



Namatek
True Education



Electromotor

www.namatek.com

الكتروموتور

فهرست مطالب

۱. پارامترهای موثر در انتخاب الکتروموتور
۲. نرم افزار مورد استفاده در انتخاب الکتروموتور
۳. تعیین سروو درایو پس از انتخاب الکتروموتور

آیا می دانستید که انتخاب الکتروموتور برای هر پروژه کنترل حرکت به سادگی با یک نرم افزار قابل انجام است؟

در این مطلب ما مباحث مربوط به کنترل حرکت را ادامه می دهیم. **نماتک** امیدوار است که شما مقالات قبلی در زمینه کنترل حرکت را دنبال کرده باشید و از این مطالب استفاده کافی ببرید.

در این مقاله شما با استفاده از اطلاعات پایه در زمینه سروو موتور (Servo) و استپر (Stepper) می توانید الکتروموتور مورد نظر خود را انتخاب کنید.

پارامترهای موثر در انتخاب الکتروموتور

در این جا مطالبی درباره انتخاب الکتروموتور بر اساس بار، سرعت، شتاب و سایر موارد مورد نیاز بر اساس کاربردی که مد نظر شماست، آموزش داده می شود. این قسمت به شما کمک می کند که واحدهای اندازه گیری و روش های انتخاب الکتروموتور بهینه را بشناسید.

برای درک بهتر و آشنایی بیشتر با فرآیند انتخاب الکتروموتور باید محاسباتی انجام شود و همچنین واحدهای اندازه گیری که در معادلات استفاده می شوند، مشخص شود.

استفاده از نرم افزار برای انتخاب الکتروموتور

بعضی از دانشجویان از اینکه محاسبات را به صورت دستی (manually) انجام بدهند لذت می‌برند، اما بقیه ترجیح می‌دهند که از یکی از هزاران نرم افزار آنلاین که تمام خصوصیات مورد نیاز الکتروموتور را دارد، استفاده کنند و سریع تر فرآیند انتخاب الکتروموتور را انجام دهند.



هدف نهایی این مطلب این است که شما دانشی درباره بدست آوردن

- سرعت ماکزیمم (بیشینه)
 - گشتاور بار (torque load)
 - ممان اینرسی (moment of inertia)
- داشته باشید.

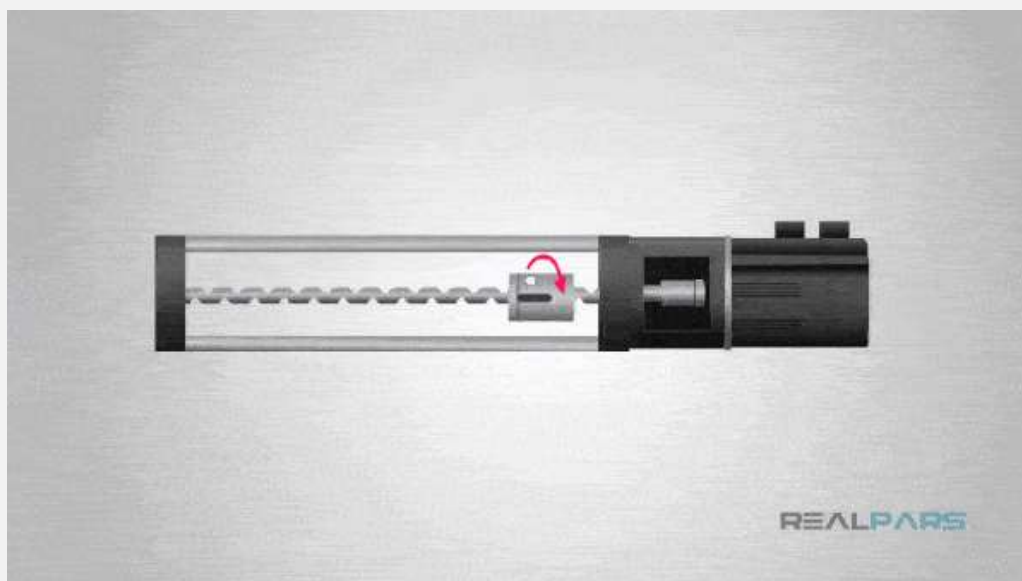
در ابتدا چند مسئله کلیدی و مهم و همچنین واحدهای اندازه‌گیری که برای انتخاب الکتروموتور مد نظر شما استفاده می‌شود، را بیان می‌کنیم:

ممان اینرسی

تعریف ممان اینرسی

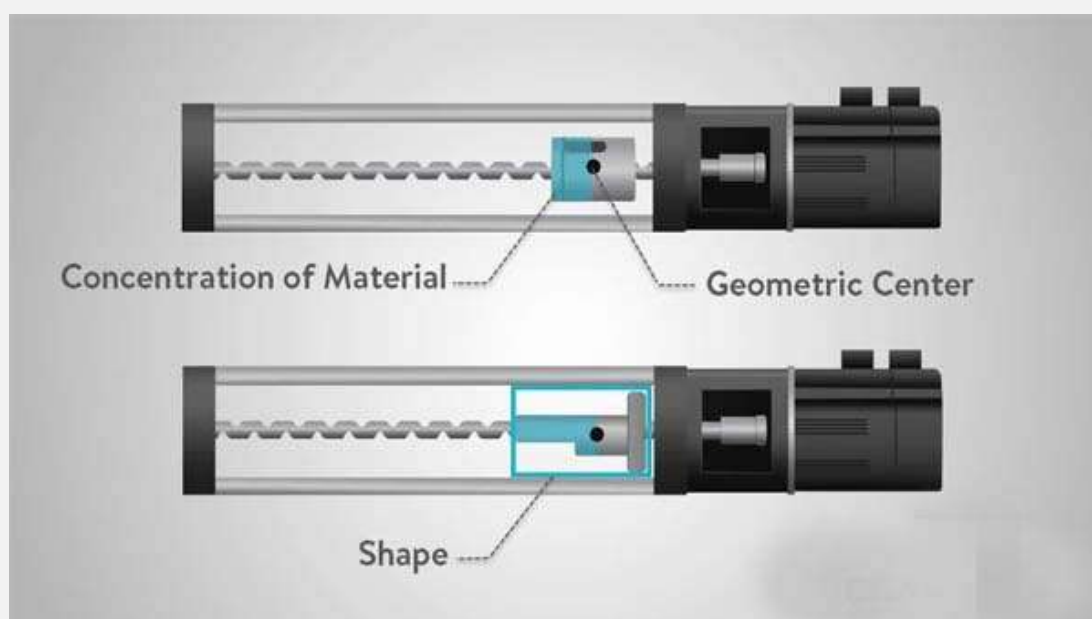
سازندگان الکتروموتورها باید بدانند که نیروی لازم برای حرکت دادن بار چقدر است.

به نیروی لازم برای غلبه بر مقاومت بارها، ممان اینرسی می‌گویند. ممان اینرسی مقدار مقاومت فیزیکی یک جسم در برابر شتاب زاویه ای را نشان می‌دهد. نقش ممان اینرسی در حرکت چرخشی مثل نقش جرم در حرکت خطی است.

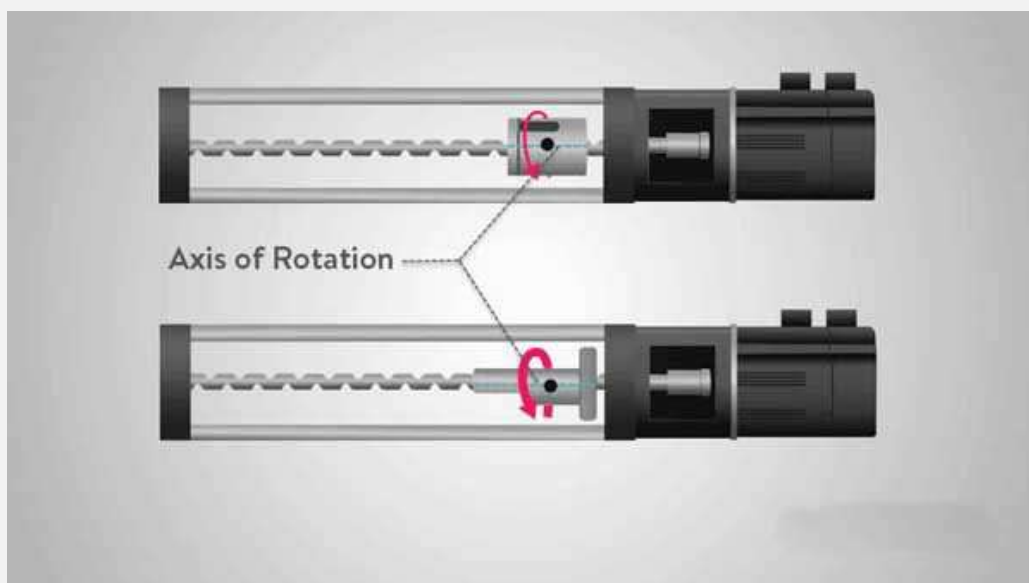


برای مثال وقتی در حال سفر با قطار یا هر وسیله نقلیه دیگری هستید، آیا متوجه می‌شوید زمانی که وسیله نقلیه ترمز می‌کند شما همچنان به سمت جلو حرکت می‌کنید؟ خب پس شما دقیقا اینرسی را تجربه کردید!

به طور کلی ممان اینرسی یک جسم به شکل جسم و توزیع جرم در آن شکل بستگی دارد. هر چه تجمع مواد (Concentration of Material) دورتر از مرکز جرم (Geometric Mass) شی مورد نظر باشد، ممان اینرسی آن جسم بزرگتر خواهد بود.



ممان اینرسی وابسته به محورهای چرخشی مشخص، تغییر می‌کند.

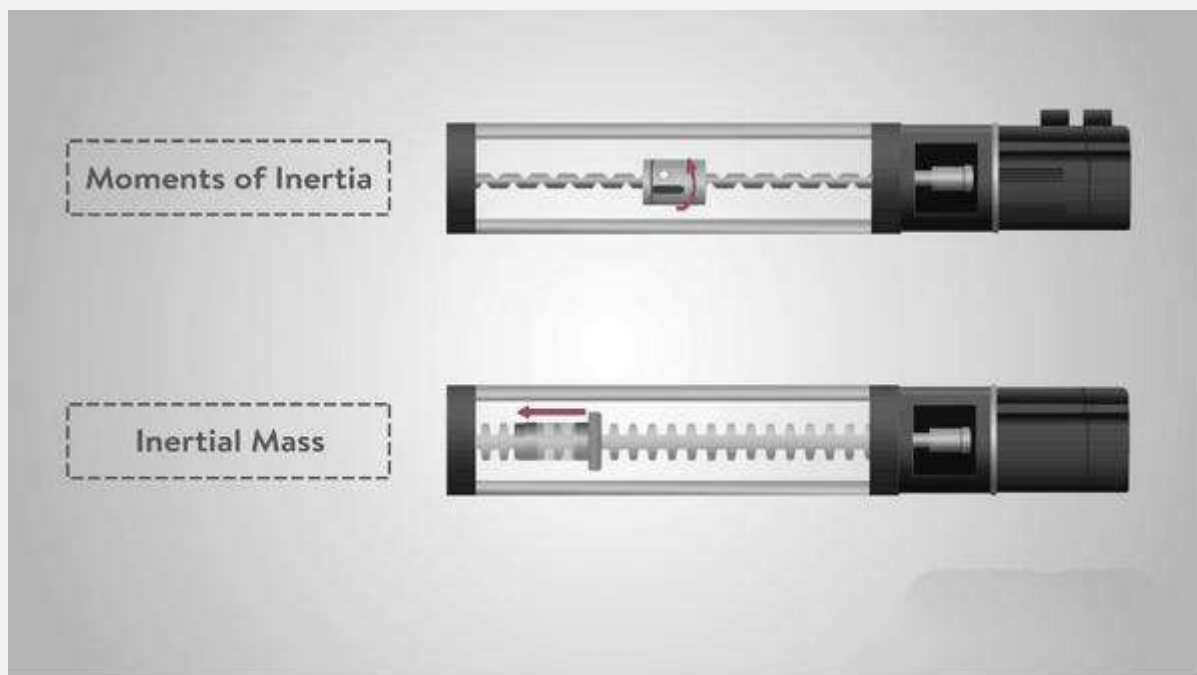


مثال دیگری از ممان اینرسی

برای اینکه مثال دیگری از اینرسی بزنیم، تصور کنید یک تکه یخ بزرگ درون یک حوضچه یخ زده قرار دارد. نیرویی برای به حرکت درآوردن تکه یخ نیاز است. هرچقدر جرم یخ بیشتر باشد نیروی بیشتری برای حرکت دادن آن مورد نیاز است. این مطلب برای زمانی که تکه یخ روی یخ‌های حوضچه سر می‌خورد هم صادق است. تکه یخ به سر خوردن ادامه می‌دهد تا زمانی که نیرویی آن را متوقف کند. هرچه تکه یخ سنگین‌تر باشد نیروی بیشتری برای متوقف کردن آن از حرکت نیاز است.

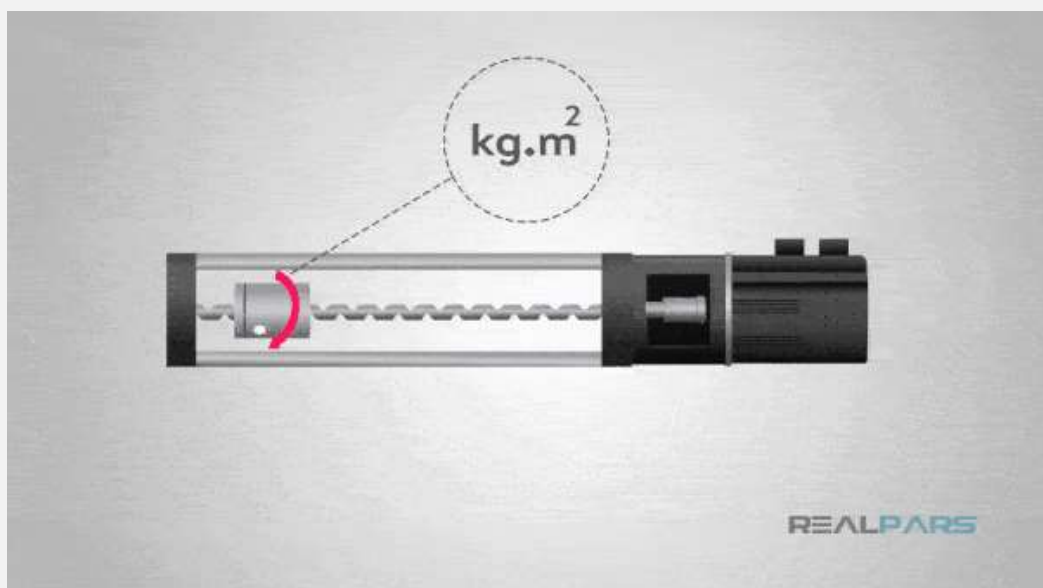
ممان اینرسی و اینرسی هر دو مقیاسی هستند که مقاومت نسبت به تغییر حالت را نشان می‌دهند.

جرم درونی (inertial mass) همان نیروی مورد نیاز برای شتاب گرفتن و ممان اینرسی همان گشتاور زاویه‌ای مورد نیاز برای ایجاد شتاب زاویه‌ای است.



هر چه اینرسی یک جسم بیشتر باشد نیروی بیشتری برای تغییر سرعت در یک زمان مشخص لازم دارد.

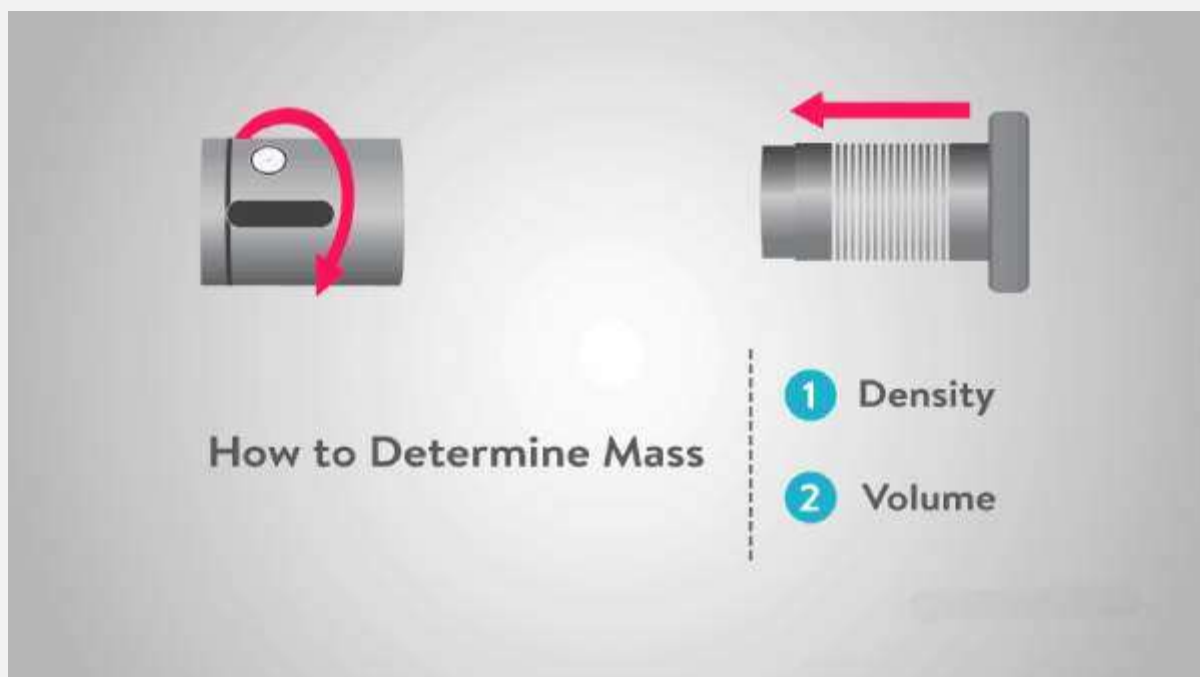
واحد ممان اینرسی در سیستم SI، کیلوگرم بر متر مربع (Kg.m^2) است. نماد ممان اینرسی در معادلات معمولاً با حرف I نمایش داده می‌شود.



جرم

در این قسمت می‌خواهیم چند مثال درباره نحوه محاسبه ممان اینرسی در شکل‌های مختلف، بیاوریم. یکی از متغیرها برای اندازه‌گیری اینرسی، جرم است.

جرم یک جسم همان مقدار ماده تشکیل دهنده آن جسم است. یکی از راه‌های محاسبه جرم این است که شما باید چگالی و حجم باری که در حال حرکت دادن آن هستید را بدانید.



چگالی

چگالی در واقع میزان تراکم ماده در یک جسم را نشان می دهد. هر ماده ای چگالی مخصوص خودش را دارد که می توانید به صورت آنلاین یا با استفاده از کتاب های مرتبط آن را پیدا کنید.

واحد SI چگالی، کیلوگرم بر متر مکعب (Kg/m^3) است.

Density

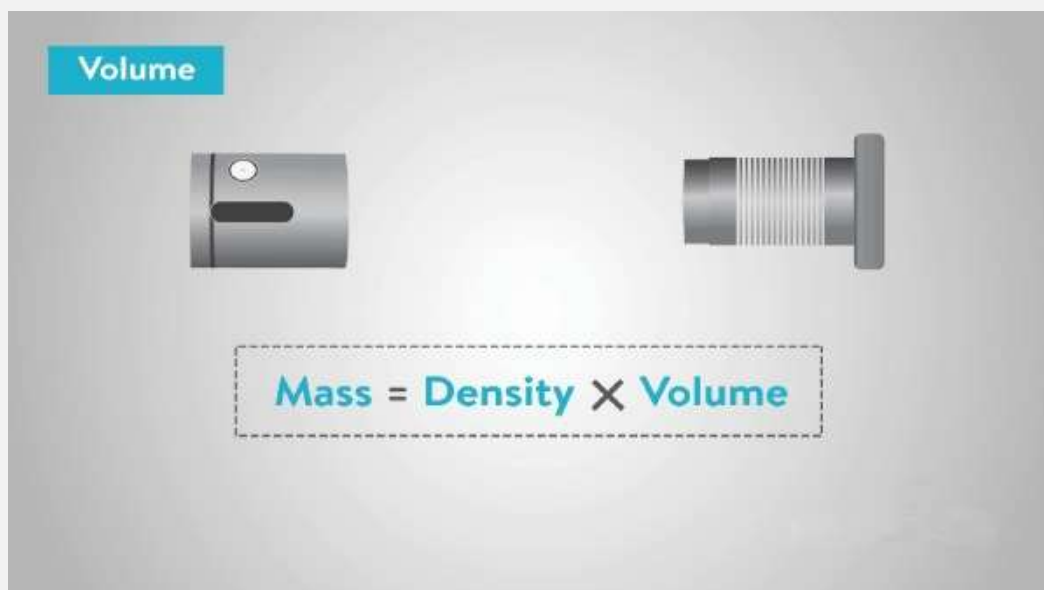


Substance	Density kg/m^3
Aluminum	2700
Iron	7800
Lead	11300
Gold	19300

حجم

حجم همان فضایی است که جسم در فضا اشغال می کند. حجم یک جسم با واحد متر مکعب (m^3) اندازه گیری می شود.

در نهایت می توان جرم یک جسم را با ضرب کردن چگالی (density) در حجم (volume) آن بدست آورد.

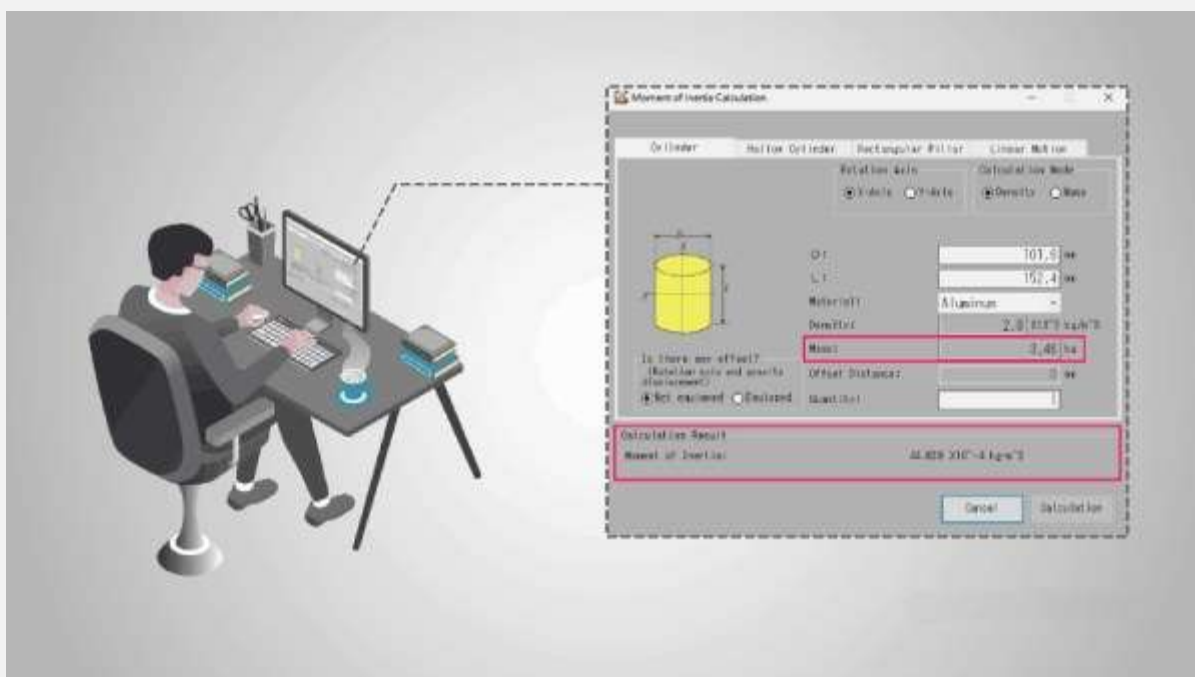


متغیر m در نرم افزار نماد جرم است. جرم یک جسم در واقع نشان دهنده مقدار اینرسی است که جسم از خود نشان می دهد. شما تا اینجا بعضی از داده هایی که برای انتخاب الکتروموتور نیاز دارید را یاد گرفتید.

در قسمت بعد راجع به نرم افزار انتخاب الکتروموتور بیشتر صحبت می کنیم.

نرم افزار مورد استفاده در انتخاب الکتروموتور

نرم افزار سایزینگ موتور (motor sizing) که در این مقاله استفاده می شود می تواند به ما در انتخاب الکتروموتور کمک کند. سازندگان این نرم افزارها هم چنین ابزار دیگری برای کمک به ما فراهم کردند تا بتوانیم محاسبات ممان اینرسی و اندازه گیری جرم را نیز انجام دهیم.

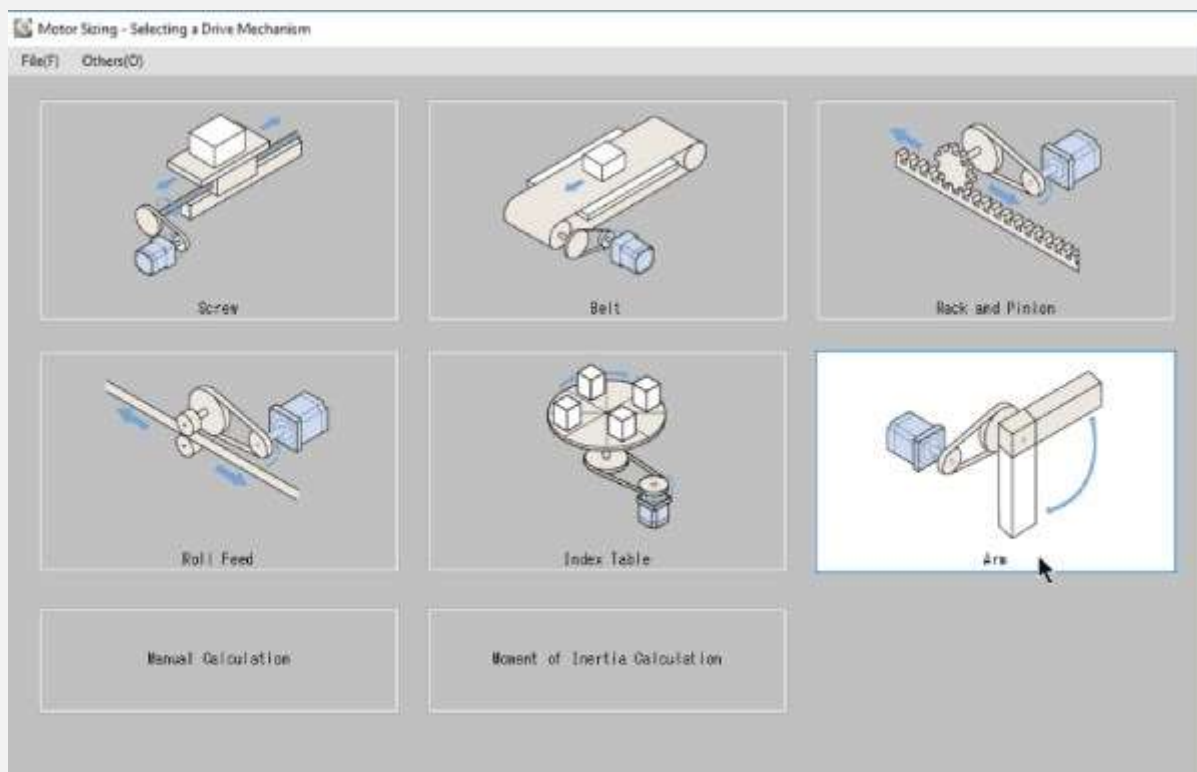


خب حالا بیا یید مراحل انتخاب الکتروموتور را شروع کنیم.

بسیاری از نرم افزارها گزینه‌های مختلفی برای

- پیچ (screw)
 - تسمه (belt)
 - چرخ دنده (rack and pinion)
 - roll feed
 - جدول شاخص (index table)
 - کنترل بازوی محرک (Arm movement control)
- ارائه می دهند.

برای این هدف ما موارد مورد نیاز برای کنترل چرخش بازوی مکانیزم (arm mechanism) را انتخاب می کنیم.



تعیین گشتاور بار برای انتخاب الکتروموتور

در مرحله بعد نیاز دارید که گشتاور مورد نیاز برای کاربردهای حرکتی را محاسبه کنید.

به یاد دارید که گشتاور میزان نیرویی است که برای چرخش یک مکانیزم استفاده می شود و از سه منبع متفاوت تامین می شود:

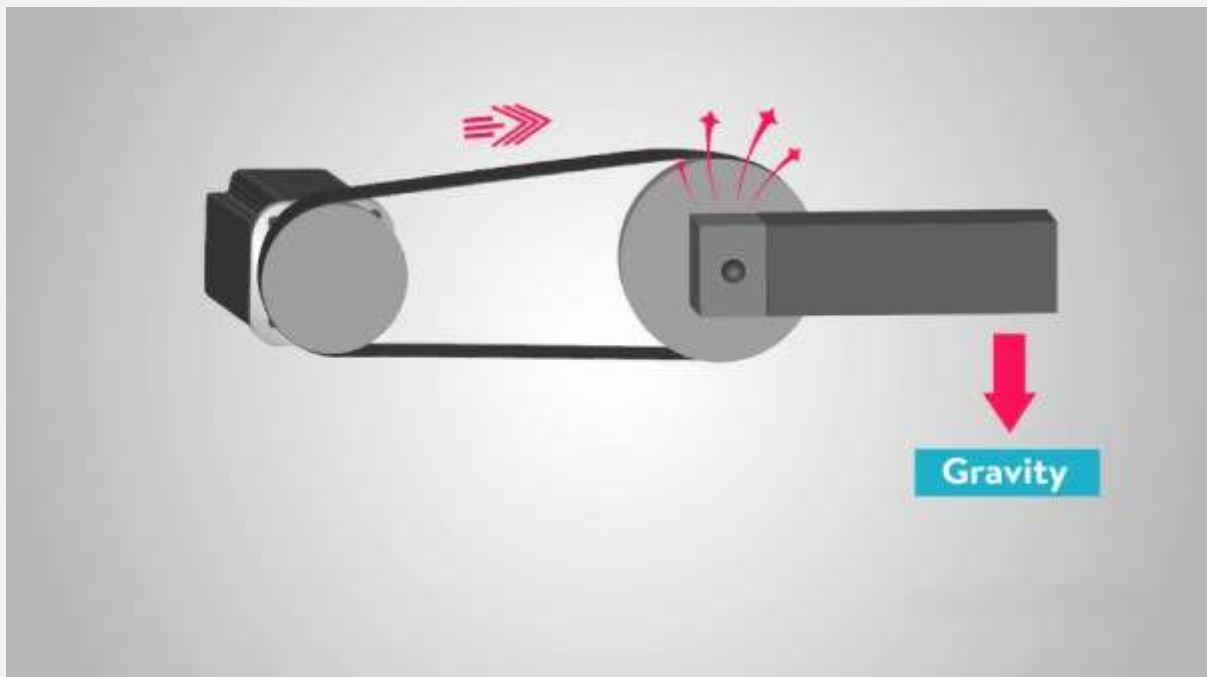
۱. شتاب اینرسی مکانیزم

(Accelerating the mechanism's inertia)

۲. اصطکاک (Friction)

۳. نیروهای خارجی مانند نیروی جاذبه یا فشار در مقابل یک شی

سخت‌ترین قسمت، محاسبه دقیق اینرسی هر جز از سیستم و افزودن مقادیر آن است.



فرمول محاسبه ممان اینرسی برای شکل‌های مختلف از طریق اینترنت در دسترس است.

مراحل محاسبه ممان اینرسی در نرم افزار انتخاب الکتروموتور

در نمونه برنامه، ما ممان اینرسی را با تکمیل سوالاتی درباره چرخش بازو در صفحه عمودی مشخص خواهیم کرد و ابعاد بازو (arm) را به صورت زیر مشخص می کنیم:

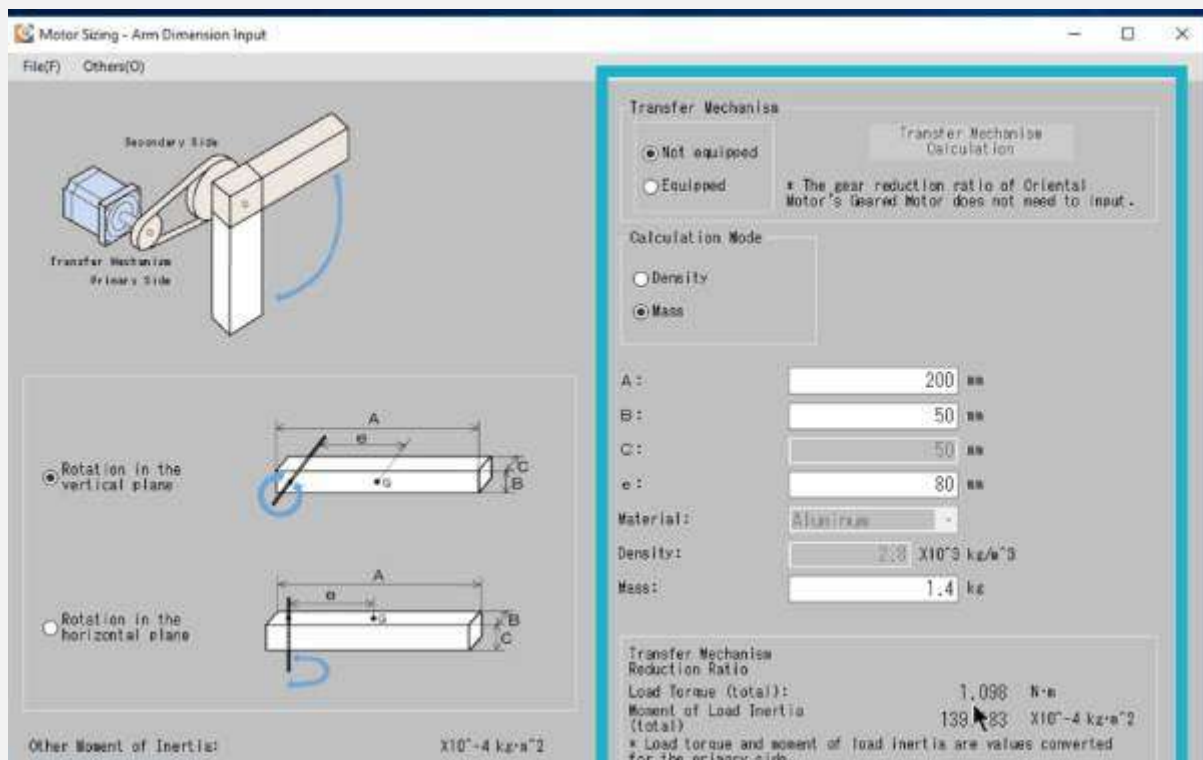
- A برابر با ۲۰۰ میلیمتر (mm) طول
- B و C برابر با ۵۰ میلیمتر که به ترتیب عرض و ارتفاع را نشان می دهند.

ما در این قسمت از جعبه دنده (gearbox) برای کاهش سرعت و کنترل گشتاور استفاده نخواهیم کرد.

چگالی ماده بر اساس آلومینیوم به دست خواهد آمد که توسط نرم افزار محاسبه می شود.

شما هم چنین می توانید حالت (mode) محاسباتی نرم افزار را به جرم تغییر دهید و به جای چگالی جرم را با واحد کیلوگرم (Kg) وارد نرم افزار کنید. ما برای این مثال داده ورودی به نرم افزار را ۱.۴ کیلوگرم در نظر گرفتیم.

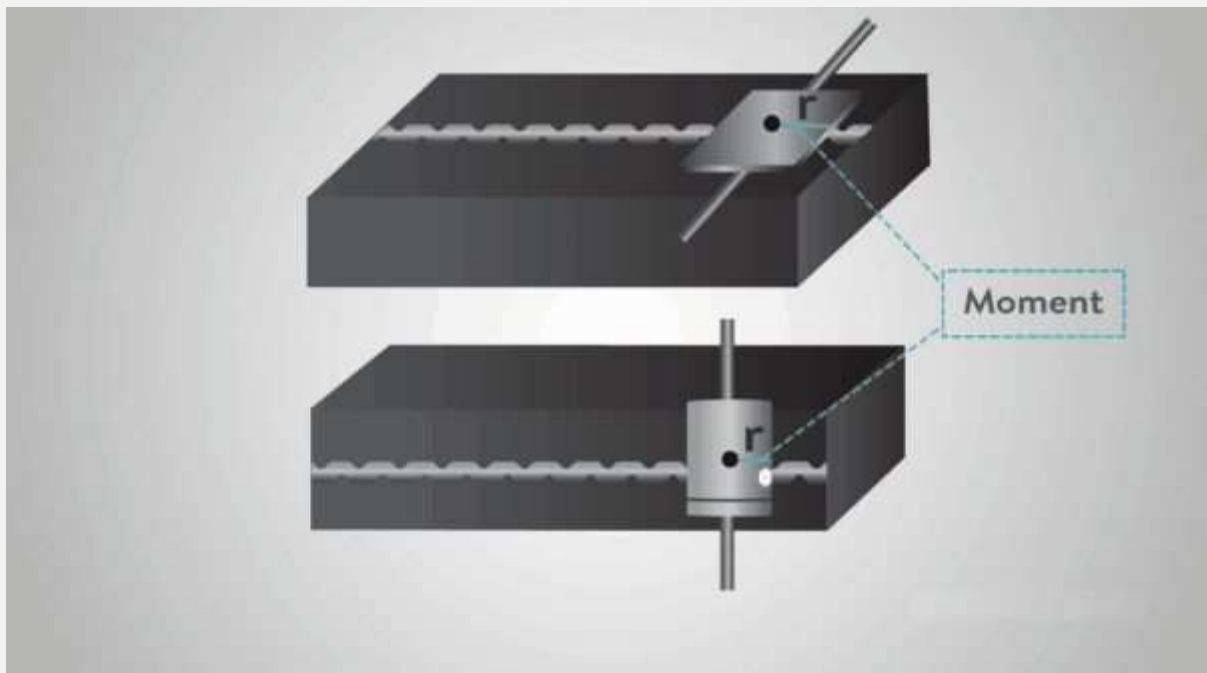
برنامه های آنلاین مختلفی وجود دارند که می توان برای محاسبه جرم یک جسم از آن ها استفاده کرد.



کار نرم افزار این است که شتاب را در بار اینرسی ضرب کند تا شتاب گشتاور بار را محاسبه کند. نرم افزار هم چنین نیروهای اصطکاک لازم برای سر خوردن بار، نیروهای گرانشی برای بارهای عمودی و هر نیروی خارجی را محاسبه می‌کند. سپس هر نیرو در فاصله مربوط به خودش ضرب می‌شود که حاصل این ضرب همان ممان است.

محاسبه گشتاور برای انتخاب الکتروموتور

نرم افزار از ممان اینرسی به دست آمده برای محاسبه گشتاور استفاده می‌کند.



پس از این، نرم افزار با در نظر گرفتن بدترین حالت ممکن، گشتاور اوج (peak torque) را با جمع تمام مقادیر گشتاور محاسبه می کند. این موضوع معمولاً زمانی که بیشترین شتاب اتفاق بیفتد یا زمانی که بیشترین جرم روی ماشین قرار دارد، رخ می دهد. جمع گشتاورهای ناشی از نیروهای خارجی، جاذبه و اصطکاک برای محاسبه گشتاور پیوسته، بدون استفاده از نرم افزار، خسته کننده است.

تعیین سرعت در نرم افزار انتخاب الکتروموتور

در این قسمت مشخص می کنیم که پروفایل حرکت کاربردی به چه شکل است. ما از یک موتور سروو و روش محاسباتی مقدار سفر (travel amount)

calculation method) استفاده خواهیم کرد. ما در حال حاضر از چیزی

استفاده می کنیم که به آن پروفایل دوزنقه ای می گویند.

در این قسمت از نرم افزار، فیلد های مربوط به شتاب مثبت

(acceleration) و منفی (deceleration) برابر با ۱/۵ ثانیه، زمان سفر

(travel time) سه ثانیه و مقدار حرکت بر مبنای درجه پر می شود.

ما بازو را سه مرتبه می چرخانیم (۳۶۰ درجه ضرب در ۳ برابر است با ۱۰۸۰

درجه).

پس ممان اینرسی برابر است با $139.183 * 10^{-4}$ کیلوگرم در متر مربع

(Kg.m²) که به صورت خودکار محاسبه می شود.

برای تجهیزاتی که عملکرد تکرار شونده دارند، سرعت های مورد نیاز موتور در

کل سیکل را رسم کنید. مطمئن باشید که زمان برای شتاب مثبت و منفی را

در نظر گرفته اید.

Motor Sizing - Inputting Operating Conditions

File(F) Others(O)

Motor Type

- ☐ Brushless Motors
- ☐ Stepping Motors
- ☒ Servo Motors

Operating Pattern

- ☒ Acceleration/Deceleration
- ☐ Self-start

Load Torque: 1.098 N/m

Moment of Load Inertia: 139.183 x 10⁻⁴ kg.m²

Calculation Method

- ☒ Travel Amount Specification
- ☐ Operating Speed Specification

Rotation Speed: 120 r/min

Travel Amount Spec: Primary Side

Operating Speed Spec: Secondary Side

Travel Amount: 1080 deg

Travel Time: 3 sec

Acceleration Time: 1.5 sec

Deceleration Time/Stopping Time: 1.5 sec

شرایط عملیاتی محاسبه شده برای انتخاب الکتروموتور

در قسمت بعد شرایط عملیاتی محاسبه شده برای انتخاب الکتروموتور نشان داده می‌شود. در این قسمت نرم افزار پیشنهاد می‌دهد:

- بیشترین سرعت (Maximum speed) برابر ۱۲۰ دور در دقیقه (r/min)

- گشتاور بار برابر ۱/۰۹۸ نیوتن بر متر (N/m)

- و در نهایت ممان اینرسی برابر ۱۳۹.۱۸۳ * ۱۰^{-۴} کیلوگرم در متر مربع (Kg.m²) باشد.

Motor Sizing - Selecting a Motor

Motor Operation Condition

Maximum Speed: 120 r/min Load Torque: 1.088 N·m Moment of Load Inertia: 139.163 X10⁻⁴ kg·m²

Classification

Voltage: Single/Three-Phase 200-240 VAC

Driver Type: Standard type

Series Name: All

Gear Type: All

Electromagnetic Brake: With

Cable Length (m):

Safety Factor: 2.0 Safety Factor 1 or higher

Motor Search

MX Series

An AC servo motor unit that is capable of high accuracy control with easy operation. Smooth operation can be achieved in high inertia loads or belt drive applications without manual tuning.

Motors that Meet the Conditions 12 items The number of items can be narrowed down by selecting the series. * Click the header area to resort.

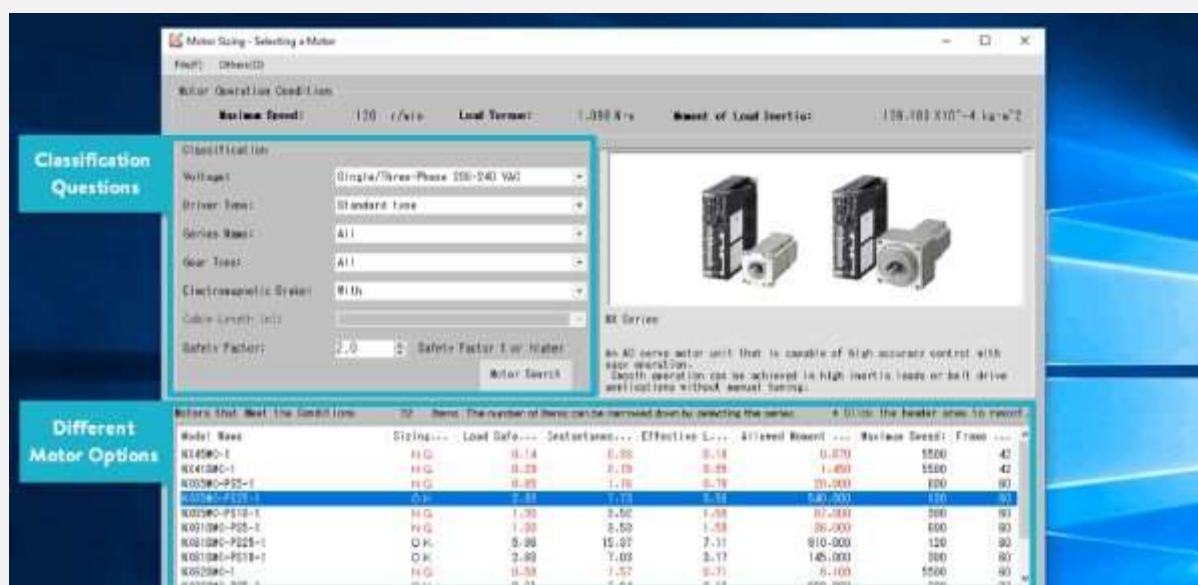
Model Name	Sizing...	Load Safe...	Instantaneous...	Effective L...	Allowed Moment ...	Maximum Speed	Frame ...
MX65MC-1	NG	0.14	0.38	0.10	0.870	5500	42
MX410MC-1	NG	0.29	0.79	0.35	1.450	5500	42
MX65MC-P65-1	NG	0.65	1.76	0.79	20.000	600	60
MX65MC-P65-1	OK	2.93	7.73	2.56	540.000	120	60
MX65MC-P610-1	NG	1.80	3.52	1.56	87.000	300	60
MX610MC-P65-1	NG	1.30	3.53	1.50	35.000	600	60
MX610MC-P625-1	OK	5.88	15.87	7.11	910.000	120	60
MX610MC-P610-1	OK	2.80	7.03	3.17	145.000	300	60
MX620MC-1	NG	0.58	1.57	0.71	6.100	5500	60
MX620MC-P65-1	OK	8.61	23.84	9.18	665.000	600	60

ویژگی های اضافه نرم افزار برای انتخاب الکتروموتور

بعضی مواقع سازندگان نرم افزار برای انتخاب الکتروموتور سوالات متفاوت و طبقه بندی شده ای از کاربر می پرسند و با این کار امکانات اضافه ای برای کاربر فراهم می کنند. برای مثال اضافه کردن یک ترمز الکترومغناطیسی (electromagnetic brake) می تواند کمک کند که زمانی که نیرو برداشته شده یا در حال استراحت است، بار در جای خود بماند.

ایده بسیار خوبی است که همیشه فاکتور ایمنی (Safety factor) را در نظر بگیریم تا هر تغییر اضافه در آینده را لحاظ کند و تغییرات بار محاسبه نشود.

در این قسمت شرط کلیدی برای انتخاب الکتروموتور مشخص شده است. زمان این رسیده است که راهنمای انتخاب محصول سازنده را بررسی کنیم تا موتوری که با این خصوصیات مطابقت دارد را پیدا کنیم.

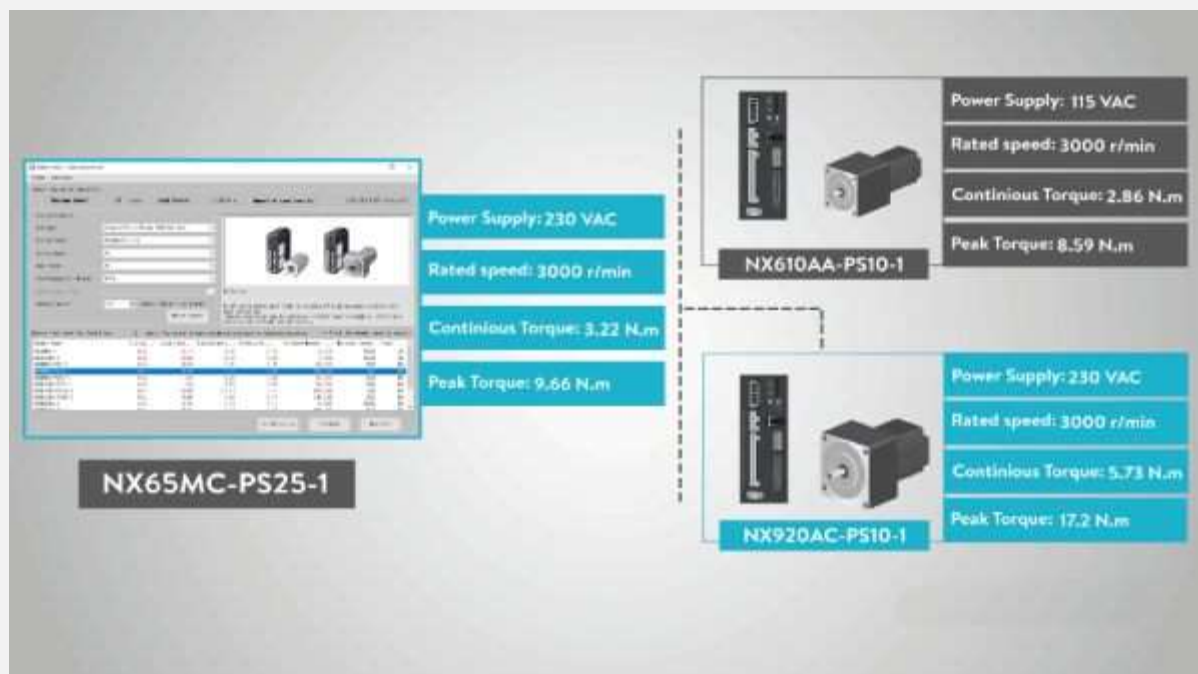


نکته کلیدی در انتخاب الکتروموتور

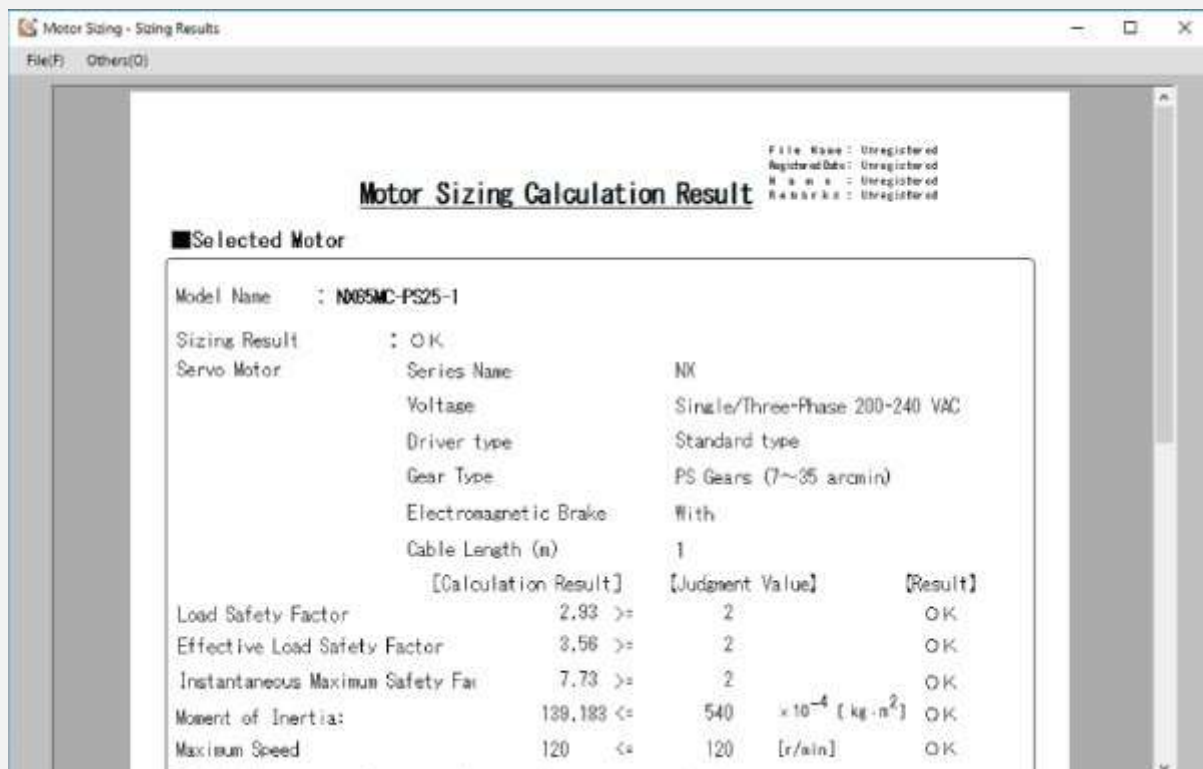
موتور و درایوی را انتخاب کنید که:

- با ولتاژ ورودی منطبق باشد

- سرعت، گشتاور پیوسته و گشتاور اوجی بیشتر از مقادیر محاسبه شده، داشته باشد.



اگر موتوری وجود داشته باشد که به معیار های شما نزدیک باشد در این مرحله کار شما به پایان رسیده است. در غیر این صورت supplied software gearing می تواند برای انطباق بیشتر بار و موتور استفاده شود. برنامه به شما این امکان را می دهد که نتایج پروفایل حرکت (motion profile) و تمام محاسبات انجام شده توسط نرم افزار را چاپ کنید.



الکتروموتورها می‌توانند گشتاور کامل خود را از ۰ به هزاران دور بر دقیقه (rpm) برسانند. ماشین‌های کمی این امکان را دارند که بدون کاهش دنده و در این سرعت‌ها این کار را انجام دهند.

کاهش دنده با میزان باری که روی سروو قرار دارد، از سه روش زیر هماهنگ می‌شود:

۱. کاهش سرعت

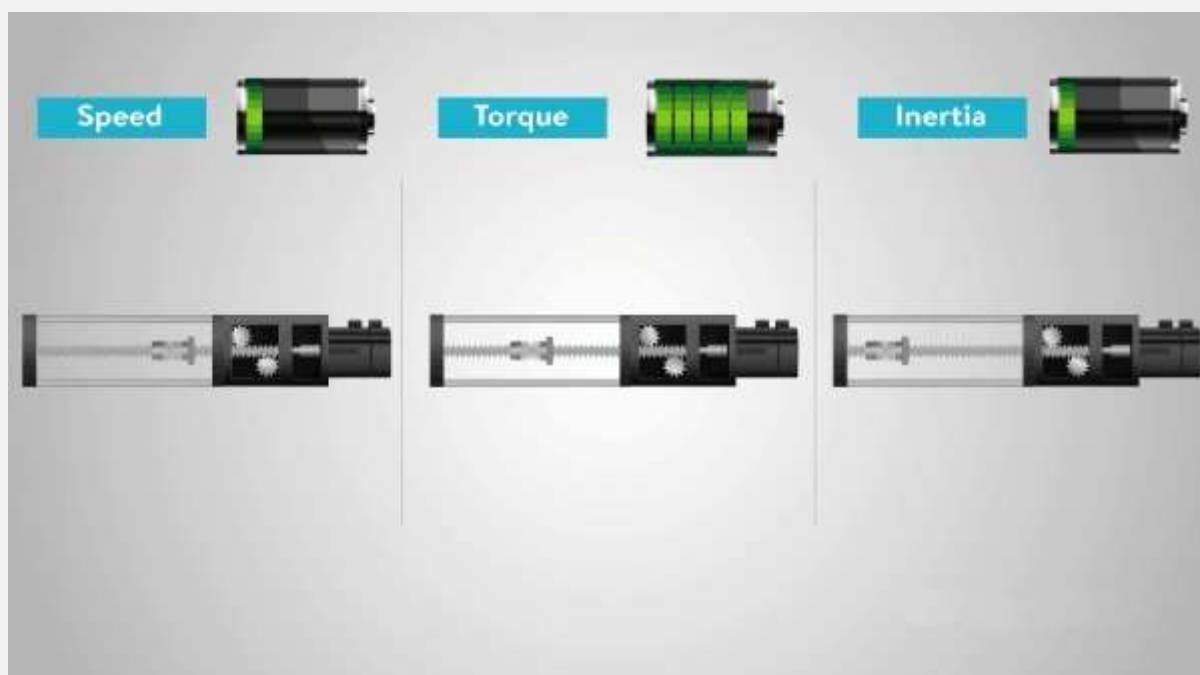
۲. افزایش گشتاور

۳. کم کردن نسبت اینرسی

سرعت متناسب با نسبت دنده (gear ratio) کاهش می‌یابد.

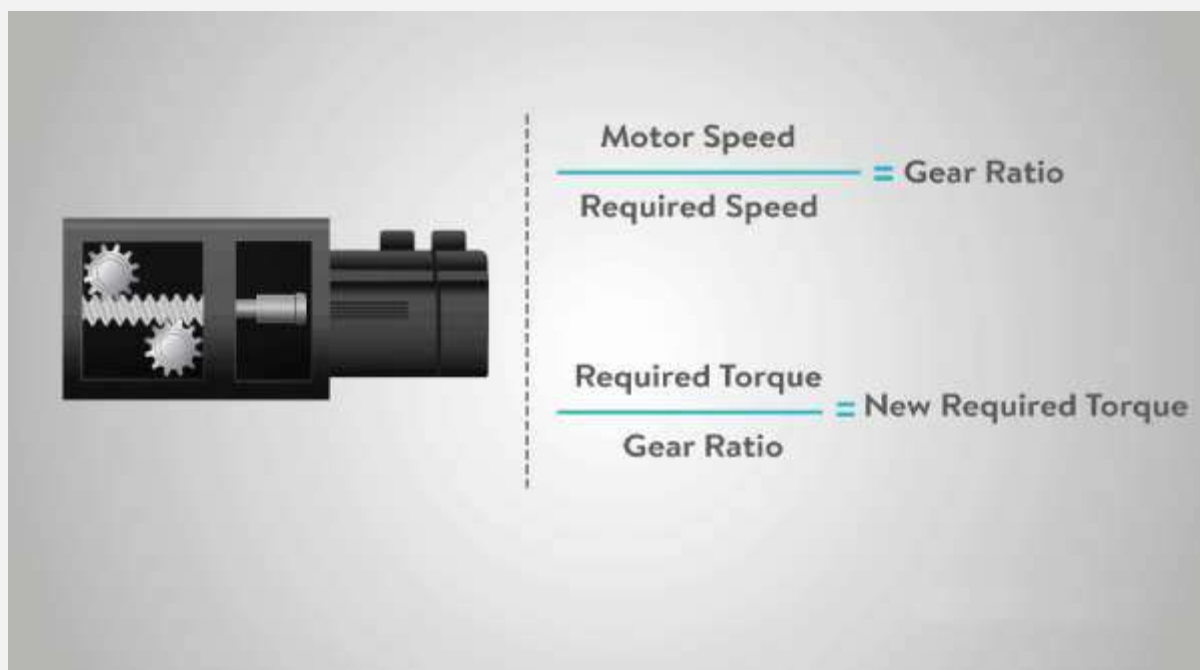
گشتاور متناسب با نسبت دنده افزایش می‌یابد.

از همه مهم تر، نسبت اینرسی متناسب با توان دوم نسبت دنده کم می‌شود.



روشی آسان برای محاسبه گشتاور و اینرسی

سازندگان جعبه دنده، اینرسی جعبه دنده‌های انواع الکتروموتور را لیست کرده‌اند. این موضوع افزودن اینرسی جعبه دنده به محاسبات گشتاور و اینرسی را آسان کرده است. بسیاری از موتورهای در دسترس می‌توانند سرعت‌های بالاتری از آنچه لازم است، داشته باشند. سرعت موتور را به سرعت مورد نیاز تقسیم کنید و نتیجه را به سمت پایین گرد کنید تا نسبت دنده شروع (gear ratio) را بدست آورید.



سپس گشتاور مورد نیاز را به نسبت دنده تقسیم کنید تا گشتاور مورد نیاز جدید به دست آید. این موضوع به شما کمک می‌کند تا دامنه انتخاب الکتروموتور کاهش یابد و انتخاب الکتروموتور آسان تر شود.

تعیین سروو درایو پس از انتخاب الکتروموتور

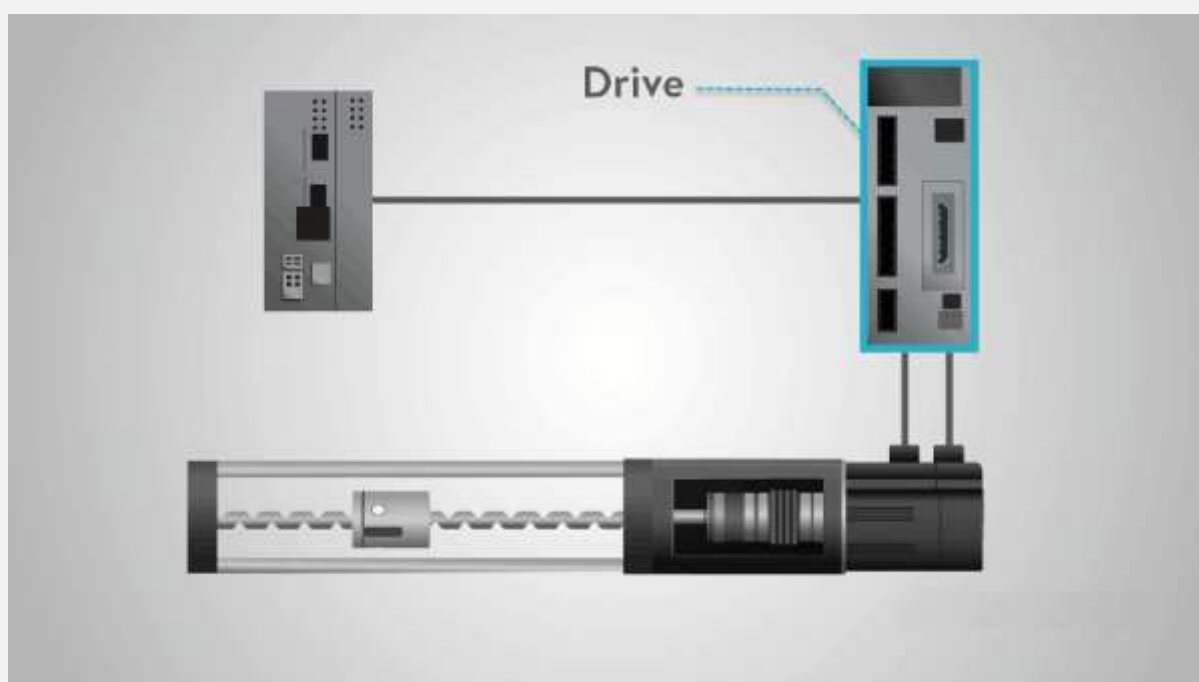
زمانی که الکتروموتور انتخاب شد، یک سروو درایو متناسب با ولتاژ ورودی و جریان خروجی کافی برای به حرکت درآوردن سروو موتور انتخاب کنید. سروو داریو ها می‌توانند به وسیله رابط‌های مختلف کنترل شوند. انواع رابط‌هایی که می‌توانید انتخاب کنید شامل:

- کنترل دیجیتال پالس و جهت (pulse and direction digital)
(control

- کنترل آنالوگ (analog control)

- سایر شبکه‌های سروو (servo networks)

سروو درایو راهکار مناسبی برای کنترل سرعت بالا و بازخورد (feedback) ، کاهش سیم کشی و قابلیت تشخیص بهتر در مقایسه با سایر رابط ها فراهم می کند.



در آخر، هر ویژگی مانند

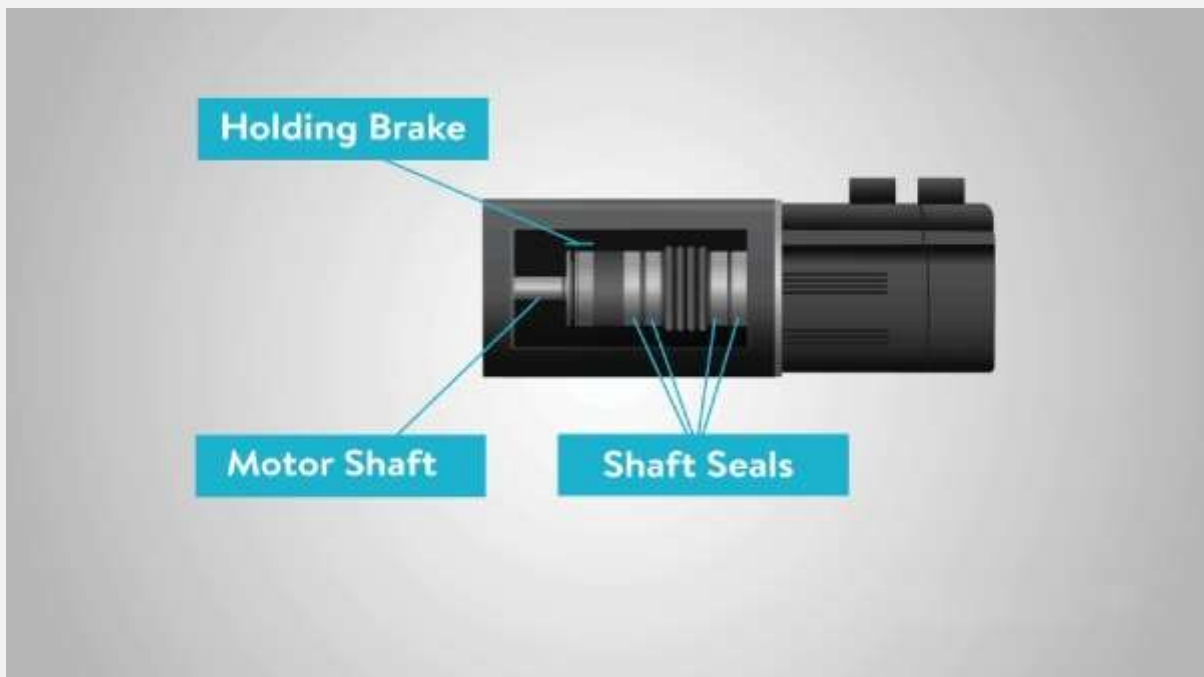
- شفت های موتور محرک (keyed motor shaft)

- آب بندی شفت (shaft seals)

- نگه داشتن ترمز برای بار های عمودی

- و یا مقاومت خارجی در برابر ترمز

را انتخاب کنید.



انتخاب بهترین الکتروموتور برای یک کاربرد خاص توانایی است که با تمرین بهتر می‌شود. زمانی که شک دارید، یک راهکار خوب این است که نتایج کارتان را با سازنده یا توزیع کننده الکتروموتورها چک (verify) کنید. با مطالعه این مطلب حال می‌دانیم چطور می‌توان یک الکتروموتور را انتخاب کرد. امیدواریم هر آنچه برای ایجاد و بهبود پروژه کنترل حرکت خود به آن نیاز داشتید در این مقاله یاد گرفته باشید.