترین فناوری‌های توانمند در حوزه‌ی اتوماسیون صنعتی و تولیدات امروزی است. بدون motion control، بسیاری از فرآیندهای صنعتی، بسیار پرهزینه‌تر و زمان‌برتر خواهد بود. بسیاری از کارها و فرآیندها بدون سرعت و همزمانی‌ای که کنترل‌کننده‌های حرکت چند محوره تولید می‌کنند، امکان پذیر نیست. سرچشمه و کاربرد کنترل حرکت (motion control)، از هر آنچه شما فکر می‌کنید، قدیمی‌تر است.

چشم‌انداز تاریخی

انسان‌ها بیش از ۳۰۰ سال است که به صورت تفریحی به کنترل و تنظیم حرکت ماشین‌ها و دستگاه‌های مختلف می‌پردازند. در اواسط سال ۱۷۰۰ میلادی آقای پیر جَکت دِروز (Pierre Jaquet-Droz) از فرانسه و بعد از او در سال ۱۸۰۰ میلادی آقای هنری میلاردت (Henri Millardet) از سوئیس، ماشین‌آلاتی را ساختند که قادر به نوشتن و نقاشی کردن بودند.

در تصویر زیر ماشین انسان‌نمای آقای میلاردت را که در موزه‌ی انجمن علمی فرانکلین واقع در فیلادلفیا قرار داده شده است، مشاهده می‌کنید. عروسکی بر روی میزی نشسته و یکی از ۴ تصویر یا سه شعری که برای او تعریف شده است را ترسیم می‌کند.



حرکت خودکار دست این عروسک با بهره‌مندی از یک برنامه‌ی ذخیره شده، کنترل می‌شود. البته با فقدانی که در آن زمان نسبت به الکترونیک مدرن امروزی داشتیم، میلاردت حرکت دست این هنرمند عروسکی را در برش‌های کامپوننت مکانیکی ذخیره سازی می‌کرد. حرکت این کامپوننت‌ها و دندانه‌های فلزی در کابینت شیشه‌ای که پایین عروسک قرار گرفته است، قابل‌رویت می‌باشد و از طریق حلقه زنجیرهای مکانیکی به بازوی عروسک متصل شده است. این پیوند، بازوی عروسک را در جهات

x, y, z (بالا و پایین، چپ و راست، جلو و عقب) به حرکت در آورده و دست عروسک را به حرکت در می‌آورد.



نیازمندی دنیای امروز به motion controller

پیچیدگی کاربردها

ماشین خودکار میلاردت، فقط به سه محور حرکت (x, y, z) و کشیدن یک تصویر یا نوشتن یک شعر نیازمند بود. اما فرآیندهای مدرن صنعتی معمولاً به ۱۰ محور حرکت یا بیشتر نیازمند هستند. در یک سیستم کنترلی چند محوره‌ی مدرن، جهت (هدایت)، شتاب، سرعت و گشتاور (نیروی چرخشی) همه‌ی محورها به منظور هرچه بهتر انجام شدن یک فرآیند با دیگر محورها هماهنگ می‌شود. موتورهای قدرتمند و مدارها و بردهای الکترونیکی پیچیده، با استفاده از برنامه‌ی کاربر و دستوراتی که به سیستم‌های پردازنده از جمله موشن کنترلرها ارسال می‌شود، کنترل می‌شوند.



نیازمندی‌های دنیای امروز و سرو موتورها

بسیاری از برنامه‌های کاربردی امروزی، با توجه به نیازهای تولیدات صنعتی شکل می‌گیرند.

در ادامه، دلایلی که منجر به فراگیر شدن کنترل حرکت (motion control) شده است:

- بازوهای روبات‌ها برای جوشکاری و نقاشی ماشین‌ها
- دستگاه‌های بسته بندی کننده‌ی چیپس‌های سرکه‌ای
- ماشین‌الا برش برای لوله‌کشی‌ها و چوب‌کاری‌ها

هواپیماهای بی‌سرنشین و پهبادها که به درستی به مقصد مورد نظر پرواز می‌کنند. و بسیاری از کاربردهای دیگر. حتی شیشه‌ی ماشین شما و بالا و

پایین آوردن آن یکی از شکل‌های کنترل حرکت (motion control) است.



۳/۱ معرفی چند قانون اصلی

در این بخش، قوانین اصلی و پایه‌ای کنترل حرکت را بررسی کرده، با چندین اصطلاح علمی آشنا شده و قسمت‌های اصلی ساختمان یک سیستم کنترل حرکت را شناسایی می‌کنیم.

جابه‌جا کردن یک شیء

تصور کنید که می‌خواهید یک قسمت از مبلمان خانه‌تان را از یک طرف اتاق به طرفی دیگر ببرید. برای بررسی سنگین یا سبک بودن مبل، یک طرف آن را بالا می‌آوریم؛ سپس به مسافتی که بایستی آن را حمل کنیم، نگاهی می‌اندازیم. سپس با ارزیابی‌هایی که انجام می‌دهیم به این نتیجه

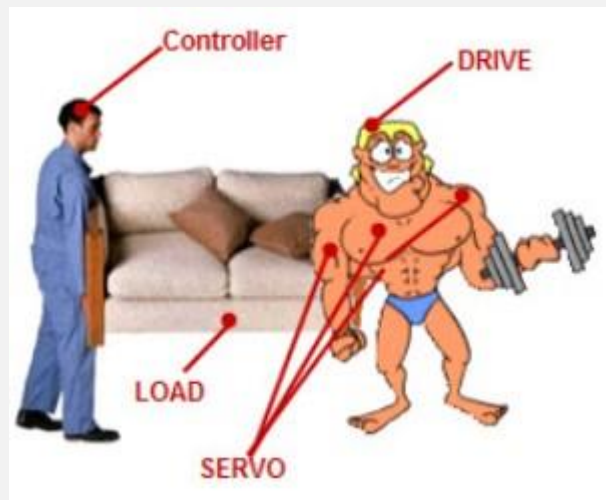
می‌رسیم که بایستی تمام روز را برای انتقال مبلمان به طرف دیگر منزل صرف کرده یا اینکه این کار در پنج دقیقه انجام پذیر است.

چرا ارزیابی‌های بالا و بررسی‌های فوق را ابتدا انجام می‌دهیم؟ چون ممکن است به کمک یک نفر دیگر نیاز داشته باشیم.



مشکلات اندازه‌گیری

جرم آن وسیله، فاصله‌ای که بایستی آن وسیله را جابه‌جا کنیم و سرعتی که برای انتقال آن وسیله بایستی داشته باشیم، در کنار هم، نیرو و انرژی‌ای که برای انجام این کار نیازمندیم را مشخص می‌کنند. برای جابه‌جایی یک جسم (بار = load)، به کنترل‌کننده (controller) به منظور تصمیم‌گیری نیازمندیم، همچنین به یک درایو برای تبدیل تصمیم‌گیری‌ها به یک واکنش و انجام یک کار مشخص نیازمندیم و به یک سروو موتور یا موتور AC (عضلات) به منظور به کار بردن نیروی لازم و انجام کارها نیازمندیم.



#۲-۲ پارامترهای اصلی

پارامترهای حرکت (Motion Parameters) در آموزش سرو موتور

در کنترل حرکت، تغییرات با ۴ پارامتر اساسی تعریف می‌شوند:

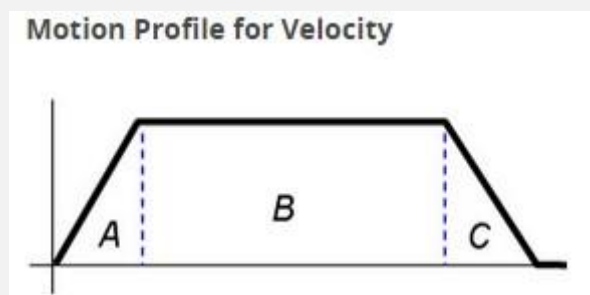
- موقعیت (Position): مکان یک جسم در هر لحظه
- سرعت (Velocity): جهت و رنج پیمودن یک مسافت نسبت به زمان
- شتاب (Acceleration): رنج تغییرات سرعت
- گشتاور (Torque): نیروی گردشی‌ای که به منظور جابه‌جایی یک شیء نیاز است

سیستم‌های کنترل حرکت به منظور کنترل یکی یا همه‌ی این پارامترها برای هر محور حرکت (مثلا محور x , y , z) برنامه‌ریزی می‌شوند.



مشخصات حرکت (Motion Profiles)

مهندسين به منظور درک، آنالیز و بررسی بهتر یک حرکت، پروفایل حرکت motion profile را طراحی کردند. یک پروفایل حرکت، با ظاهری گرافیکی، چگونگی تغییر موقعیت، سرعت، شتاب یا گشتاور برنامه را توصیف می‌کند. در مشخصات حرکت (پروفایل موشن) زیرکه برای سرعت طراحی شده است، مشاهده می‌کنیم که چگونه سرعت با تغییر زمان افزایش یافته (ناحیه A)، سپس ثابت باقی مانده (ناحیه B)، در نهایت کاهش می‌یابد (ناحیه C). دقت کنید که در اصطلاحات علمی زمانی که سرعت افزایش می‌یابد، می‌گوییم acceleration؛ وقتی سرعت کاهش می‌یابد، می‌گوییم deceleration. اگرچه در زندگی روزمره و کارهای خود از واژه‌ی شتاب برای هر دوی این‌ها استفاده می‌کنیم.



در مثال زیر به سروو دستور داده می‌شود که علامت روی تسمه را به موقعیت دقیق ۶۰ میلی‌متر انتقال دهد.

موتور تا رسیدن به سرعتی مشخص، شتاب یافته و در زمان مناسب شتاب خود را کاهش داده تا تسمه را دقیقاً در موقعیت ۶۰ میلی‌متر متوقف کند.

#۳-۲ حلقه‌ی کنترل

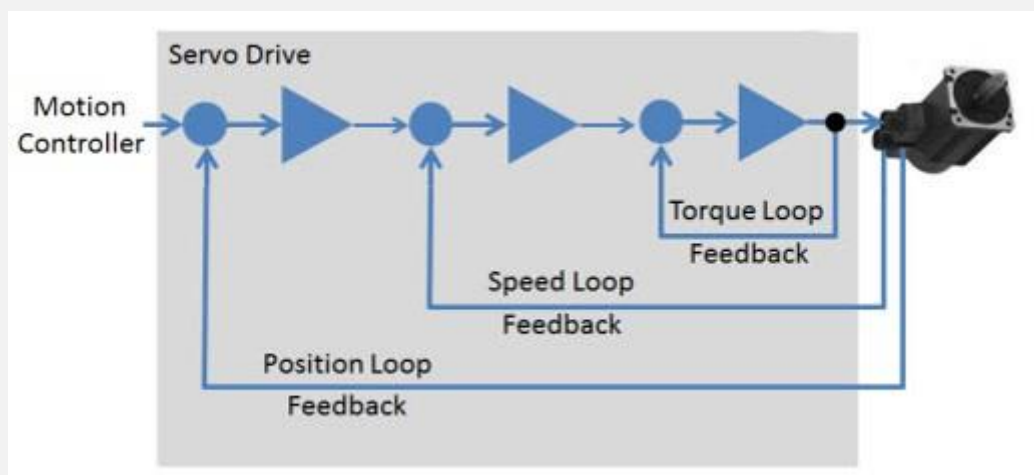
حلقه‌های کنترل در رسیدن به یک مشخصات کنترلی خاص، بسیار ضروری و بحرانی هستند. مثال زیر را در نظر بگیرید:

کروز کنترل در یک ماشین را در نظر بگیرید. هدف از موشن پروفایل در این زمینه، نگهداری سرعت ماشین در یک مقدار مشخص در هر شرایط جاده‌ای می‌باشد. وقتی که ماشین از تپه در حال بالا رفتن است، کنترلر، کاهش سرعت را حس کرده و احساس نیاز به گشتاور بیشتری می‌کند. برای نگهداری سرعت ماشین در یک مقدار ثابت، کنترلر مصرف سوخت موتور را افزایش داده تا با همان سرعت مشخص و ثابت از تپه بالا برویم. وقتی که در حال پایین آمدن از تپه هستیم، کنترلر، افزایش سرعت را احساس کرده و سوخت موتور را کاهش می‌دهد تا سرعت در همان مقدار ثابت باقی بماند.



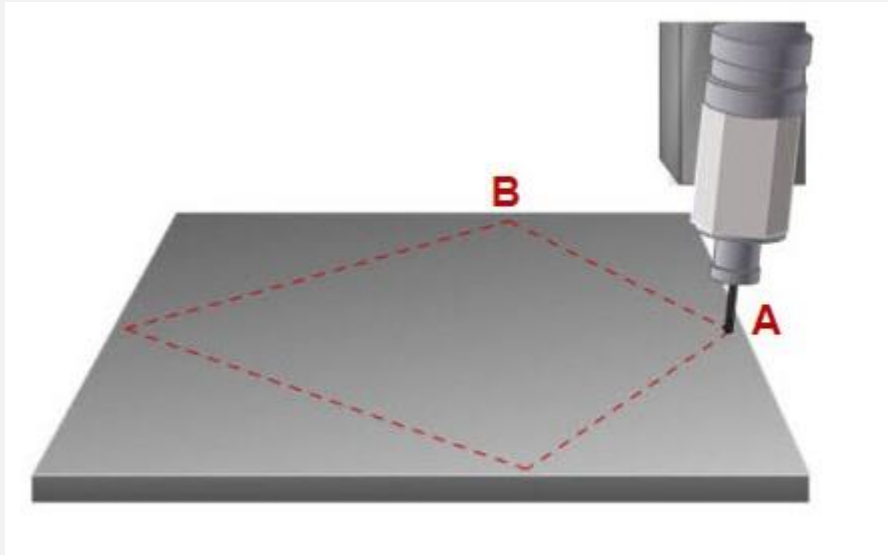
در مثال فوق، از فیدبک (حلقه‌ای کنترلی به منظور رسیدن به مطلوب) به منظور تشخیص گشتاور و نیروی چرخشی موتور استفاده شده و با بررسی‌های ریاضی، موتور را به گشتاور مناسب و رسیدن به یک سرعت مناسب هدایت می‌کنیم. از فیدبک در سیستم‌های سروو درایو به منظور تشخیص وضعیت موتور و قرار گرفتن موتور در سرعت ثابت، استفاده می‌شود.

از فیدبک گشتاور (حلقه‌ای کنترلی به منظور رسیدن به گشتاور مطلوبمان) به منظور نگهداشتن گشتاوری ثابت و از فیدبک موقعیت به منظور نگهداری موقعیت دقیق استفاده می‌شود. برنامه‌های حرفه‌ای و صنعتی‌ای که برای موشن نوشته می‌شود، معمولاً از ترکیبی از فیدبک‌های بالا طراحی می‌شوند.



#۲-۴ هماهنگی حرکت

یک سیستم کنترل حرکت، ممکن است یک محور حرکتی یا تعداد بیشتری محور داشته باشد. این محورها را می‌توان مستقل از هم یا هماهنگ باهم به حرکت درآورد. به روشی که محورها را هماهنگ باهم به حرکت درمی‌آوریم، حرکت هماهنگ شده (coordinated motion) گفته می‌شود. در یک جابه‌جایی نقطه به نقطه‌ی ساده، با استفاده از یک یا چند محور، یک جسم را به سادگی از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B منتقل می‌کنیم. سرعت هر یک از محورها از دیگر محورها مستقل است. یک محور ممکن است زودتر از محورهای دیگر از حرکت بایستد. برای نمونه نوار نقاله فقط یک محور دارد و جسم را از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا می‌کند. اما تصور کنید که یک مسیر مشخص بایستی دنبال شده و سرعت در طی این مسیر بایستی کنترل شود. (مثلا برای ایجاد یک شکل بر روی چوب). چند مدل رفتار بایستی ایجاد شود تا این حرکت به صورت هماهنگ انجام شود:



۱- رفتار خطی (Linear Interpolation):

کنترلر، سرعت مورد نیاز برای هر محور را به منظور حرکت دادن یک جسم در یک جهت مستقیم و با سرعت مشخصی را محاسبه کرده و تمامی محورها همزمان باهم متوقف می‌شوند.

۲- رفتار سهموی (Circular Interpolation):

مشابه با رفتار خطی، ولیکن مسر حرکت کمانی از یک دایره است و نیاز به محاسبات پیچیده تری توسط کنترل کننده ها هست. با بهره‌مندی از مدل‌های رفتاری دیگر می‌توانیم یک جسم را در فضایی سه بعدی از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا کنیم! این مدل به محاسبات پیچیده‌تری نیازمند است.

رفتار خطی (Linear Interpolation)

در مثال زیر رفتار خطی یک سیستم را به خوبی بررسی می‌کنیم. فرض کنید می‌خواهیم یک شکل ۴ ضلعی را بر روی یک تکه چوب، برش بزنیم.

حرکت برش زنی با دو سروو موتور کنترل می‌شود؛ یک سروو موتور برای حرکت افقی (محور x) و یک سروو موتور برای حرکت عمودی (محور y).

هماهنگی حرکت این دو محور برای رسیدن به یک حرکت مورب و دقیق برای درست برش زدن از نقطه‌ی شروع تا نقطه‌ی انتها نیاز است. این مثالی از یک رفتار خطی است. مهندسين از این روش برای انتقال نقطه به نقطه‌ی یک جسم با سرعتی ثابت، استفاده می‌کنند.

(اگر دقت کنید تغییرات در جهت محورهای x و y ، متناسب با یکدیگر است و بر روی صفحه چوب در هر سیکل کاری، دقیقاً یک خط مستقیم را برش می‌زنیم)

رفتار سهموی (Circular Interpolation)

در ادامه آموزش سرو موتور، اکنون می‌خواهیم یک شکل دایره‌ای را بر روی یک تکه چوب برش بزنیم. در این حالت نیز حرکت برش زنی با دو سروو موتور کنترل می‌شود؛ یکی برای محور x و دیگری برای محور y . برای هماهنگی بین محورهای x و y بایستی دستگاه برش چوب در مسیری دایره‌ای بین نقطه‌ی شروع و انتها با سرعتی ثابت حرکت کند. به این حرکت، رفتار سهموی می‌گویند. مهندسين از این روش برای جابه‌جایی یک شیء بر روی مسیری انحنایی و غیر مستقیم استفاده می‌کنند.

بخش سوم

#۳ کاربردهای سرو موتور در موشن کنترل

از سیستم کنترل حرکت به منظور به اجرا درآوردن فرآیندها و تغییرات، متناسب با مشخصات حرکت موردنظرمان (profile motion)، استفاده می‌شود.

اجزای مختلف یک سیستم چیست؟

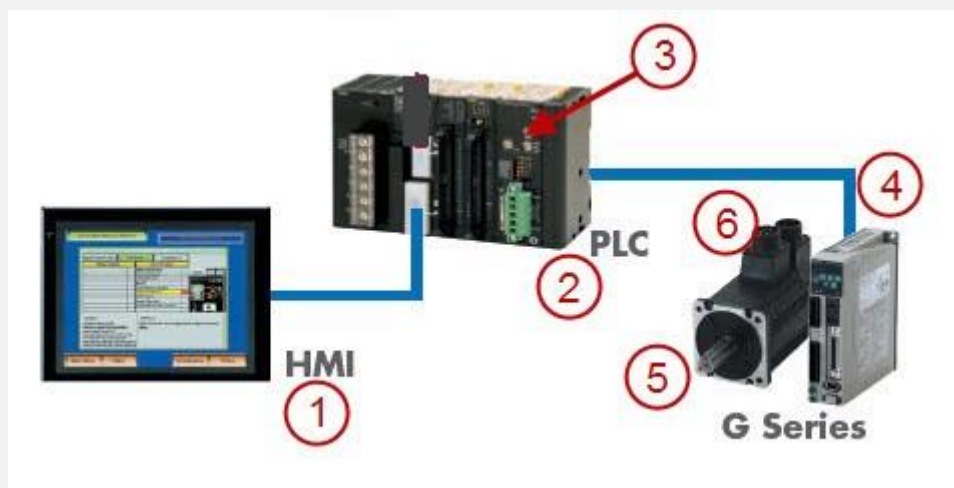
چگونه اجزای مختلفی برای رسیدن به هدفی واحد، همزمان باهم کارشان را انجام می‌دهند؟

آموزش سرو موتور و در اینجا هدف هریک و چگونگی متصل شدن این اجزاء به یکدیگر و تشکیل یک سیستم کنترل حرکت را تشریح می‌کنیم.



اجزای سیستم

سیستم کنترل حرکت، مسئول فرمان‌دهی و ارسال دستورات لازم برای موشن (یا به عبارت دیگر سازماندهی حرکت) هر یک از محورها در عملیات‌های مختلف می‌باشد. در ساده‌ترین حالت خود، یک سیستم کنترل حرکت از ۶ بخش زیر تشکیل می‌شود:



۶ جزو سرو موتور

۱. رابط اپراتور Operator Interface
۲. پردازنده نظارت‌کننده Supervisory Processor
۳. کنترل‌کننده حرکت Motion Controller
۴. تقویت‌کننده‌ی توان یا واحد درایو Power Amplifier or Drive Unit
۵. موتور/اچ‌پوئیتور Motor/Actuator
۶. فیدبک انکودر Feedback Encoder

۳-۲ # 1-3 & رابط و پردازنده

رابط اپراتور، مسیری آسان برای ارسال فرمان شروع (start)، توقف (stop)، تغییر سرعت، تغییر جهت و... به سیستم حرکت را فراهم می‌کند. در برخی کاربردها ممکن است نیازی به رابط اپراتور نداشته باشیم. شاید واژه‌ی HMI به گوشتان خورده باشد! یک پردازنده‌ی ناظر به عملکرد سیستم، که اغلب یک PLC است، برنامه‌ای برای محافظت و پشتیبانی کردن از رابط اپراتور و کنترل‌کننده‌ی حرکت، ارائه می‌دهد (رابط HMI و کنترل‌کننده‌ی حرکت). همچنین ممکن است اطلاعات سنسورهای دیگر را بازخوانی کرده و تغییراتی در سیستم حرکت اعمال کند یا اینکه وضعیت سنسورها را به سیستم کنترل حرکت ارسال کند.



۳-۳ کنترل‌کننده حرکت

کنترل‌کننده حرکت، سیگنال‌هایی را از پردازنده دریافت کرده، با تحلیل‌هایی که انجام می‌دهد به نتایجی رسیده و سیگنال‌هایی را به منظور ایجاد تغییرات در دستگاه‌ها و موتورها به درایو ارسال می‌کند. به

علت پایین بودن سطح توان سیگنال‌های ارسالی از موشن کنترلر، این سیگنال‌ها قدرت لازم برای انجام تغییرات و فرآیندهای فیزیکی را ندارند. فلذا این سیگنال‌ها به واحد درایو ارسال شده تا تغییرات و فرآیندهای مختلف با قدرت بیشتر از طریق واحد درایو به موتور یا اکچوئتر فرمان داده شود.

کنترل‌کننده حرکت ممکن است یک ماژول مجزا در بین ماژول‌های PLC باشد، یا اینکه به عنوان یک واحد مستقل که ترکیبی از کنترل‌کننده حرکت و پردازنده است، مورد استفاده قرار گیرد.



#۳-۴ واحد درایو

سروو درایو (برای یک موتور سروو) و AC درایو (برای یک موتور AC)، سیگنال‌های کنترل‌کننده‌ی سطح پایین را به توان‌های قوی‌تر و بالاتر

تبدیل کرده تا توان مورد نیاز موتور یا اکچوئیتور برای جابه‌جایی تجهیزات کارخانه را فراهم کنند. حلقه‌های کنترلی بسیاری به منظور هرچه دقیق‌تر شدن کنترل حرکت، در سیستم درایو اجرا می‌شود. درایو، فیدبکی از انکودر دریافت کرده و سیگنال موتور را تا رسیدن به مشخصات حرکتی مطلوبمان تغییر می‌دهد.

در برخی از سیستم‌های کنترل حرکت، اکچوئیتور (عملگر) ممکن است نیوماتیکی یا هیدرولیکی باشد اما در اکثر نمونه‌ها، وابسته به موتورهای الکتریکی قدرتمند است.



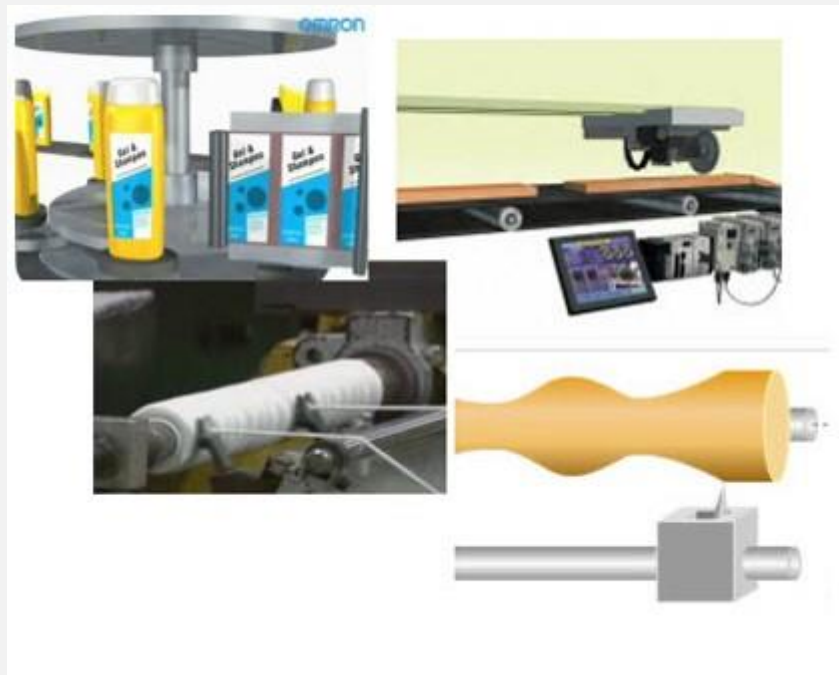
معرفی کاربردهای motion

در این بخش با برخی از کاربردهای رایج کنترل حرکت (motion) آشنا می‌شویم:

- جدول موقعیت XY
- پیچیدن نخ و ریسمان

- دریل کردن و سوراخ‌زن
- لیبل و برچسب زدن
- برش زدن

در بسیاری از فرآیندهای صنعتی از این کاربردها استفاده می‌شود. برای مثال از جدول موقعیت XY ممکن است به منظور جاگذاری و پوزیشن‌دهی یک قطعه فلز استفاده شود تا دریل بتواند دقیقاً سوراخی در محلی که انتخاب می‌کنیم، ایجاد کند.



در طول این آموزش سرو موتور، به بررسی کاربردهای موشن کنترل می‌پردازیم، سعی کنید ۴ نکته‌ی زیر را در مورد هر کاربر بررسی کرده و آموخته‌های خود را بیازمایید:

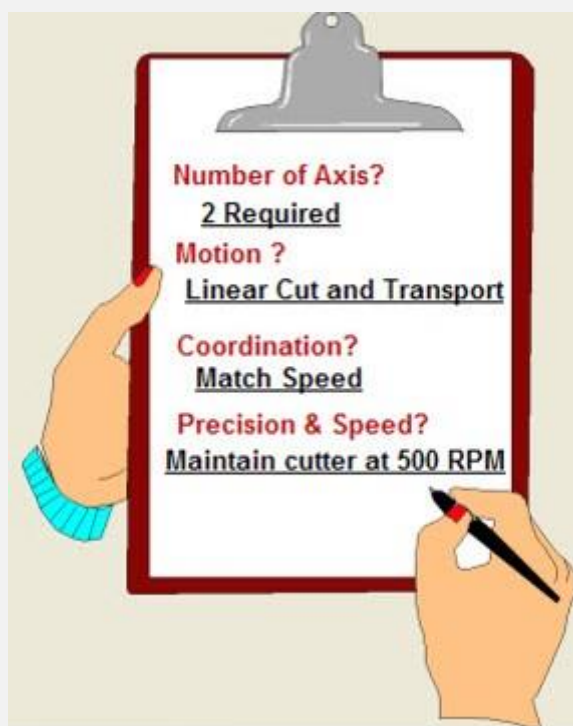
۱. چند محور حرکت نیاز است؟

۲. کدام مشخصات حرکت برای هر محور معمول است؟

۳. چه نوع هماهنگی‌ای بین محورها نیاز است؟

۴. چه میزان دقت و سرعت در حرکت نیاز داریم؟

مهندسين کنترل حرکت به اطلاعات بیشتری برای طراحی یک سیستم کنترل حرکت ایمن و مفید نیازمندند؛ اما ۴ مورد فوق در تمامی کاربردها بایستی بررسی شوند. باهم چند مثال از کاربردهای موشن کنترل در کارخانه‌ها را بررسی می‌کنیم!



برش زدن در حرکت با موشن و سرو درایو

تصور کنید که می‌خواهیم یک تکه چوب را در هنگام حرکت بر روی نوار نقاله برش بزنیم! برش پروازی کاربردی است که ترکیبی از تطبیق سرعت و برش زنی برای دو محور حرکت می‌باشد. از یک سنسور به منظور تشخیص عبور یک تکه کامل چوب استفاده شده، همچنین می‌دانیم سرعت حرکت

عبور چوب با سرعت نوار نقاله یکی است. در نتیجه اره سرعت خود را با سرعت چوب هماهنگ کرده و زمانی که سرعت اره به سرعت چوب می‌رسد، در وضعیتی که هر دو در حال حرکت هستند، برشی را بر روی چوب ایجاد می‌کند.

جدول موقعیت XY

تصور کنید که می‌خواهیم قرارگرفتن درست قطعات مختلف بر روی یک برد الکتریکی را ارزیابی کنیم! یک برد الکتریکی، بر روی یک نوار نقاله حرکت کرده تا به موقعیت شروع بازرسی می‌رسد. سپس بر روی یک نوار نقاله‌ی جدید قرار گرفته، که تمامی این نوار نقاله با تکنولوژی تخته جدول XY، پشتیبانی شده است. برد الکترونیکی دقیقاً زیر یک دوربین بازرسی بسیار حرفه‌ای با قدرت تشخیص بالای موقعیت که برای این کاربرد بسیار ضروری است قرار می‌گیرد. در این کاربرد نیاز به سروو درایوی هم برای محور X و هم برای محور Y هستیم. محور X به برد را به چپ و راست می‌برد، در همان زمانی که محور Y، برد را به جلو و عقب می‌برد.

نخ و ریسمان پیچ با موشن و سرو درایو

آیا از نزدیک یک گلوله‌ی ریسمان یا یک قرقره‌ی نخ را دیده‌اید!

هسته استوانه‌ای درونی (که معمولاً یک قرقره است) به وسیله‌ی یک موتور به گردش در می‌آید و رشته‌ها (نخ، ریسمان، سیم) به وسیله‌ی جلو و عقب رفتن هماهنگ دستگاه به دور قرقره پیچیده می‌شود.

دریل و سوراخزن با موشن و سرو درایو

ایجاد یک حفره و آماده سازی آن حفره برای پیچ کردن آن به قطعات دیگر یا مصارف دیگر، از رایج‌ترین فرآیندهای صنعتی می‌باشد. ابتدا مواد یا جسمی که بایستی حفره بر روی آن ایجاد شود، دقیقاً در پوزیشن مورد نظر قرار گرفته، سپس متناسب با ماده‌ای که بایستی حفره بر روی آن ایجاد شود و قطر حفره‌ی مطلوبمان، سرعت دریل تنظیم شده و دریل سوراخی را درون آن ماده ایجاد می‌کند. در انتهای کار به منظور دقیق بودن قطر حفره‌ای که ایجاد کرده‌ایم ضربات سریعی به دیواره‌ی حفره‌ای که ایجاد کرده‌ایم زده می‌شود تا دقیقاً به قطر مطلوبمان برسیم. در این کاربرد همواره گشتاور و جهت گردش موتور کنترل می‌شود.

لیبل و برچسب زدن

برچسب زدن بر روی محصولات یکی از معمول‌ترین کاربردهای صنعتی موشن کنترلر است. این کار بسیار دشوارتر از آنچه به نظر می‌رسد، می‌باشد. لیبلی که باید بر روی محصول زده شود به صورت یک رول بسیار بزرگ به تولید کننده داده می‌شود. برچسب‌ها، ابعادی تقریباً مساوی دارند. محصولات نیز با فواصل نسبتاً مساوی بر روی خط تولید حرکت می‌کنند. ولیکن این تساوی بودن‌ها حتمی نیست. فوت و فن نسبتاً پیچیده‌ای برای دقیق زده شدن این برچسب‌ها بر روی محصولات لازم است. هم به یک جدول موقعیت به منظور قرارگیری محصولات با فاصله‌ی یکسان از یکدیگر و هم به یک سنسور برای تشخیص ابعاد دقیق و مورد نیاز برچسب برای زده شدن بر روی محصول نیاز است. سیستم کنترل

حرکت با همزمان کردن حرکت برچسب با حرکت محصول، برچسب را دقیقاً در قسمت مشخص شده‌ی محصول می‌چسباند.