بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست

تاریخچه ی موتور القایی خطی..... ۴
مقدمه..... ۶
ساختار..... ۱۶
مبانی..... ۱۹
فشار محوری..... ۲۰
مزیت ها..... ۲۲
موتور های خطی شتاب پایین و شتاب بالا..... ۲۲
کلاس موتورهای خطی..... ۲۴
انواع سیم پیچی..... ۲۶

فصل چهارم

موتورهای القایی خطی

تاریخچه ی موتور القایی خطی

تاریخچه ی موتور القایی خطی به دهه ی ۱۸۴۰ برمیگردد. جایی که چارلز ویتستون در کالج کینک لندن کار میکرد ولی مدل ویتستون بیش از حد ناکارآمد بود تا که عملی شود.

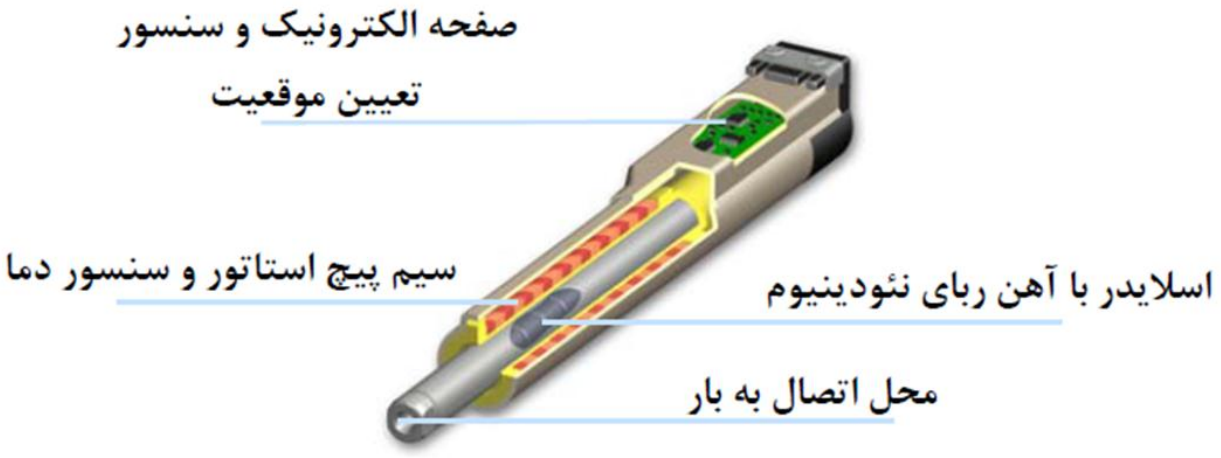
مهندس آلمانی هرمن کمپر در سال ۱۹۳۵ موفق شد یک نمونه که کار میکرد بسازد.

در دهه ۱۹۴۰پروفسور لیتویت موفق شد یک نمومه با ابعاد واقعی بسازد که به درستی کار میکرد.

در دهه ۱۹۶۰ میلادی تحقیقات اریک لیتویت بر روی این موتورها منجر به تجدید جذابیت ایده ی مگنت های شناور یا همان قطارهای شناور (مگلو) شد. در همین سالها محقق دانشگاه ماساچست هنری کلم مگنت پلین را پیشنهاد داد که میتوانست ۲۰۰۰۰ نفر را با سررعت ۲۳۰ کیلومتر بر ساعت حمل کند.

موتور های القایی خطی یک موتور خطی آسنکرون جریان متناوب است که با همان مبانی عمومی موتورهای الکتریکی دیگر کار میکند ولی طراحی شده است تا حرکت را مستقیما در یک خط راست تولید کند.

امروزه موتورهای خطی در تمامی ماشین هایی که نیازمند حرکت خطی (برخلاف حرکت دورانی) هستند به کار گرفته میشود .نوع بسیار معروف این موتورها که سرعت بالایی تولید میکنند "مگلو" ها هستند. مگلو سفری امن و پرسرعت را تامین میکنند ولی گران قیمت هستند و با سیستم ریلهای معمولی سازگار نیستند. موتورهایی القایی خطی بر خلاف اسمشان همیشه حرکت خطی تولید نمیکنند.برخی از این نوع موتورها حرکت دورانی را در شعاع بزرگ ایجاد میکنند.چرا که در حالت اخیر استفاده از موتور دورانی بسیار هزینه بر خواهد بود



مقدمه

موتورهای خطی از دهه ۱۹۷۰ به طور جدی مطرح شدند اما به واسطه پیچیدگی در کنترل و عملکرد ضعیف چندان مورد استفاده قرار نگرفتند. در دو دهه اخیر پیشرفت های حاصله در الکترونیک قدرت و پردازشگرهای دیجیتال موانع و پیچیدگی ها را مرتفع ساخته است و تحقیقات گسترده ای در زمینه ی این نوع ماشین ها صورت پذیرفته است که نتایج آن ارایه انواع کاربردهای ماشین های خطی در جامعه و صنعت میباشد.از دیدگاه تعوری هر ماشین دواری می تواند معادل خطی داشته باشد اما انواع اصلی ماشین های خطی عبارتند از : موتور خطی سنکرون اعم از رتور سیم پیچی شده با نوع مغناطیس داعم ....موتور القایی خطی از نوع یک لبه(اولیه بلند و ثانویه کوتاه یا بالعکس)و دو لبه یا ساندویچی و موتورهای پله ای خطی....ولی ستفاده از نوع القایی رواج بیشتری داشته و تا به امروز در مصارفی همچون ترن های سریع السیر ..درب های کشویی و غیره به کار رفته است.

اگر موتور القایی دواری را در راستای محور آن برش داده و بگسترانیم یک موتور القایی خطی حاصل می شود. در موتور دوار رتور درون استاتور می چرخد ولی در موتور گسترده شده اخیر رتور روی استاتور می لغزد .کماکان استاتور یک ماشین خطی دارای سیم پیچ سه فاز است که روی هسته مسطح پیچیده شده و رتور یک صفحه ی مورق فولادی است که میله ها با سیم پیچ ها در شیار های آن قرار گرفته اند.

تفاوت اساسی موتورهای دوار و خطی آن است که شار در موتور های دوار یک مسیر آهنی یکنواخت را میبینید به طوری که اگر روی سطح استوانه ی آهنی رتور با استاتور حرکت کند هرگز از آن بیرون نمی افتد حال آنکه در موتورهای خطی استاتور و رتور لبه دار هستند یعنی در مسیر حرککت روی سطح آنها جایی خواهد رسید که به پایان می رسند

تفاوت دیگر آن است که در حالت خطی به جای سرعت زاویه ای و گشتاور صحبت از سرعت خطی و نیرو است.

ω:سرعت زاویه ای

T:گشتاور

V:سرعت خطی

F:نیرو

برای دستیابی به یک نیروی مستمر و مداوم معمولا طول استاتور یا رتور نسبت به دیگری بلندتر است.مثلا در ترن های برقی از یک استاتور کوتاه و یک رتور بسیار طولانی (بلند) استفاده میشود که مسافت مبدا تا مقصد ترن را دربرمی گیرد .در این حالت استاتور در واقع درون خود ترن است و رتورروی ریل ها می باشد.

موتورهای القایی خطی مطابق شکل(۴-۱) ممکن است به صورت یک طرفه یا دو طرفه ساخته شود.

درحالت یک طرفه برای کاستن از رلوکتانس مسیر مغناطیسی علاوه بر صفحه ی فلزی که نقش سیم پیچها (یا میله ها) را در رتور ایفا میکند یک بالش فرومغناطیس(مثلا از جنس آهن) نیز درنظر گرفته میشود

وقتی استاتور ماشین القایی خطی به تغذیه ی سه فازی وصل میشود تولید یک میدان مغناطیسی متحرک میکند که با سرعت خطی سنکرون در فاصله هوای شروع به حرکت می نماید.القای جریان در رتور به همان ترتیبی که درماشین القایی دوار عمل میکند باعث تمایل به حرکت خطی رتور در این راستا با سرعتی اندکی کمتر از سرعت سنکرون میشود.چنانچه رتور را ثابت نگه داشته باشیم این استاتور است که مجبور به حرکت در جهت عکس میشود.

برای بررسی دقیق تر موتور القایی به شکل(۴-۲ الف) دقت کنید: در این شکل برای سادگی تنها سیم پیچ های یکی از سه فاز استاتور نشان داده شده است (مثلا فاز آ).این سیم پیچ تعداد دور دارد و لذا آمپر دوری ایجاد میکند که در شکل (۴-۲ ب)آمده است . اگر فقط هارمونیک اول موج را درنظر بگیریم و از سایر هارمونیک ها به علت کوچکی صرف نظر کنیم داریم:

Mmf:موج

NI:دامنه (آمپردور)

$$\cos\frac{2\pi}{\lambda}Z \qquad \text{ai}.fa=\text{Kw}.\frac{2}{n\pi}$$

در این رابطه :

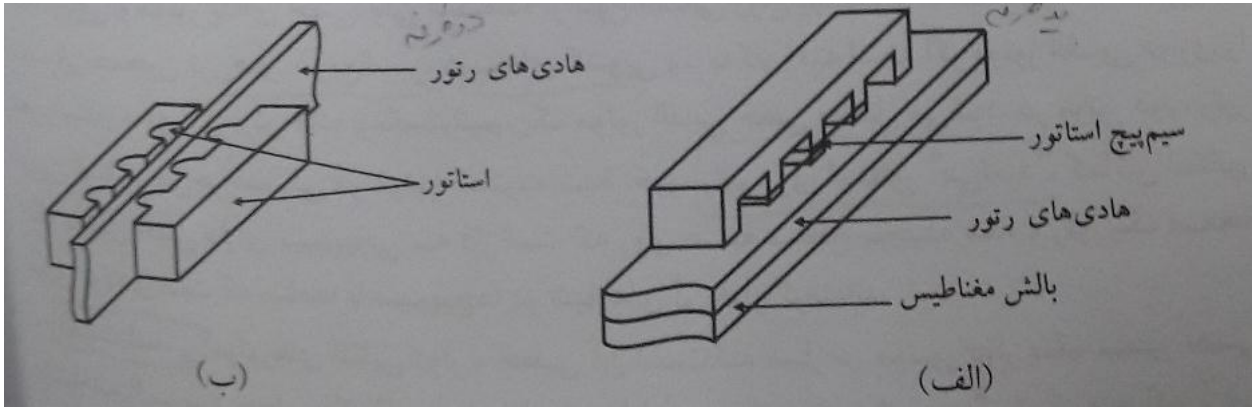
Kw:ضریب سیم پیچی

Ia:جریان لحظه ای هارمونیک اول فاز آ

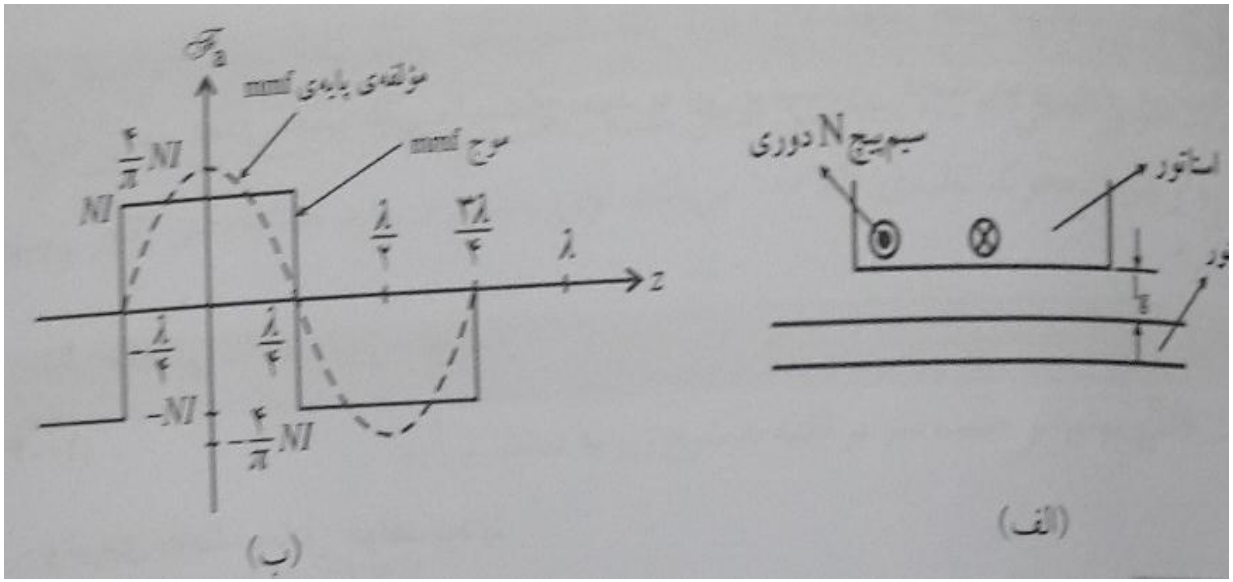
N:تعداد دور در طول رتور

Z:نقطه ای دلخواه از موتور خطی است

و λ طول موج میدان (گام قطب)از موتور خطی است.



شکل (۴-۱):انواع ماشین القایی خطی الف:یک طرفه ب:دو طرفه



شکل(۴-۲) نمای ساده ای از موتور القایی خطی و موج آن

موقعیت مکانی هرفاز از سیم پیچ استاتور نسبت به فاز بعدی به میزان ۳ / λفاصله دارد و جریان های سه فاز متعادل و با فرکانس زاویه ای ω فرض میشوند.در این صورت MMFبرابر میشود با :

$$F(Z,t)=\frac{3}{2}F_m.\cos(\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}Z)$$

$$F_m=\frac{2}{n\pi}K_W.NI_m$$

سرعت سنکرون خطی برای MMFمتحرک از برابر قرار دادن آرگومان کسینوس در معادله ی (۴-۲) با یک عدد ثابت Kحاصل میشود:

$$K=\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}Z$$

سرعت برابر با مشتق جابجایی است:

Zجابجایی:

$$V_s=\frac{dz}{dt}=\frac{\omega\lambda}{2\pi}=\lambda.f$$

معادله اخیر را میتوان برحسب گام قطب هم نوشت:

$$V_s=2\tau.f$$

که τ بیانگر گام قطب (به متر)است. هردو معادله اخیر نشان میدهند که سرعت سنکرون خطی مستقل از تعداد قطبهای استاتور است.

مشابه با موتور القایی دوار لغزش را میتوان برای موتور القایی خطی هم تعریف کرد:

$$s=\frac{Vs-Vm}{Vs}$$

در اینجا Vmسرعت خطی واقعی موتور است . توان و نیرو را در موتور خطی میتوان با مدار معادلی برگرفته از مدار معدل ماشین القایی استنتاج نمود . به این ترتیب فاصله هوایی برابر میشود با:

$$P_g=3I_2{}^2\frac{r2}{s}$$

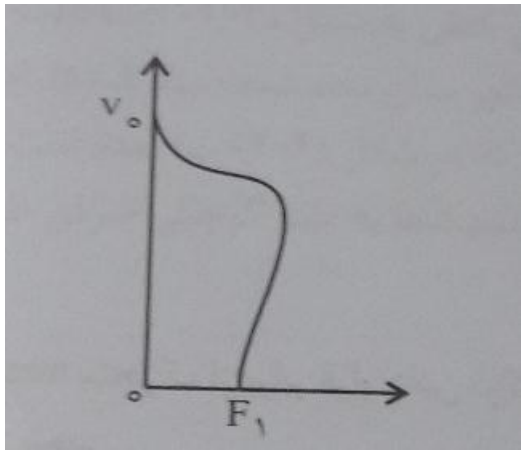
توان مکانیکی ناخالص عبارت است از:

$$P_d=(1-s)P_g$$

و نیروی حاصله معادل خواهد بود با:

$$F_d = \frac{Pd}{Vm} = \frac{Pg}{Vs} = 3I_2^2 \frac{r2}{sVs}$$

مشخصه نوعی سرعت-نیرو برای یک موتور خطی مانند شکل(۴-۳)است. اگر نیرو از حدی بیشتر شود سرعت خطی موتور به شدت سقوط میکند.لذا این موتورها اغلب در لغزش کم کار میکنند.

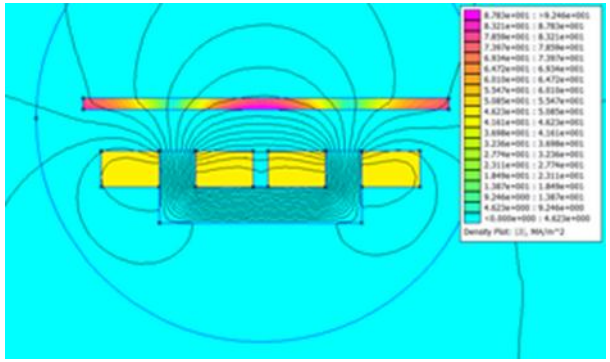


شکل(۴-۲)مشخصه ی نوعی سرعت-نیرو برای یک موتور القایی خطی

در موتور های خطی بدلیل قطع شدن هسته در هر طرف پدیده ایی به نام" اثر انتهایی "وجود دارد که در ماشین های دوار دیده نمیشود. اثر تنهایی به دو صورت استاتیک و دینامیک ممکن است ایجاد شود.اثر انتهایی استاتیک به ندرت دیده میشود و نتیجه ی وجود یک فرم نامتقارن در استاتور است.این نامتقارنی اندوکتانس های متقابل سیم پیچ های فازهای مختلف استاتور را با یکدیگر متفاوت میکند.در نتیجه توزیع نامتقارن شار در فاصله هوایی سبب القای ولتاژهای متفاوت میشود

اثر انتهایی دینامیک به واسطه ی حرکت نسبی بین استاتور و رتور ایجاد میشود.هنگامی که استاتور روی رتور حرکت میکند در هر لحظه از زمان یکی از هادی های رتور به زیر لبه ی جلویی استاتور می رود و از طرف دیگر یکی از هادی های رتور از زیر لبه ی عقبی آن بیرون می آید . هادی ای که به زیر لبه ی جلویی می رود با شار مغناطیسی فاصله هوایی مخالفت میکند. حال آنکه هادی ایی که از زیر لبه ی عقبی بیرون می رود با آن موافق است. بنابراین توزیع شار دجار اعوجاج میشود.شدت اعوجاج در لبه ی جلویی شدیدتر از لبه ی عقبی است.علاوه براین اثر اعوجاج دهنده چون هادی خارج شونده از زیر لبه ی عقبی تا لحظاتی همچون جریاندار باقی می ماند در تولید تلفات مشارکت میکند ولی در تولید نیروی محرک کمکی نمیکند .لذا افزایش تلفات در رتور منجر به کاهش بازده کلی سیستم خواهد شد

ساختار:



شبیه سازی مقطع عرضی یک رود مغناطیسی که بر اساس چگالی جریان الکتریکی رنگ شده است.

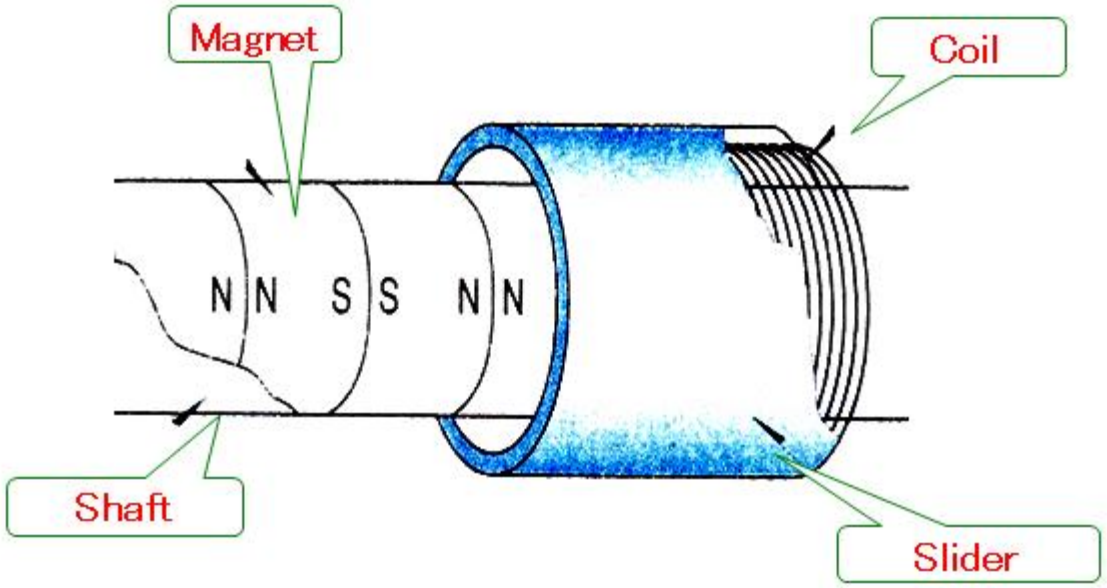
در نسخه ی یک طفه میدان مغناطیسی میتواند نیرو ی دافعه ای ایجاد کند که هادی را از استاتور دور و یا به عبارت دیگر شناور میکند و در مسیر میدان مغناطیسی متحرک حمل میکند . لیتویت این وضعیت را رود مغناطیسی نامید.

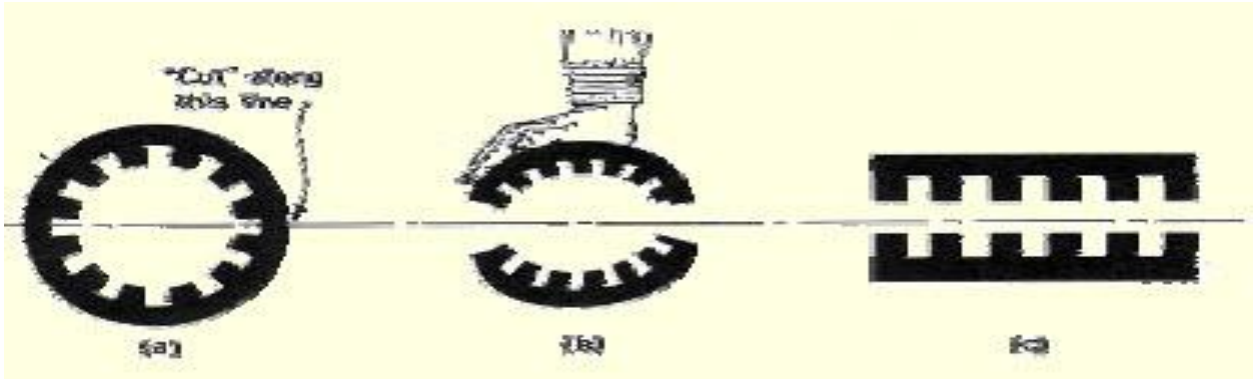
این نسخه ها از موتور القایی خطی از قواعدی که شار متقاطع نامیده میشود پیروی میکند که در آن دو قطب ناهمنام کنار به کنار قرار گرفته اند. این کار اجازه ی استفاده از قطب های بسیار طویل را میدهد که خود باعث سرعت و کارایی بالا میشود.

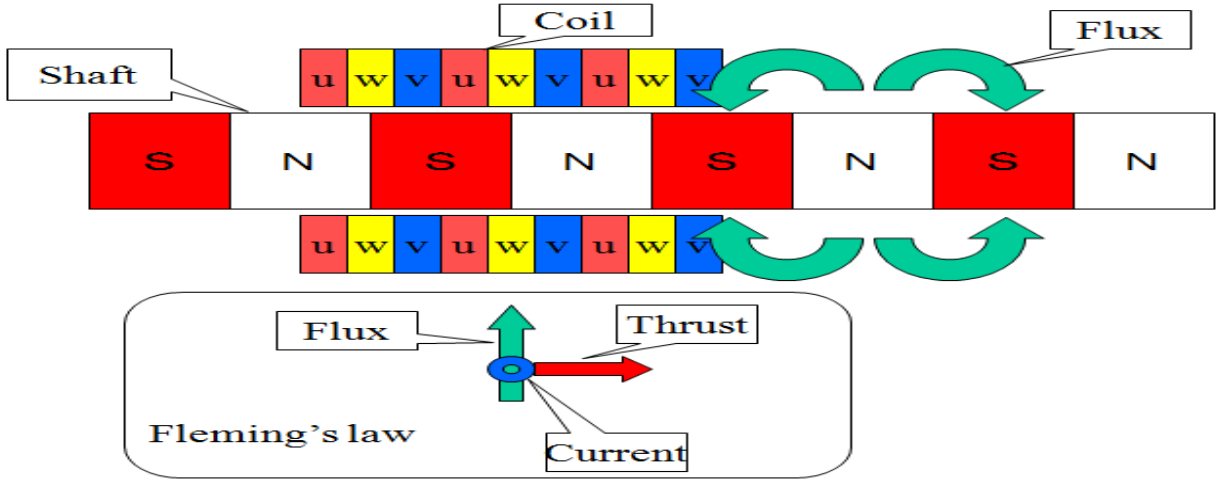
اولیه ی موتور القایی خطی عموما شامل یک هسته ی مغناطیسی است تخت(معمولاورقه ورقه شده)با شیار های اریب است که کیل ها درون شیار ها قرار میگیرند. به هر فاز یک قطب متناوب داده میشود به طوریکه فاز های مختلف از نظر فیریکی روی هم بیفتند.

متداول است که ثانویه یک ورقه ی از جنس آلومینیوم باشد که گاهی با یک ورقه ی آهنی در پشت همراه است.

برخی از موتورهای القایی خطی دو طرفه اند که یک اولیه در هر طرف ثانویه قرار دارد. در این حالت به پشتی آهنی نیازی نیست


Magnet
Coil
N N S S N N
Shaft
Slider


"Cut" along this line



مبانی:

در طراحی این نوع موتورها نیرو توسط میدان مغناطیسی متحرکخطی که بر روی هادی های درون میدان تاثیر میگذارد ایجاد میشود.در هر رسانایی که در میدان مغناطیسی قرار بگیرد اعم از کویل ها و یا یک صفحه تخت فلزی ساده طبق قانون لنز جریان های گردابی القایی که با جهت میدان مخالفت می کنند به وجود خواهد آمداین دو میدان مخالف هم یکدیگر را دفع میکنند.لذا باعث ایجاد حرکت میشود

$$n_s = 2f_s/p$$

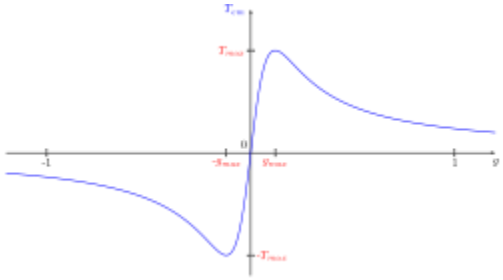
که در آن فرکانس اعمال شده است.

$$v_s = 2tf_s$$

که در آن سرعت سنکرون است.

$$v_r = (1-s)v_s$$

فشار محوری:



فشار محوری به عنوان تابعی از لغزش پیشرانه موتور القایی خطی مشابه موتور القایی معمولی است؛ نیروی پیشران مشخصه تقریباً مشابهی دارد که با لغزش مرتبط است، اگرچه به خاطر وجود اثر انتهایی دست‌خوش تغییراتی است.

در موتور با حرکت دورانی عموما رتور شامل هادی هایی است که بطور طبیعی ازهم مجزا شده اند یا به فرم قفسی یا فرم سیم پیچی شده اند. درصورتیکه در یک موتور خطی میتوان روتوری داشت که بطور ساده از یک ورق یا صفحه سخت هادی و جریان های القا شده در بدنه همین ورقه یا صفحه گردش می نمایند.

درصورتیکه در یک موتور خطی همواره میتوان به دو استاتور برخورد نمود که در مقابل هم قرار گرفته اند. که بدین وسیله مسیر بسته شدن خطوط فوران را آسانتر نموده و همین طور اندازه اندوکتانس را در فاصله هوایی افزایش می دهد. البته در این حالت اندازه ضخامت در حد امکان بزرگتر خواهد بود.

در یک موتور آسنکرون گردان عموما یک استاتور ثابت روتور گردان و گاهی روتور ثابت و استاتور گردان داشت گاهی استاتور طویل تر (بینهایت) از روتور و گاهی روتور طویل تر از استاتور می باشد.

مزیت ها:

این موتورها به دلیل شناور بودن نیاز به تعمیر و نگهداری چندانی ندارند.

مزیت دیگر استفاده از این موتورها این است که اثر شناوری را به دست می دهند.

موتور های خطی شتاب پایین و شتاب بالا:

موتورهای خطی شتاب بالا برای کاربرد های متعددی ساخته شده اند. به علت اینکه مهمات ضد زرهی کنونی

بایستی گلوله های کوچکی با انرژی جنبشی بسیار بالا باشند . یعنی دقیقا آنچه که این موتورها فراهم میکنند از انها به عنوان تسلیحات استفاده میشود.همچنین در فضا پیماها مورد استفاده قرار میگیرند.

شتاب پایین:در اکثر طرح های شتاب پایین نیرو توسط یک میدان مغناطیسی خطی سیار که بر روی هادی ها موجود در میدان عمل میکند ایجاد خواهد شد. در هر هادی یک حلقه یک سیم پیچ یا یک نکه فلز تخت که در این میدان قرار گیرد. جریان های گردابی القا شده وجود خواهد داشت و بنابراین یک میدان مغناطیسی مخالف را ایجاد خواهد کرد. دو میدان مغناطیسی همدیگر رو دفع خواهند کرد. و بنابراین جسم هادی را از استاتور دور خواهند کرد و آن را در طول جهت میدان مغناطیسی سیار حمل خواهند کرد.

کلاس موتورهای خطی:

موتور های خطی را می توان به چهار کلاس زیر تقسیم نمود:

موتور های دی سی

موتورهای القایی

موتورهای هیبریدی

موتور های نوسانی

موتورهای سنکرون شامل رلوکتانسی و استپر

که در این بین موتور های القایی از همه کاربردی تر میباشند.

کاربرد این موتورها بسیار وسیع است و همچنین در قطار های مغناطیسی که بر روی بالشتکی از هوا حرکت می نمایند کاربرد دارد. علت عدم استفاده از این موتورها در سطح وسیع هزینه ی بالای نصب و همچنین حجم زیاد مصرف انرژی میباشد.

مثلا برای هر مایل ریل گذاری برای قطار های مغناطیسی هزینه ای حدود ۱۰ تا ۳۰ میلیون دلار پیش بینی می شود.

همچنین از تکنولوژی ابر رساناها نیز در این قطارها استفاده میشود.

موتور های خطی لزوما بهترین انتخاب برای هرکاری که دارای حرکت خطی است نمی باشد به دلیل :

از زمان اختراع تا پیشرفت این موتورها زمان زیادی میگذرد و گمان نمیرود پیشرفتهایی داشته باشد.-

راندمان نسبتا کمی دارند-

ذاتا فاصله هوایی بزرگی دارند-

-کاربرد های خاصی دارند

دلایلی که باعث میشود با وجود این همه عیب باز به سراغ این موتورها برویم:

-بی سرو صدا بودم

-ارزان بودن

انواع سیم پیچی:

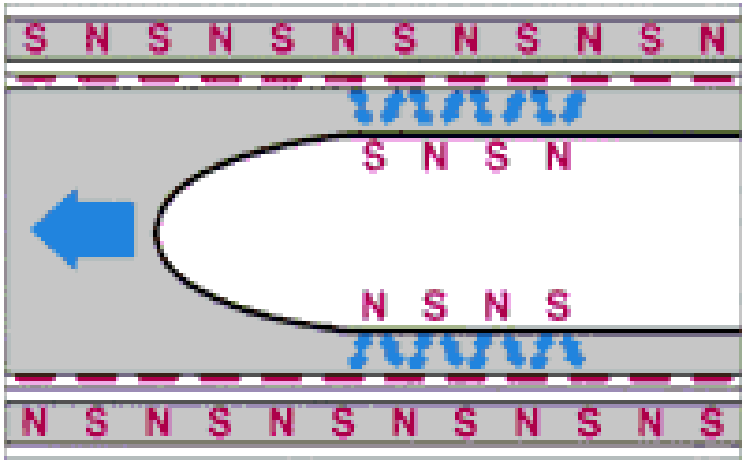
در بین سیم پیچی های این موتورها چهار نوع بیشتر مورد توجه هستند:

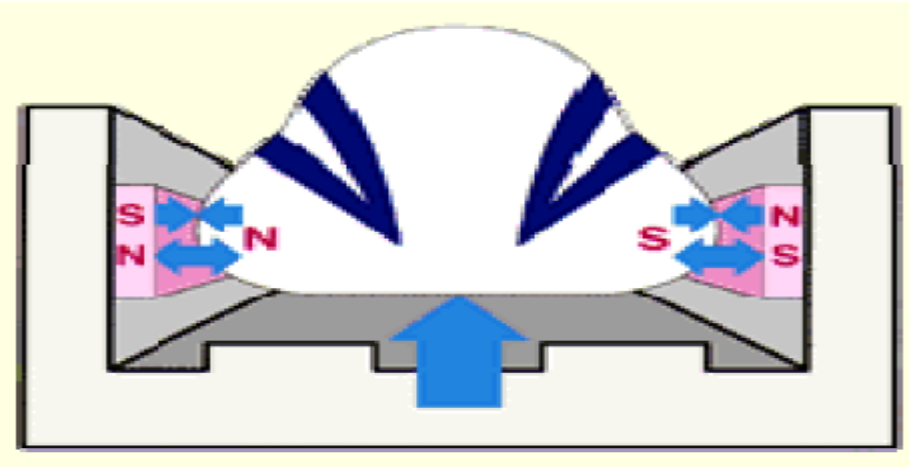
-سیم پیچی یک لایه با تعداد قطبهای زوج

-سیم پیچی سه لایه با تعداد قطبهای زوج

-سیم پیچی دو لایه با تعداد قطبهای فرد و شیارهای انتهایی با نیمه پر

-سیم پیچی اقتصادی برای هر موتور القایی خطی با قدرت کم


S N S N S N S N S N S N
S N S N
N S N S
N S N S N S N S N S N S

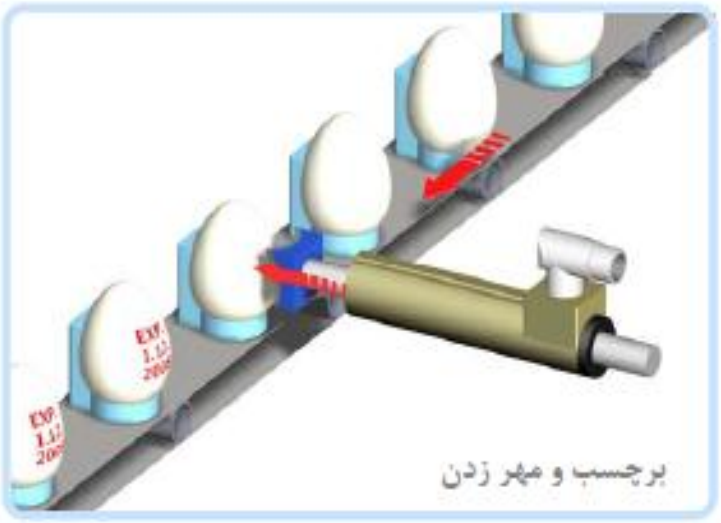

S
N
N
S
N
S

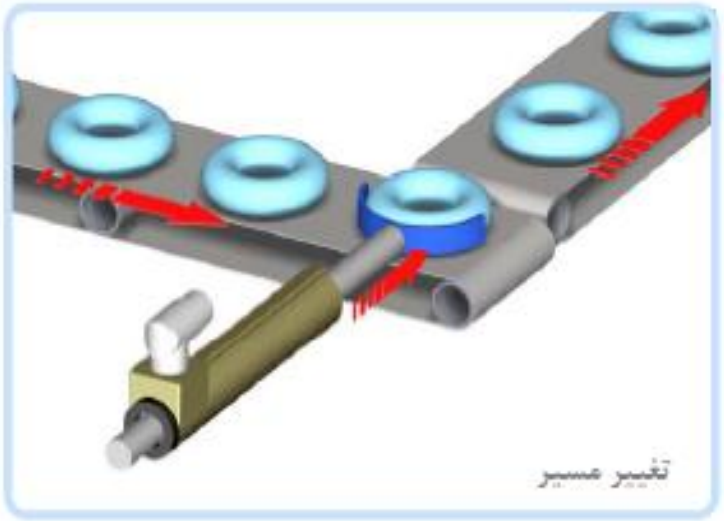
ماشینهای بسته بندی

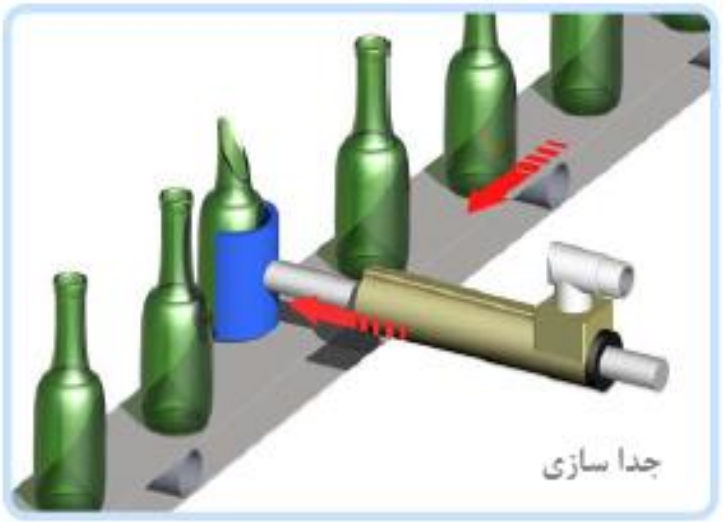
سیستم جاگذاری با سرعت بالا

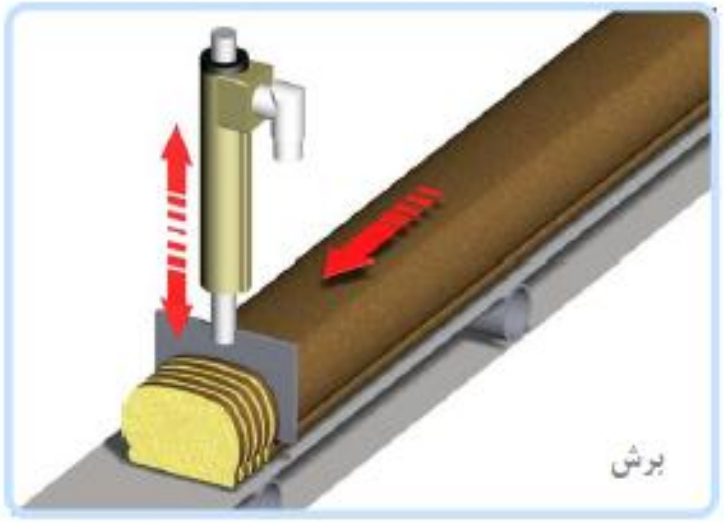
مجموعه برای جابجایی

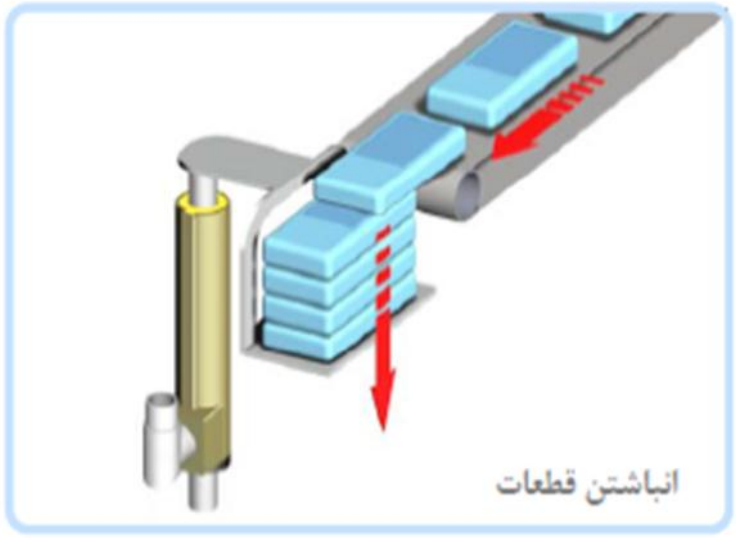
مجموعه انتقال بسته

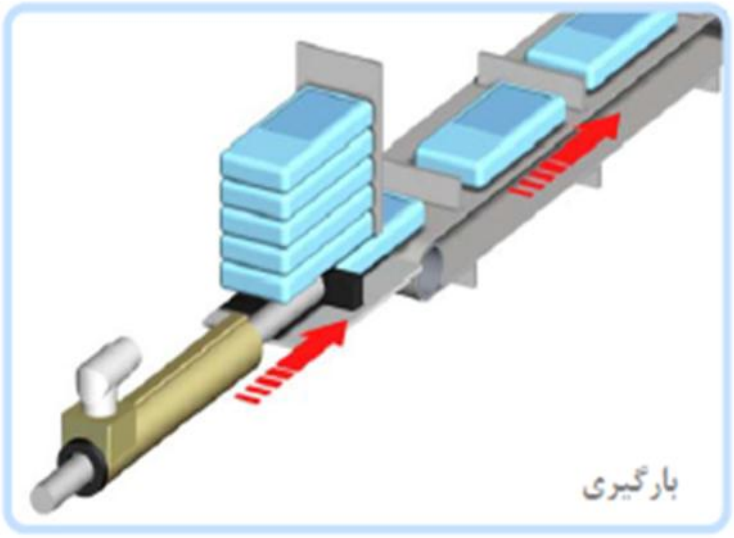

برچسب و مهر زدن

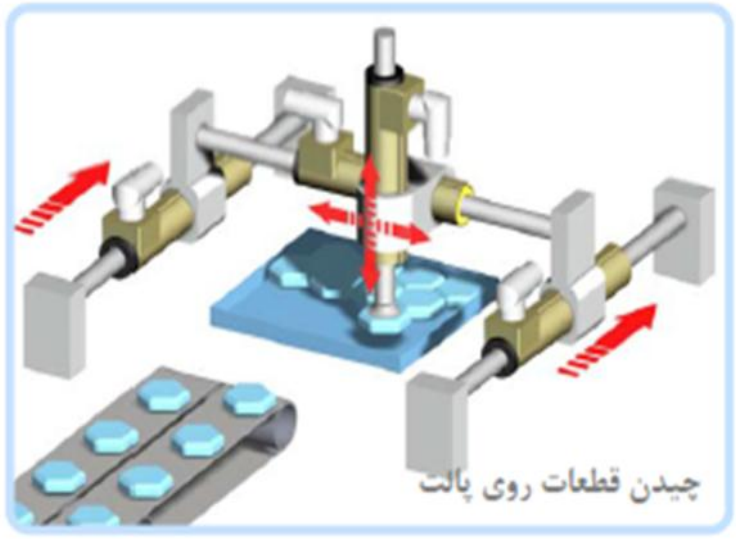

تغییر مسیر

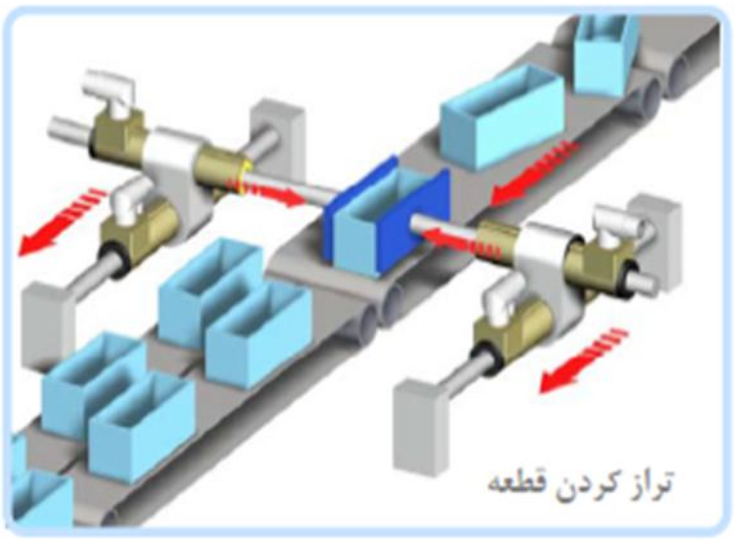

جدا سازی


برش


انباشتن قطعات


بارگیری


چیدن قطعات روی پالت


تراز کردن قطعه