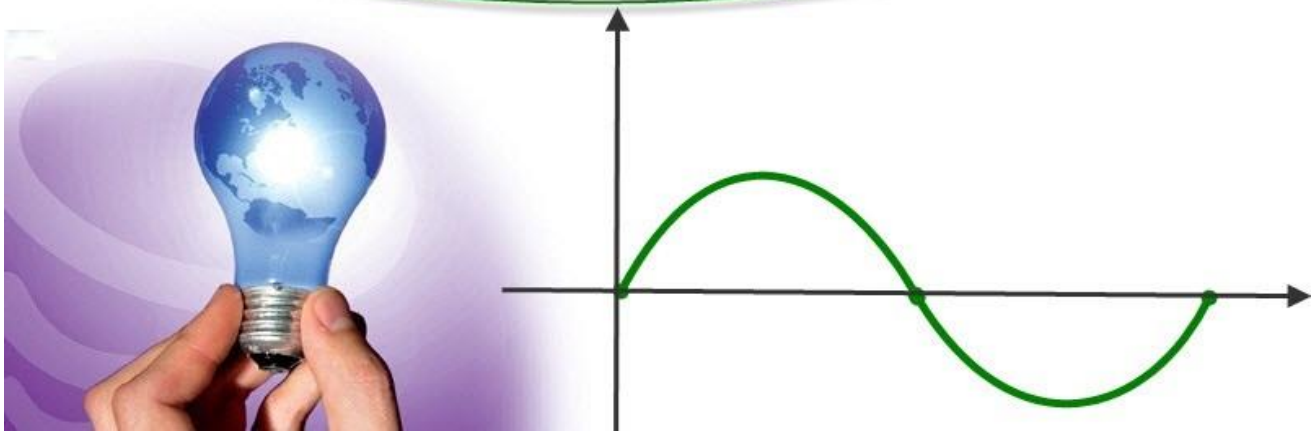
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

کنترل کننده های دور موتورهای الکتریکی و تاثیر آنها بر روی ب

ینه سازی مصرف انرژی

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۳۳۲)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

..... مقدمه.....

فصل اول

کنترل کننده های دور موتور های الکتریکی

۱-۱ درایوهای الکتریکی..... ۲

۱-۲ اجزا درایو..... ۲

۱-۳ موتورهای الکتریکی ۳

۱-۴ تنظیم کننده توان..... ۴

۱-۵ کنورتورها ۵

۱-۶ انواع کنورتورها ۶

۱-۷ امپدانس قابل تنظیم ۹

۱-۸ مدار سویچینگ ۹

۱-۹ منابع تغذیه ۱۰

۱-۱۰ بلوک کنترل کننده ۱۱

۱-۱۱ مزایای درایوهای الکتریکی ۱۲

۱-۱۲ مقایسه بین درایوهای ac و dc ۱۴

۱-۱۳ قابلیتهای کنترل کننده های دور موتور مدرن ۱۵

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

کنترل درایوهای الکتریکی

۲-۱ کنترل در حالت حلقه باز ۱۹
۲-۲ کنترل در حالت حلقه بسته ۲۰
۲-۳ کنترل گشتاور ۲۰
۲-۴ کنترل سرعت ۲۱
۲-۵ کنترل وضعیت زاویه ای ۲۲
۲-۶ بهبود ساختار کنترل کننده های حلقه بسته ۲۳
۲-۷ کنترل کننده های PID ۲۵
۲-۸ مقادیر مجاز یا نامی ۲۷
۲-۸-۱ حداکثر مقدار مجاز جریان ۲۷
۲-۸-۲ حداکثر مقادیر گشتاور،سرعت،توان ۲۸
۲-۹ راه اندازی درایو ۳۰
۲-۱۰ ترمز درایو ۳۰
۲-۱۱ کنترل سرعت درایو ۳۱
۲-۱۲ اصول کنترل سرعت ۳۳
۲-۱۲-۱ عملکرد درایو در شرایط افزایش سرعت ۳۳
۲-۱۲-۲ عملکرد درایو در کاهش سرعت ۳۵
۲-۱۲-۳ کاهش با استفاده کنورتور یک ربعی ۳۵
۲-۱۲-۴ کاهش با استفاده دو ربعی ۳۶
۲-۱۳ عملکرد در شرایط چرخش ۳۸

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

موتورهای جریان مستقیم DC

۳-۱ روابط سرعت- گشتاور در حالت دائمی موتورهای DC.....۴۱
۳-۲ راه اندازی ۴۵
۳-۳ روشهای کنترل سرعت موتورهای مستقیم ۴۶
۳-۳-۱ کنترل ولتاژ آرمیچر ۴۷
۳-۳-۲ کنترل میدان.....۴۸
۳-۳-۳ ترکیب روشهای ولتاژ آرمیچر و میدان ۵۱
۳-۳-۴ کنترل مقاومت آرمیچر ۵۲
۳-۴ حداقل نمودن تلفات در محرکه های DC.....۵۳

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم

موتورهای القائی

۴-۱ عملکرد موتورهای القائی سه فاز ۵۷
۴-۲ راه اندازی ۵۹
۴-۴ ترمز کردن ۶۱
۴-۴ کنترل سرعت ۶۱
۴-۴-۱ کنترل سرعت با منبع ولتاژ متغیر و فرکانس ثابت ۶۲
۴-۴-۲ کنترل سرعت با متغیر فرکانس ۶۳
۴-۵ حداقل نمودن تلفات ۶۴
۴-۶ محرکه های موتور القائی روتور سیم بندی شده با کنترل قدرت لغزش ۶۶
۴-۶-۱ کنترل استاتیکی مقاومت روتور ۶۷
۴-۶-۲ محرکه های استاتیکی شربیوس ۷۰
۴-۷ عملکرد محرکه ۷۱
۴-۸ کنترل سرعت در فوق سنکرون ۷۵
۴-۹ مسائلی که درایوهای متغیر بوجود می آورند ۷۸
۴-۱۰ تکنولوژی الکترونیک قدرت و درایوهای AC ۸۵

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم :

بهینه سازی مصرف انرژی

۵-۱ تاثیر کنترل دور موتورهای الکتریکی بروی بهینه سازی مصرف انرژی.....۸۹

۵-۲ کنترل کننده های دور موتور ۹۴

۵-۳ انتخاب موتور مناسب ۹۷

۵-۴ تطابق موتور و بار ۹۷

۵-۵ موتور با راندمان بالا ۹۹

فصل ششم:

مدیریت بهینه سازی مصرف انرزی و نقش کنترل کننده ها

۶-۱ دستورالعملهای لازم برای بهبود عملکرد موتورهای الکتریکی ۱۰۳

۶-۲ دسته بندی اقدامات لازم برای بهینه سازی مصرف انرژی.....۱۰۵

٦-٣ مزاياي استفاده از كنترل كننده هاي دور موتور.....١٠٥

٦-٤ مدیریت بهینه سازی مصرف انرژی و نقش کنترل کننده های دور موتور.....۱۰۷

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم

صرفه جویی در بخشهای مختلف صنعتی:

۷-۱ یک مطالعه موردی در ایران..... ۱۱۱
۷-۲ پمپها و فنها..... ۱۱۵
۷-۳ قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن..... ۱۱۷
۷-۴ مثال از محاسبات صرفه جوئی انرژی در فن..... ۱۲۲
۷-۵ ماشین تزریق پلاستیک..... ۱۲۴
۷-۶ صرفه جوئی انرژی در تاسیسات آب و فاضلاب ۱۲۵
۷-۷ کمپرسورها..... ۱۲۶
۷-۸ نیروگاهها..... ۱۲۶
۷-۹ سیمان..... ۱۲۷
۷-۱۰ نرم افزار کاربردی کنترل پمپ و فن..... ۱۲۹
۷-۱۱ نرم افزار کاربردی کنترل سطح پیشرفته..... ۱۳۰
۷-۱۲ توصیه ها..... ۱۳۰
۷-۱۳ موانع در سیاست گذاری انرژی..... ۱۳۳
۷-۱۴ خلاصه ای از این بخش ۱۳۴
منابع ۱۳۵

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

در سالهاي اخير بهينه سازي مصرف انرژي در صنايع بدلايل اقتصادي و زيست محيطي اهميت بيشتري يافته و موجب شده است كه اقدامات عملي گسترده اي در اين زمينه بعمل آيد. علي رغم اينكه يكي از بزرگترين مصرف كنندگان انرژي الكتريكي در بخش صنعت موتورهاي الكتريكي مي باشند ، ليكن در زمينه افزايش بازدهي مبدلهاي انرژي الكتريكي به مكانيكي مستقر در صنايع اقدامات عملي چنداني بعمل نيامده است. بديهي است كه افزايش بازدهي محرك هاي صنعتي نه تنها از نظر اقتصادي مورد توجه استفاده كنندگان مي باشد بلكه در برنامه‌ريزي انرژي در سطح ملي نيز حائز اهميت است .

مطالعات انجام شده در صنايع ايران حكايت از وضعيت نابسامان انتخاب و بهره برداری از موتورهای الکتریکی دارد . بر اساس اين تحقيقات اغلب موتورها بزرگتر از ميزان نياز انتخاب شده و در شرائط بدی نگهداشت ميشوند. استفاده از موتورهای با راندمان بالا در ايران رايج نبوده و گزارش موثری از استفاده از درايو جهت صرفه جوئی انرژی در دست نيست. كاربردهاي صنعتي بسياري مي تو.ان يافت كه موتورها در بازدهي بسيار پايين تر از مقدار حداكثر قرار دارند . بعنوان مثال در يكي از كارخانجات صنعتي كشورمان در يك مورد ، متوسط توان مصرفي در يك موتور القائي سه فاز صنعتي تنها ۲۸% توان نامي اندازه گيري شده است. بديهي است پايين بودن توان خروجي، تا اين حد تاثيرات منفي قابل توجهي بر بازدهي و ضريب توان موتور خواهد داشت .

از سوی ديگر دولت نيز نتوانسته است در ترويج فرهنگ استفاده بهينه از انرژی الكتريكی توفيقات خوبی داشته باشد. بعنوان مثال وزارت نيرو و سازمانهای وابسته به آن كه مشخصا در زمينه بهينه سازی مصرف انرژی الكتريكی در سطح كلان عمل ميكند هنوز در ارتباط با كاهش مصرف داخلی نيروگاهها اقدام موثری بعمل نياورده است. در حاليكه پتانسيل صرفه جوئی انرژی الكتريكی زيادی در نيروگاهها وجود دارد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

کنترل کننده های دور موتورهای الکتریکی یا درایو ها:

WikiPower.ir

۱-۱ درایوهای الکتریکی:

امروزه در بسیاری از صنایع و حتی در وسایل خانگی، نیاز به کنترل حرکت می باشد. کنترل حرکت بر حسب نیاز به صورت کنترل وضعیت زاویه ای ، مسافت پیموده شده ، کنترل سرعت و یا کنترل گشتاور انجام می گیرد. به عنوان مثال می توان، به کاربرد این کنترل کننده ها در سیستمهای حمل و نقل، صنایع نورد ، کاغذسازی ، نظامی و نساجی و همچنین ماشین افزار ، ربات و ماشین لباسشوئی اشاره نمود. مجموعه سیستمی را که بوسیله آن حرکت یک بار مکانیکی در اشکال مختلف آن کنترل گردیده و امکان دستیابی به گشتاور و سرعت های مختلف فراهم می گردد ، یک درایو می نامند.

در هر درایو یک قسمت به نام موتور و یا محرک اصلی وجود دارد ، که در واقع منبع ایجاد حرکت می باشد این قسمت به صورت های مختلف هیدرولیکی ، پنوماتیکی ، موتور مکانیکی و یا موتور الکتریکی می باشد . درایوی که در آن ایجاد حرکت به وسیله موتور الکتریکی انجام می گیرد ، اصطلاحاً درایو الکتریکی نامیده می شود .

۱-۲ اجزای درایوهای الکتریکی :

در شکل زیر اجزای یک درایو الکتریکی نشان داده شده است . همانگونه که ملاحظه می گردد، اجزای اصلی عبارتند از منبع تغذیه ، سیستم تنظیم کننده توان ، بلوک کنترل کننده و بار مکانیکی . بار مجموعه ای متشکل از

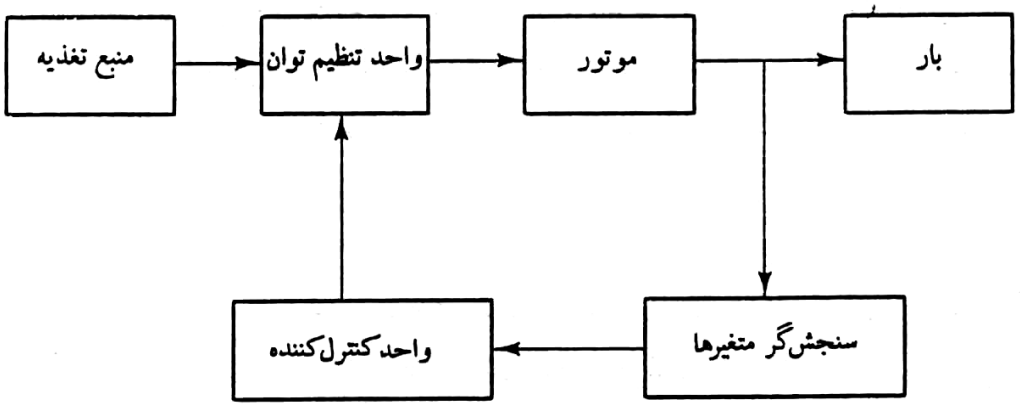
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اجزاء مکانیکی است که جهت انجام کار خاصی طراحی شده اند . به عنوان مثال می توان به هواکش ، جرثقیل ، ربات ، ماشین لباسشوئی و ماشین افزار اشاره نمود. در فصل دوم در خصوص انواع بارهای مکانیکی بحث خواهد شد . در این مبحث سایر اجزاء درایو شرح داده می شوند.

۳-۱ موتورهای الکتریکی :

در درایوهای الکتریکی از موتورهای الکتریکی مختلف استفاده می شود . این موتورها عبارتند از : موتورهای جریان دائم ، در انواع موازی ، سری ، کمپوند و مغناطیس دائم ، موتورهای القایی با رتور سیم پیچی شده و رتور قفسه ای و موتورهای جریان دائم فاقد جاروبک ، موتورهای پله ای و بالاخره موتورهای سویچ رلکتانس .

در گذشته هر کجا نیاز به کنترل سرعت دقیق ، در محدوده وسیع بود، از موتورهای جریان دائم استفاده می شد و موتورهای ac به دلیل هزینه زیاد و راندمان نامناسب به کار گرفته نمی شدند . امروزه با پیشرفت در صنایع الکترونیک قدرت و ساخت ارزان قیمت انواع کنورتورها و به دلیل مزایای متعدد موتورهای ac نسبت به موتورهای dc عبارتند از : عدم وجود سیستم کموتاتور ، که باعث کاهش نیاز به سرویس و هزینه های مربوط به نگهداری می شود، حجم و وزن کمتر و به تبع قیمت ارزانتر به عنوان مثال قیمت یک موتور القایی قفسه ای نسبت به یک موتور dc به قدرت مشابه در حدود یک سوم می باشد . در عین حال موتور القایی محکم و دارای قابلیت عملکرد در سرعت و گشتاورهای بالا می باشد. موتورهای القایی با روتور سیم پیچی شده ، اگرچه نسبت به نوع قفسه ای گرانقیمت تر هستند و نیاز به سرویس و نگهداری بیشتری دارند ، ولی باز هم نسبت به نوع dc برتری خواهند داشت.



بلوک دیاگرام درایو الکتریکی در حالت کلی

موتورهای سنکرون معمولی دارای راندمان و ضریب قدرت مناسب بوده ولی قیمت و حجم آنها نسبت به نوع القایی بیشتر است.

موتور سنکرون مغناطیس دائم، همه مزایای قبلی را داراست ، ولی عملاً در قدرتهای پایین ساخته می شود. موتورهای dc فاقد جاروبک، مشابه موتورهای سنکرون مغناطیس دائم هستند . از این موتورها در قدرتهای کم و سرعت زیاد استفاده می شود.

۱-٤ تنظیم کننده توان:

قسمت دیگر یک درایو الکتریکی ، بلوک تنظیم کننده توان می باشد . این قسمت می تواند وظایفی به شرح زیر را انجام دهد.

تنظیم توان جاری شده از منبع به سمت موتور، به نحوی که بتوان به نقطه کار مورد نظر بر روی مشخصه سرعت – گشتاور بار مکانیکی رسید.

میزان جریان کشیده شده از منبع و یا جریان موتور، در مدت زمان عبور سیستم از حالت گذار به حالت پایدار ، مانند لحظه راه اندازی ، ترمز و یا معکوس کردن جهت چرخش، در حد مجاز نگه داشته می شود، تا از آسیب رسیدن به سیستم و یا افت ولتاژ ناشی از اضافه جریان جلوگیری شود .

انرژی منبع به نوع مناسب، جهت تغذیه موتور تبدیل گردد . به عنوان مثال

اگر منبع از نوع dc و موتور از نوع ac است باید از یک مبدل dc-ac استفاده گردد. در این حالت تنظیم کننده توان کنوتور نامیده می شود.

تنظیم و انتخاب جهت جاری شدن توان و انرژی بر حسب نواحی کاری، از قبیل ناحیه موتوری یا ترمزی .

تنظیم کننده های توان را می توان به طرق مختلف دسته بندی کرد، از جمله دسته بندی به انواع : کنورتورها ، امپدانسهای متغیر و مدارهای سویچ کننده .

۱-٥ کنورتورها:

وقتی از تنظیم کننده توان جهت تبدیل انرژی الکتریکی از نوعی به نوع دیگر استفاده می شود، (وظیفه شماره ۳) ، به آن اصطلاحاً کنورتور می گویند . البته در این حالت کنورتور می تواند بر حسب نیاز وظایف ذکر شده دیگر را هم انجام دهد.

منابع تغذیه اصلی درایو معمولا به دو شکل زیر هستند :

منبع ولتاژ ac با دامنه و فرکانس ثابت

منبع ولتاژ dc با دامنه ثابت

موتورهای مورد استفاده هم دو دسته هستند :

موتورهای dc ، که نیاز به ولتاژ dc با دامنه متغیر دارند.

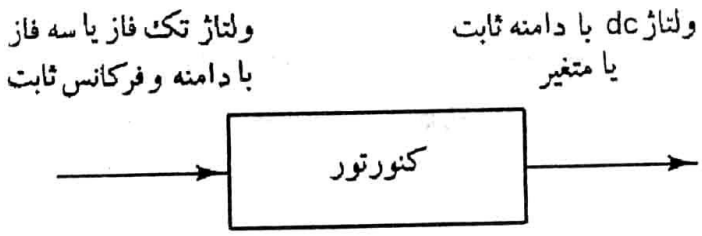
موتورهای ac که نیاز به ولتاژ با دامنه و فرکانس متغیر دارند .

لذا بر حسب نوع موتور از کنوتورهای مختلف استفاده خواهد شد. جهت ساخت کنورتورها از المانهای نیمه هادی از قبیل ترانزیستورهای قدرت ، IGBT ، GTO و MOSFET استفاده می شود.

۶-۱ انواع کنورتورها:

الف – کنوروتورهای مبدل ac به dc :

در این نوع کنورتور ، از منبع تغذیه ac با دامنه و فرکانس ثابت جهت تولید ولتاژ dc استفاده می شود. چنانچه جهت ساخت کنورتور از یکسو کننده های دیودی استفاده شده شده باشد ، دامنه ولتاژ dc خروجی ثابت خواهد بود. و در صورت به کارگیری المانهای نیمه هادی با قابلیت کنترل زاویه آتش ، مانند ترانزیستور یا GTO ، دامنه ولتاژ و جریان متغیر با جهت دلخواه را داشته باشد، و یا به عبارت دیگر بتواند در صفحه مشخصه ولتاژ و جریان و ضریب قدرت در دو ربع و یا چهار ربع ناحیه کاری عمل نماید. میزان تولید هارمونیک جریان و ضریب قدرت در انواع مختلف کنورتور متفاوت می باشد ، و با بهبود ساختار سیستم های کنترل کننده کنوروتور این مقادیر بهینه می گردند.

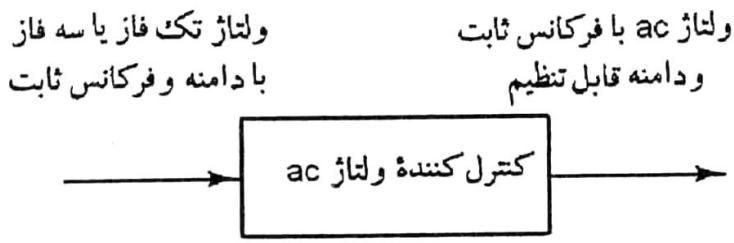


کنورتور ac به dc

در بعضی از روشهای سنتی جهت تغییر سطح ولتاژ و همچنین تبدیل ولتاژ ac به dc ، از مجموعه ای متشکل از ترانسفورماتور و ماشین های دوار استفاده می شود.

ب – کنترل کننده های ولتاژ ac یا رگولاتور:

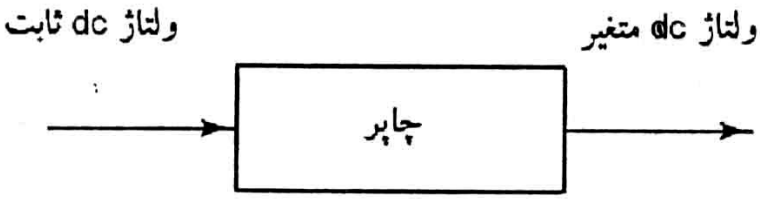
از کنترل کننده ولتاژ ac در شرایطی استفاده می شود که منبع تغذیه ac ثابت موجود بوده ، و ولتاژ ac با همان فرکانس منبع ولی با دامنه قابل تنظیم مورد نیاز باشد. برای این منظور ، در روش های سنتی انوترانسفورماتور به کار گرفته می شود. ولی امروزه کنترل کننده های ولتاژ تریستوری ترجیح داده می شوند ، در این صورت جهت تغییر دامنه ولتاژ خروجی از تنظیم زاویه آتش تریستورها استفاده می شود. البته در حالت اول ولتاژ و جریان کاملاً سینوسی هستند، ولی در شرایط به کارگیری تریستور دارای هارمونی بوده، و ضریب قدرت هم کاهش خواهد یافت .



شکل ۱-۳ کنترل کنندهٔ ولتاژ ac

ج – کنورتورهای dc-dc یا چاپر:

از چاپر در مواردی استفاده می گردد که منبع ولتاژ dc ثابت موجود بوده ، و ولتاژ dc با دامنه متغیر مورد نیاز می باشد. برای این منظور نسبت زمانی عملکرد چاپر محاسبه، و سویچ زنی به نحو مناسب انجام خواهد گرفت .

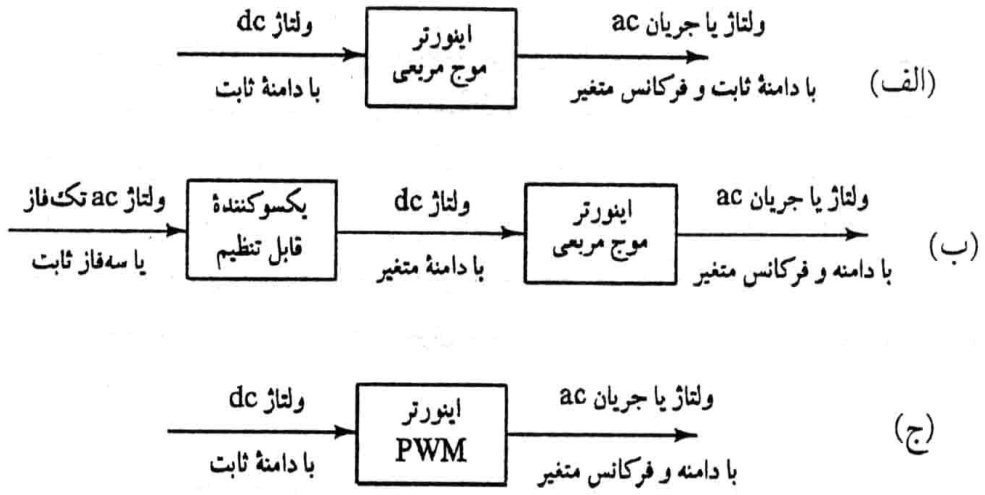


کنورتور dc-dc یا چاپر

د- اینورتر:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

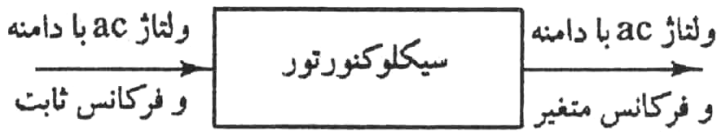
از اینورتر در مواردی استفاده می گردد که منبع ولتاژ dc ثابت در اختیار بوده ، و ولتاژ یا جریان ac با دامنه ثابت و فرکانس قابل تنظیم مورد نیاز می باشد، جهت تولید ولتاژ یا جریان ، با دامنه و فرکانس قابل تنظیم ، ابتدا دامنه ولتاژ dc ورودی با استفاده از یکسو کننده های قابل تنظیم به مقدار مناسب تولید می گردد ، روش دیگر جهت دستیابی به هدف فوق استفاده از اینورترهای PWM است .



انواع اینورتر الف) اینورتر موج مربعی، ب) اینورتر موج مربعی همراه با یکسو کنندهٔ قابل تنظیم، ج) اینورتر PWM

ه- سیکلوکنورتور:

کنورتور هایی که ورودی آنها منبع ولتاژ ac با دامنه و فرکانس ثابت ، و خروجی ، ولتاژ ac با دامنه و فرکانس قابل تنظیم باشد ، سیکلوکنورتور نامیده می شوند . برای این منظور از تنظیم زوایای آتش المانهای نیمه هادی در سیکلوکنورتور استفاده می شود.



شکل ۱-۶ سیکلوکنورتور

۱-۷ امپدانس های قابل تنظیم:

تغییر و تنظیم ولتاژ ورودی به درایوهای dc یا ac با استفاده از مقاومت و یا امپدانسهای متغیر امکان پذیر می باشد . از این مقاومت ها جهت ایجاد حالت ترمز هم استفاده می شود. در روشهای سنتی تغییر میزان مقاومت موثر با به کارگیری کنتاکتور های مکانیکی و به طریق دستی یا اتوماتیک انجام می گیرد . امروزه از سویچهای نیمه هادی که به طور موازی از سویچهای نیمه هادی که به طور موازی با یک مقاومت ثابت قرار می گیرند استفاده می شود دراین روش با تغییر نسبت زمانی عملکرد ، میزان مقاومت موثر در مدار تغییر داده می شود.

جهت محدود کردن جریان راه اندازی موتورهای ac ، استفاده از انداکتور (سلف) نیز متداول می باشد. همچنین در کاربردهای با قدرت بالا ، استفاده از رئوستاهای مایع امکانپذیر می باشد.

۱-۸ مدارهای سویچینگ:

از عملیات سویچ کردن (قطع و وصل)، در موارد مختلف زیر استفاده می شود :

الف- تغییر ناحیه کاری موتور (چهار ناحیه کاری)

ب – تغییر نحوه اتصالات سیم پیچهای موتور، که باعث تغییر پارامترها در شرایط راه اندازی ، ترمز و یا تغییر سرعت موترو می گردد.

ج – عملکرد درایو مطابق برنامه ریزی انجام شده .

د- قطع موتور در شرایط بروز خطا در سیستم

ه – انجام فرامین صادره توسط کنترل کننده منطقی قابل برنامه ریزی (PLC)

از این کنترل کننده ها ، جهت انجام عملیاتی که باید با توالی منظم و ارتباطاتی خاص انجام گیرد، استفاده می گردد.

جهت انجام عملیات سویچ کردن در مدارهای قدرت موتورهای الکتریکی، از رله های الکترومغناطیسی که اصطلاحاً کنتاکتور نامیده می شوند استفاده می شود. امروزه استفاده از سویچهای تریستوری بسیار متداول شده است.

۱-۹ منابع تغذیه:

منبع تغذیه درایوها عموماً ازنوع ac سه فاز است. چنانچه توان مصرفی درایو کم باشد از منبع تغذیه تک فاز استفاده می گردد. البته درایوهای مربوط به سیستم های حمل و نقل از این قاعده

استثناء هستند ، زیرا اگرچه توان آنها بالا است ولی به دلیل مسائل اقتصادی در این درایوها از منبع تک فاز استفاده می شود.

چنانچه درایو مستقیماً توسط منبع ac با فرکانس ۵۰ Hz تغذیه شود، حداکثر سرعت ممکنه موتورهای القایی و یا سنکرون معادل ۳۰۰۰ دور در دقیقه خواهد بود. چنانچه سرعتهای بیشتری مورد نیاز باشند ، استفاده از سیستم های کنوروتور مناسب می باشند. اندازه ولتاژ تغذیه موتورها بستگی به توان آنها دارد . موتورهای با قدرت کم و یا متوسط (حدود ۱۰ کیلو وات) معمولاً توسط منبع ۴۰۰ V تغذیه می شوند . جهت موتورهای با قدرت بالا از منابع ۳/۳ kv و ۶/۶ kv ، ۱۱ و یا بیشتر استفاده می گردد.

در درایوهای مورد استفاده در صنایع هواپیمایی از منبع ac با فرکانس ۴۰۰ Hz استفاده می شود . زیرا این امر باعث کاهش وزن موتورها ، با توجه به قدرت تولیدی آنها خواهد شد.

تغذیه بعضی از درایوها مانند لیف تراک ، توسط باتری انجام می شود. اندازه ولتاژ باطریها متناسب با مشخصات درایو می باشد . در عمل استفاده از ولتاژ های ۶ V ، ۱۲ v ، ۲۴ v، ۴۸ v یا ۱۱۰ v معمول می باشد. از نمونه های دیگر درایو که با ولتاژ کم تغذیه می شوند، درایوهای با منبع انرژی خورشیدی هستند. این درایوها در صنایع فضایی و یا پمپ های آب ، در مناطقی که به خطوط انتقال انرژی نزدیک نیستند ، مورد استفاده قرار می گیرند.

۱-۱۰ بلوک های کنترل کننده:

سیگنالهای مورد نیاز بلوک تنظیم توان، در بلوک کنترل کننده تولید می گردند ، نوع و مشخصات این بلوک بستگی به نوع و شمخصات واحد تنظیم توان دارد.

چنانچه واحد تنظیم توان به صورت یک کنورتور و از عناصر نیمه هادی تشکیل شده باشد، بلوک کنترل کننده ، شامل مدارهای مربوط به روشن کردن عناصر نیز خواهد بود . برای این مظور از مدارهای آنالوگ ، دیجیتال یا میکروپروسسور استفاده می شود.

در مواردی که کنترل مدارهای سویچینگ مورد نظر باشد، وظیفه بلوک کنترل کننده حفظ نظام و توالی عملیات کلیدزنی خواهد بود . برای این منظور از رله های حالت جامد و همچنین کنترل کننده های PLC استفاده می گردد.

۱-۱۱ مزایای درایوهای الکتریکی:

امروزه المان های نیمه هادی از قبیل تریستور، ترانزیستور قدرت ، IGBT و GTO و همچنین میکروکامپیوترها به سهولت و با قیمتهای اقتصادی در اختیار هستند، لذا کنترل درایوهای الکتریکی به سهولت امکان پذیر می باشد. این امر باعث شده که از درایوهای الکتریکی را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد :

درایوهای الکتریکی دارای مشخصه کنترلی انعطاف پذیر می باشند و مشخصه الکتریکی آنها را می توان به نحوی تغییر داده، و تعدیل نمود که شرایط مودر نیاز بار مکانیکی را برآورده نماید. از طرف دیگر سرعت این نوع درایو در محدوده وسیعی قابل کنترل بوده، و عملیات راه اندازی و ترمز الکتریکی به سهولت انجام می گیرند.

سرعت، گشتاور و توان در محدوده گسترده قابل کنترل بوده، و انتقال از یک ناحیه کنترلی به ناحیه دیگر نیز امکان پذیر است. بعلاوه امکان استفاده از کنترل کننده های بهینه با راندمان بالا و پاسخ دینامیکی مطلوب فراهم می باشد.

موتورهای الکتریکی دارای راندمان بالا بوده ومیزان تلفات انرژی در حالت بدون بار آنها کمترین مقدار و قابلیت تحمل اضافه بار زیاد در مدت زمان کوتاه را دارند . طراحی موتور الکتریکی مقدار و قابلیت تحمل اضافه بار زیاد در مدت زمان کوتاه را دارند . طراحی موتور الکتریکی می تواند متناسب با خصوصیات بار مکانیکی انجام گیرد. این موتورها در مقایسه با سایر محرکه ها دارای عمر طولانی ، نویز و هزینه سرویس و نگهداری کمی بوده، محیط کار آنها تمیزتر و بالاخره آلودگی محیط زیست ندارند.

این نوع درایو در محیط های فیزیکی نامناسب از قبیل محیط های آلوده به مواد رادیواکتیو و یا قابل اشتعال وهمچنین به صورت غوطه ور در مایعات قابل استفاده می باشند.

برخی از انواع درایوهای الکتریکی قابلیت عملکرد در چهار ناحیه کنترلی سرعت- گشتاور را دارا بوده و ترمز کردن سیستم در آنها به نرمی امکان پذیر می باشد ، لذا عمر مفید دستگاه بیشتر خواهد بود. در این شرایط می توان از ترمز با برگشت انرژی استفاده کرد که باعث صرفه جویی در مصرف انرژی خواهد بود. این قابلیت در سایر درایوها وجود ندارد.

برخلاف سایر محرکه ها جهت راه اندازی موتورهای الکتریکی نیاز به تامین شرایط اولیه از قبیل سوخت گیری و گرم کردن نمی باشد و سریعاً می توان بار کامل را بر سیستم اعمال نمود.

با توجه به اینکه منبع تغذیه این درایوها از نوع منابع انرژی الکتریکی می باشد لذا نسبت به سایر منابع انرژی دارای مزایای متعددی می باشد، از جمله تولید و انتقال انرژی الکتریکی و همچنین تبدیل آنبه نوع مکانیکی اقتصادی و راندمان آن بسیار خوب است.

با توجه به مزایای شرح داده شده حتی در مواردی که منبع محرکه اولیه از نوع مکانیکی است، ترجیح داده می شود، که ابتدا انرژی مکانیکی موجود به انرژی الکتریکی تبدیل شده، و سپس سیستم به صورت یک درایو الکتریکی کنترل گردد . به عنوان مثال می توان درایو لوکوموتیو و یا کشتی را در نظر گرفت ، که در آنجا ابتدا انرزی مکانیکی توسط موتور دیزل تولید گشته ، سپس توسط یک ژنراتور انرژی مکانیکی به نوع الکتریکی تبدیل، و در درایو الکتریکی مصرف خواهد شد. لذا کنترل سرعت – گشتاور به سهولت امکان پذیر خواهد بود.

نواحی کنترلی ، دامنه تغییرات ، میزان تنظیم سرعت ، راندمان ، میزان نوسان مجاز متغیرها و مقادیر نامی متغیرها

ب – خصوصیاتی که در شرایط گذرا مورد نیاز است، مانند : شتاب مثبت ، یا منفی ، چگونگی عملکرد سیستم در شرایط راه اندازی ، ترمزی و معکوس کردن جهت چرخش

ج – خصوصیاتی که منبع تغذیه باید دارا باشد . مانند : نوع منبع و ظرفیت آن، دامنه ولتاژ و میزان مجاز نوسان آن ، ضریب قدرت، میزان هارمونی های موجود و اثرات آن بر روی بار و قابلیت بازگشت انرژی به منبع

د- سرمایه گذاری اولیه و هزینه های جاری از قبیل : سرویس و نگهداری و عمر مفید دستگاه

ه – محدودیت های مربوط به وزن و حجم درایو ، جهت استفاده در محل خاص

و – شرای اقلیمی

ز – میزان قابلیت اطمینان مورد نیاز

۱-۱۲ مقایسه بین درایوهای dc و ac:

در گذشته از موتورهای القایی و سنکرون، فقط در سرعت ثابت استفاده می شد و در کاربردهای سرعت متغیر موتورهای dc به کار گرفته می شدند . با پیشرفت صنایع الکترونیک قدرت در اواخر دهه ٦٠ و تولید اقتصادی المان های نیمه هادی مانند : تریستورها و همچنین ساخت کنترل کننده های دیجیتالی با کیفیت بالا، درایوهای سرعت متغیر ac ، خصوصاً نوع موتور موتور القایی مورد توجه قرار گرفت . این درایوها دارای راندمان منساب و عملکرد قابل رقابت با نوع جریان دائم هستند . خصوصاً در دهه اخیر با توجه به تولید اقتصادی IGBT,GTO , ترانزیستورهای قدرت و MOSEFT باعث شد که به تدریج از درایوهای القایی به جای درایوهای dc استفاده شود. امروزه با توجه به مزایایی که موتورهای القایی قفسه سنجابی نسبت به موتورهای dc دارند، پیش بینی می شود که در صنایع مختلف، این نوع موتورها ، جانشین موتورهای dc گردند . البته هنوز مشکلاتی به شرح زیر در راه تحقق این امر وجود دراد :

الف – اگرچه قیمت موتورهای القایی قفسه سنجابی کمتر از موتورهای dc است، ولی مدار کنترلی و کنورتور مورد نیاز آنها بسیار گرانقیمت است، به نحوی که در مجموع درایو موتور القایی گرانتر از درایو dc می باشد.

ب- مشکلات تکنولوژی درایوهای dc در طول مدت زما نسبتاً طولانی بخوبی حل شده ، در حالی که تکنولوژی درایوهای ac جدید بوده و برای حل مشکلات آن نیاز به زمان بیشتری می باشد.

ج – درایوهای dc نسبت به ac قابلیت اطمینان بیشتری دارند. البته با پیشرفت تکنولوژی ، ساخت IC های خطی و دیجیتالی و همچننی VLSI ها قابلیت اطمینان داریوهای ac هم بهبود یافته است . البته این امر باعث بهبود بیشتر درایوهای dc هم شده است .

۱-۱۳ قابليتهاي كنترل كننده هاي دور موتور مدرن

درايوهاي مدرن امروزي بر اساس تكنولوژي مدولار ساخته ميشوند. اين امر هم در قسمتهاي سخت افزاري و هم در قسمتهاي نرم افزاري درايو رعايت ميشود. ساختار مدولار قابليت بر آورده سازي بسياري از نيازهاي مشتري را دارد. اغلب اين درايوها از تكنولوژي كنترل برداري بهره ميگيرند. اين روش كنترل امكان كنترل موتور را با دقت و ديناميك زياد فراهم مياورد. بطوريكه اين درايوها اينك قادرند درست نظير درايوهايDC رفتار نمايند. آنها را ميتوان در كاربردهاي كنترل سرعت و يا كنترل گشتاور بسهولت مورد استفاده قرارداد. بطوريكه سادگي و استحكام موتورهاي القائي دركنار اين درايوها مجموعه اي مطمئن و كارا از آنها ميسازد . هر چند كه اين درايوها از تكنولوژي الكترونيك قدرت پيچيده استفاده ميكنند اما بدليل استاتيك بودنشان هزينه هاي نگهداشت زيادي به صنعت تحميل نمي كنند.

درایوهای مدرن قادرند بطور اتوماتیک فلو ی مغناطیسی در موتور را در سطح بهینه آن نگهدارند. این ویژگی در جاهائی که بار موتور کم است منجر به صرفه جوئی انرژی خواهد شد.

درايوهاي مدرن امروزه در كاربردهاي فيدبك و سرو نيز بسهولت بكار گرفته ميشوند. ساختار مدولار آنها بگونه اي است كه ميتوان متناسب با كاربرد از كارتهاي اختياري استفاده نمود. اين كارتها امكان تطبيق درايو با كاربرد مشتري را فراهم مي آورند. در كنار اين مقدورات سخت افزاري بايد به برنامه هاي نرم افزاري متعددي نيز اشاره نمود، كه معمولات توسط سازندگان درايو براي نيازهاي مختلف صنعتي ارائه ميشود. استفاده از اين برنامه هاي كاربردي بسيار ساده

بوده و كاربر ميتواند برنامه دلخواه خود را انتخاب و در داخل درايو قراردهد. درايوهاي امروزي ميتوانند بسياري از فيلد باسهاي موجود را پشتيباني كنند. امروزه پروفي باس به عنوان يك فيلدباس باز(Open) ، در بسياري از كاربردهاي صنعتي متداول شده است. سازندگان درايو با استفاده از پروفايل Profi Drive بسهولت سازگاري خود را با پروفي باس برقرار ميسازند.

درایوها علاوه بر ماموریتهای اصلی خود قابلیتهای بیشمار دیگری نیز دارند که از جمله میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- حفاظت کامل الکتروموتور در مقابل اضافه جریان و نوسانات ولتاژ
- انعطاف پذیری در کنترل پروسه
- سازگاری با نیازهای کاربردی موتور

سیستم نرم افزاری درایوهای ساخت شرکت Vacon از دو لایه تشکیل شده است. لایه اول نرم افزار سیستم و لایه دوم جهت توسعه نرم افزارهای کاربردی کاربر اختصاص یافته است. با کمک این لایه کاربر میتواند با کمک ابزار گرافیکی و با استفاده از زبانهای رایج برنامه نویسی برنامه های کاربردی خود را توسعه دهد. وکن تنها به همین اکتفا نکرده و با آماده نمودن صدها برنامه کاربردی به کاربر کمک میکند بسهولت برنامه کاربردی مورد نظر را در درایو نصب نموده و از آنها استفاده نماید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

کنترل درایوهای الکتریکی

کنترل درایوهای الکتریکی:

در یک درایو الکتریکی بر حسب نیاز می توان موقعیت زاویه ای شافت، سرعت چرخش و یا گشتاور را کنترل نمود. از طرف دیگر با توجه به محدودیت کنورتور و موتور از نظر حداکثر قابلیت تولید گشتاور یا توان، در عمل ممکن است متغیرهای فرعی از قبیل جریان و یا شار هم کنترل شوند. کنترل یک درایو در حالت کلی به دو صورت حلقه باز و حلقه بسته امکان پذیر است.

۲-۱کنترل درایو در حالت حلقه باز

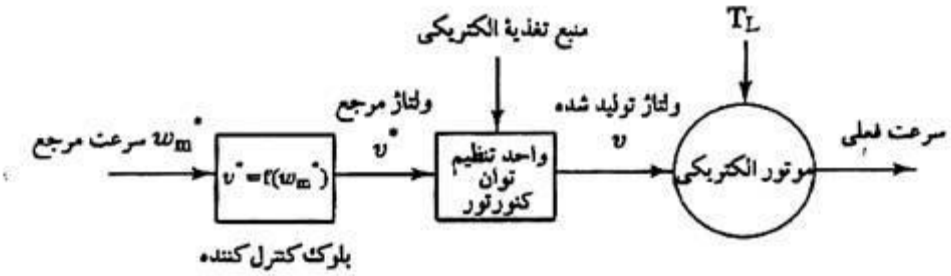
خصوصیت سیستم های کنترل مدار باز ، ساد گی آنهاست. زیرا در این سیستم ها از پس خور سیگنالهای استفاده نمی شود. به عنوان مثال ، فرض کنید هدف کنترل سرعت یک درایو الکتریکی به صورت حلقه باز باشد. ابتدا با استفاده از روابط ریاضی ، تابع ارتباط دهنده سرعت با ولتاژ تغذیه به دست می آید. حال جهت دستیابی به سرعت مورد نظر کافی است سرعت مرجع در آن تابع اعمال و میزان ولتاژ تعیین نشود. در ادامه ولتاژ مناسب توسط واحد تنظیم توان تولید ، و به موتور الکتریکی اعمال می شود . درایو پنکه های سقفی، نمونه ای از کنترل سرعت در حالت حلقه باز می باشند.

در این نوع سیستم ها میزان دقت کم و تابع اثر عوامل مختلف خارجی می باشد به عنوان مثال ، چنانچه سرعت سیستم به مقدار خاصی تنظیم شده باشد، ولی در حین کار میزان گشتاور بار اعمال شده به سیستم افزایش یابد، در این صورت سرعت چرخش درایو کاهش خواهد یافت. مانند آسانسور که چنانچه تعداد مسافرین افزایش یابند، سرعت حرکت آن کم خواهد شد،

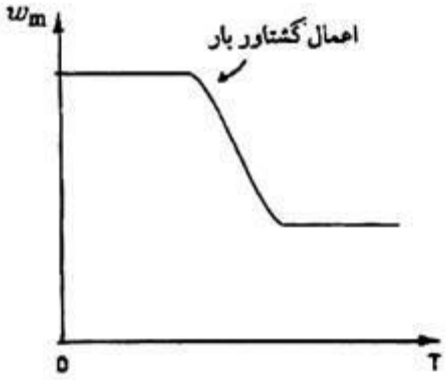
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۲کنترل درایو در حالت حلقه بسته:

در صورت نیاز به سیستمی که، در حالت پایدار دارای دقت کافی باشد، و متغیر کنترل شده (مثلاً سرعت)، در شرایط تغییر در بار مکانیکی یا ولتاژ تغذیه ، با مقدار مرجع اختلاف پیدا نکند، باید از سیستم در حالت حلقه بسته استفاده نمود. در این شرایط با انتخاب مناسب سیگنالهای پس خور، پاسخ دینامیکی سیستم هم بهبود خواهد یافت.



کنترل سرعت یک موتور الکتریکی در حالت حلقهٔ باز



منحنی سرعت یک درایو الکتریکی در حالت حلقه باز، قبل و پس از اعمال گشتاور بار

۲-۳ کنترل گشتاور:

بلوک دیاگرام یک درایو در شرایط کنترل حلقه بسته گشتاورمطابق شکل می باشد. کاربرد کنترل گشتاور در خودروهای برقی و همچنین قطارهای برقی می باشد. در این وسایل راننده پدالی را فشار داده و بدینوسیله T_e^* سیگنال گشتاور مرجع را به سیستم اعمال می کند. این سیگنال با گشتاور واقعی مقایسه، و خطای موجود به یک کنترل کننده داده می شود . خروجی این کنترل کننده ، سگنال فرمان کنورتور را تولید می نماید. کنورتور ولتاژ و یا جریان مناسب جهت تغذیه

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

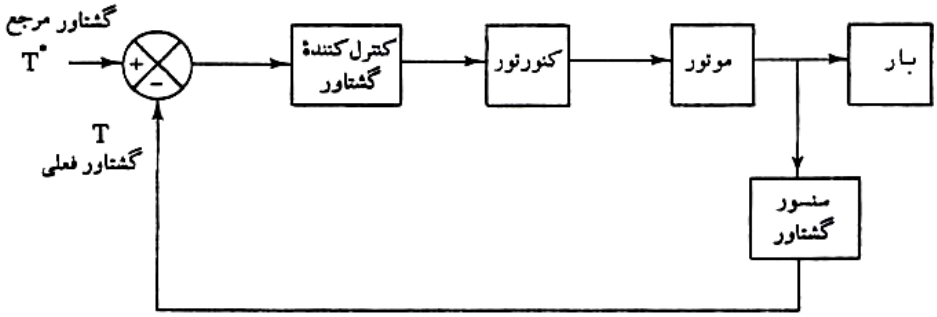
موتور را تولید و به آن اعمال می کند. گشتاور تولید شده توسط موتور باعث حرکت درایو می گردد. از طرف دیگر در این مرحله میزان گشتاور الکتریکی تولید شده ، سنجیده، و توسط حلقه بسته کنترل جهت مقایسه با گشتاور مرجع، به ابتدای بلوک کنترل کننده پس خور می گردد.

۴-۲ کنترل سرعت:

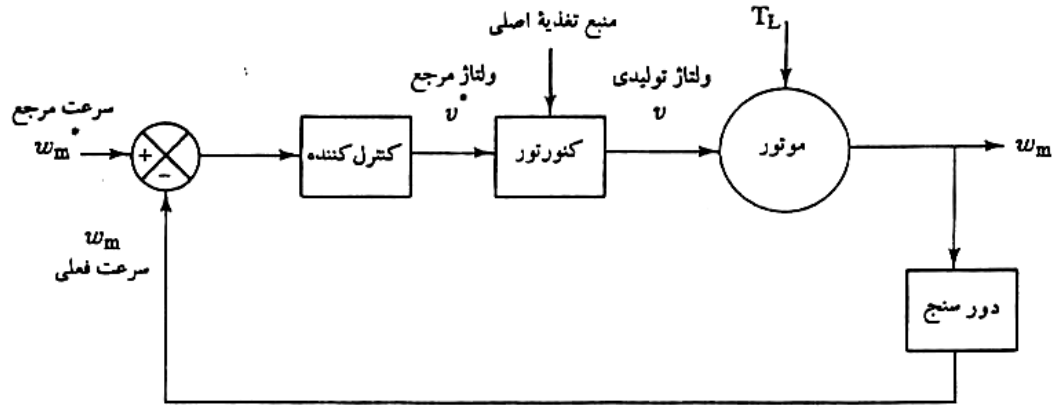
بلوک دیاگرام یک درایو در حالت کنترل سرعت حلقه بسته، مطابق شکل می باشد. در این درایو در هر لحظه سرعت مرجع با سرعت فعلی ، که توسط دورسنج اندازه گیری شده، مقایسه وخطای موجود به بلوک کنترل کننده اعمال می گردد. در این بلوک میزان ولتاژ مرجع جهت تغذیه موتور تولید می گردد. در مرحله بعدی توسط یک کنورتور و با استفاده از منبع تغذیه اصلی ولتاژ مناسب تولید و موتور توسط آن تغذیه می شود. در این درایو ، موتور با سرعتی معادل سرعت مرجع کار خواهد کرد. حال چنانچه میزان گشتاور بار در حین کار ، افزایش یابد، سرعت موتور اندکی کاهش یافته و ورودی به بلوک کنترل کننده یعنی تفاضل سرعت مرجع و سرعت فعلی افزایش خواهد یافت. در نتیجه خروجی این بلوک، یعنی میزان ولتاژ مرجع افزایش یافته و به تبع ولتاژ تولیدی توسط احد تنظیم توان (کنورتور) ، افزایش خواهد یافت.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۳ بلوک دیاگرام سیستم کنترل گشتاور در حالت حلقه بسته



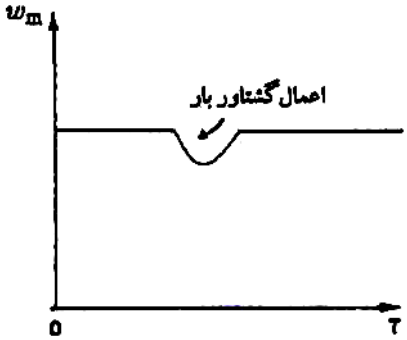
بلوک دیاگرام سیستم کنترل سرعت در حالت حلقه بسته

و این امر باعث افزایش سرعت به مقدار قبلی خود (مقدار مرجع) خواهد شد. در شکل منحنی تغییرات سرعت در حالت عادی و پس از اعمال گشتاور بار نشان داده شده است .

۲-۵ کنترل وضعیت زاویه ای:

در این قسمت مثالی دیگر از سیستم های کنترل مدار بسته در نظر گرفته می شود. این سیستم یک درایو الکتریکی است که جهت کنترل وضعیت زاویه ای ، چرخ چاپ معمولاً دارای حدود ۱۰۰ حرف و علاومت می باشد، و برحسب نیاز این صفحه باید به میزانی چرخانده شود که علامت مورد نظر جهت چاپ در برابر چکش قرار گیرد. انتخاب علامت معمولاً از طریق صفحه کلید انجام می شود. هر بار که تکمه ای در روی صفحه کلید فشرده می شود. فرمانی برای گردش چرخ چاپ از موقعیت فعلی ، به موقعیت جدید ارسال می شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



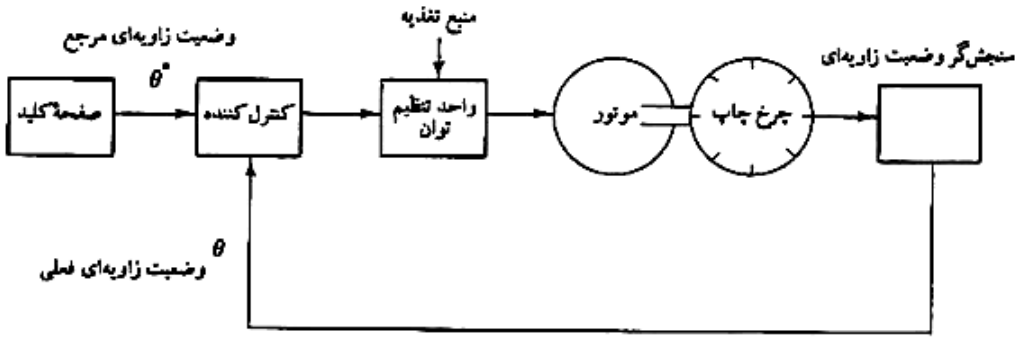
منحنی سرعت یک درایو الکتریکی در حالت حلقه
بستهٔ کنترل سرعت، قبل و پس از اعمال گشتاور بار

یک ریزپردازنده جهت و مقدار چرخش را محاسبه کرده و سیگنال فرمان منطقی به واحد تنظیم توان می فرستد. این واحد ولتاژ یا جران مناسب را تولید نموده و موتور الکتریکی را تغذیه می کند. وضعیت زاویه چرخ چاپ به وسیله یک سنجش گر تعیین شده و خروجی آن به عنوان پس خور به واحد کنترل کننده اعمال می شود تا در هر لحظه با وضعیت زاویه ای مرجع مقایسه گردد. به این ترتیب موتور برای چرخش چرخ چاپ از وضعیت فعلی به وضعیت جدید مرجع کنترل می شود.

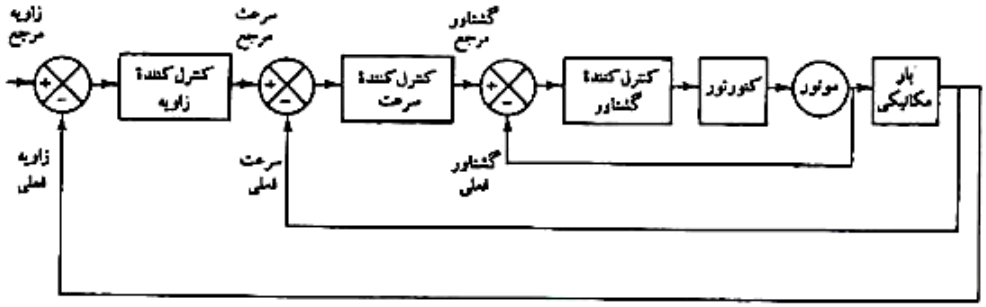
۶-۲ بهبود ساختار کنترل کننده های حلقه بسته:

چنانچه در یک درایو الکتریکی دست یابی به پاسخ دینامیکی مطلوب مد نظر باشد باید از حلقه های کنترل داخلی استفاده شود.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



سیستم کنترل وضعیت چرخ چاپ در حالت حلقه بسته



بلوک دیاگرام کنترل کننده، موقعیت زاویه‌ای یک موتور، همراه با حلقه‌های کنترل داخلی

مثلاً در شکل که مربوط به یک درایو با هدف کنترل وضعیت زوایه ای محور موتور بوده است، علاوه بر حلقه کنترل وضعیت زاویه ای از حلقه کنترل سرعت و گشتاور هم استفاده شده است .

همانگونه که در این بلوک دیاگرام مشاهده می شود، خروجی کنترل کننده هر حلقه بیرونی به عنوان سیگنال مرجع حلقه بعدی استفاده شده است . حلقه های بیرونی نسبت به حلقه های درونی دارای سرعت پاسخ کندتری هستند.

جهت جلوگیری از ناپایدار شدن سیستم و یا افزایش متغیرها به بیش از حد مجاز، عبور خروجی کنترل کننده ها از یک محدودکننده مناسب می باشد، در این صورت مقدار متغیرها در محدود مجازی که باعث خرابی عملکرد سیستم نشود نگه داشته خواهد شد.

در بعضی از سیستمها علاوه بر کنترل متغیرهای اصلی متغیرهای فرعی هم کنترل می گردند مثلا ممکن است از یک حلقه بسته جهت کنترل جریان در حد مجاز استفاده شود و یا جهت حصول پاسخ دینامیکی مطلوب و اجتناب از ورود ماشین به منطقه اشباع میزان شار هم کنترل گردد.

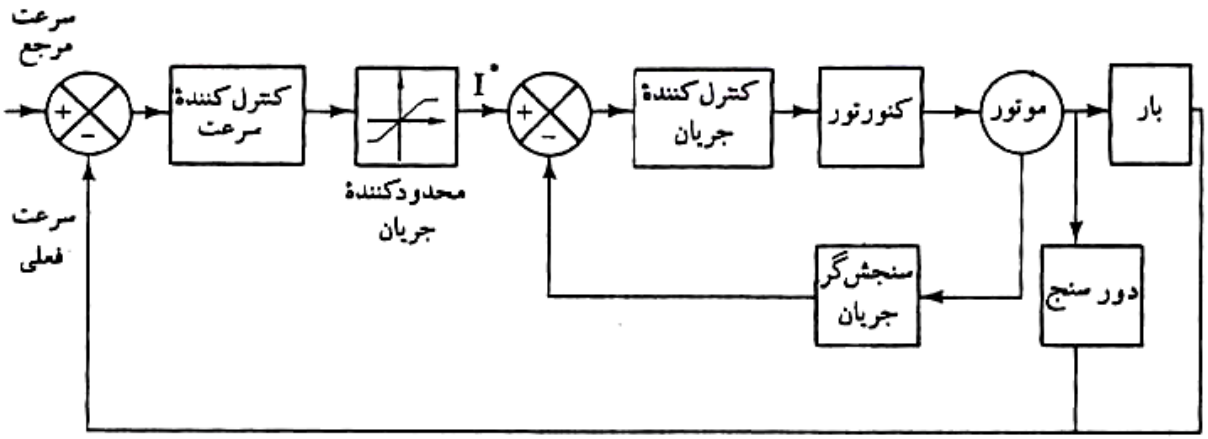
در شکل بلوک دیاگرام یک کنترل کننده سرعت ملاحظه می گردد. در این شکل سرعت مرجع با سرعت فعلی مقایسه و خطای حاصله از کنترل کننده سرعت عبور داده می شود. دراین سیستم

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خروجی کنترل کننده سرعت برابر جریان مرجع می باشد. این جریان، توسط کنورتور تولید و موتور توسط آن تغذیه می شود. جهت جلوگیری از تولید جریان مرجع به بیش از حد مجاز جریان در کنورتور و یا موتور ، ابتدا این سیگنال از یک محدود کننده جریان عبور داده شده است. از طرف دیگر جهت دستیابی به پاسخ دینامیکی مطلوب میزان جریان توسط یک حلقه داخلی کنترل شده است .

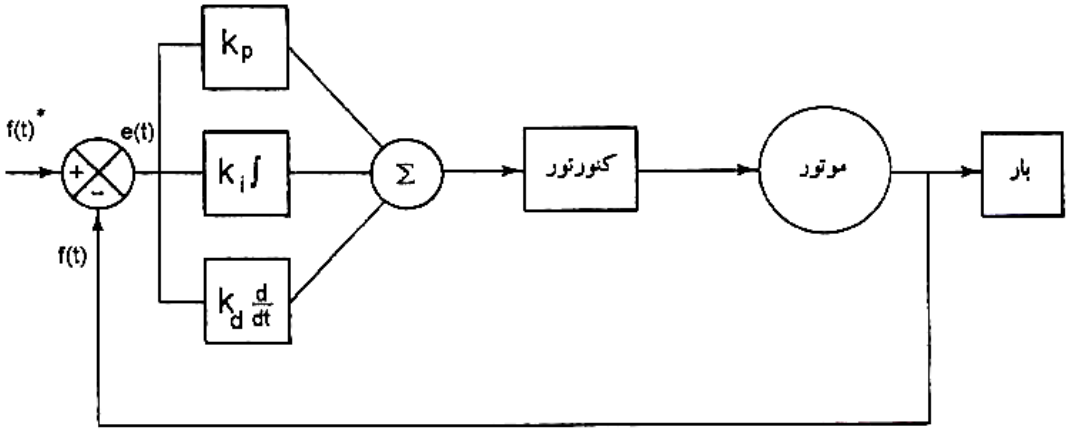
۲-۷ کنترل کننده های PID:

در کلیه سیستم های کنترل درایو در حالت حلقه بسته ملاحظه گردید ، که مقدار مرجع یک متغیر با مقدار فعلی مقایسه شده و خطای حاصله از یک بلوک کنترل کننده عبو داده می شود . این کنترل کننده ها می توانند از نوع PID باشند. کنترل کننده PID مطابق شکل شامل سه قسمت است. این قسمتها عبارتند از قسمت P یا تناسبی که اثر آن به صورت حاصلضرب خطای ورودی در یک ضریب K_p می باشد و قسمت دوم I یا قسمت انتگرال گیر که اثر آن به صورت حاصلضرب ضریب K_i در انتگرال خطای ورودی می باشد.



بلوک دیاگرام یک کنترل‌کنندهٔ سرعت همراه با محدود کننده و حلقهٔ بسته کنترل جریان

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



بلوک دیاگرام کنترل‌کننده PID

قسمت سوم D یا قسمت مشتق گیر که اثر آن به صورت حاصلضرب ضریب K_d در مشتق خطای ورودی می باشد.

با توجه به بلوک دیاگرام فوق فرمول کلی کنترل کننده های PID عبارتند از :

$$s_n = s_{n-1} + e_n$$

$$o_n = k_p\, e_n + k_i\, s_n + k_d\,(e_n - e_{n-1})$$

که در این روابط $f^*(t)$ مقدار مرجع و $f(t)$ مقدار واقعی آن و e(t) خطای مابین این دو و o(t) خروجی کنترل کننده می باشد.

در حالت دیجیتالی اثر مقدار Δt گام محاسباتی هم در ضرایب کنترل کننده باید در نظر گرفته شود . مقدار خروجی در گام محاسباتی n ام از روابط زیر بدست می آید.

$$s_n = s_{n-1} + e_n$$

$$o_n = k_p\, e_n + k_i\, s_n + k_d\,(e_n - e_{n-1})$$

در این رابطه مقدار S_n معادل مقدار انتگرال خطا در گام n ام می باشد و O_n خروجی کنترولر در این مرحله می باشد.

۲-۸ مقادیر مجاز یا نامی درایوهای الکتریکی:

میزان مجاز ولتاژ و جریان که در شرایط کار پایدار می توان به یک موتور و یا کنورتور اعمال کرد توسط مقادیر نامی مشخص می گردد. البته در شرایط گذرا و برای مدت زمان کوتاه مقدار

ولتاژ یا جریان می توانند بیشتر از مقادیر نامی باشند، به این لحاظ برای هر درایو مقادیر مجاز جریان و گشتاور، و از طرف دیگر با توجه به محدودیت های مکانیکی حداکثر مقدار مجاز سرعت در شرایط کار پایدار و گذرا بیان می شوند.

۲-۸-۱ حداکثر مقدار مجاز جریان:

در مدت زمانی که درایو در حالت راه اندازی ، ترمز ، تغییر سرعت و یا معکوس کردن جهت چرخش است، میزان جریان موتور ممکن است از مقدار جریان نامی بیشتر گردد. البته طراحی به نحوی انجام می گیرد که موتور در مدت زمان کوتاه بتواند، جریان گذرایی را که مقدار آن حدود ۲ تا ۳/۵ برابر جریان نامی است تحمل کنند. در این صورت ، در مدت زمان گذرا از جریانی که بیش از مقدار نامی است استفاده شده، و امکان به کارگیری حداکثر گشتاور الکتریکی تولیدی به منظور تسریع عملیات گذار در حالتهای موتوری یا ترمزی فراهم خواهد بود.

از طرف دیگر مقادیر نامی کنورتورها باید مورد توجه قرار گیرند . در کنورتورها از المانهای نیمه هادی استفاده می شود . این المانها قابلیت تحمل اضافه بار را ندارند ، زیرا ظرفیت حرارتی آنها بسیار پایین است. بنابراین در طراحی کنوروتورها میزان جریان نامی برابر حداکثر جریانی خواهد بود ، که ممکن است توسط موتور کشیده شود . مثلاً چنانچه جریان نامی موتور I_n بوده و در شرایط گذار تا K برابر آن باید از موتور عبور کند ، جریان نامی کنورتور برابر KI_n خواهد بود، در نتیجه قیمت تمام شده کنورتور افزایش خواهد یافت . البته اگر نیاز به پاسخ سریع سیستم نباشد، جریان موتور را در حد جریان نامی نگه داشته خواهد شد، در این صورت قیمت کنورتور کمتر خواهد بود. بنابراین افزایش قیمت کنورتور در مقابل اهمیت تسریع پاسخ کل درایو باید مورد بررسی قرار گیرند.

۲-۸-۲ حداکثر مقادیر گشتاور ، سرعت و توان:

در این قسمت حداکثر قابلیت یک درایو از نظر تولید گشتاور ، توان و سرعت بررسی می گردند. چنانچه درایو مورد نظر، شامل یک موتور dc تحریک مستقل باشد، که در ناحیه اول ، یعنی ناحیه موتوری کار می کند. در این صورت روابط زیر برقرار خواهند بود :

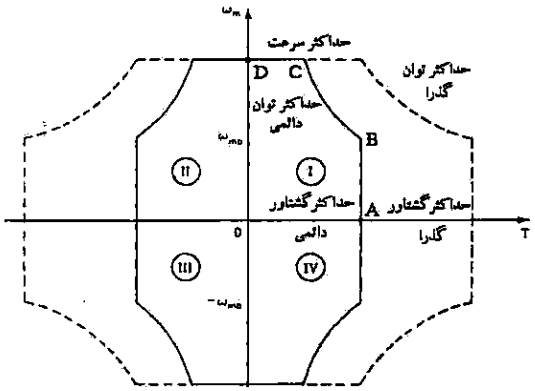
$$V = K\varphi\omega_m + R_a I_a \qquad (۱-۲)$$

$$T = K\varphi I_a \qquad (۲-۲)$$

$$\omega_m = \frac{V - R_a I_a}{K\varphi} \qquad (۳-۲)$$

اگر موتور در شرایط سکون و میزان جریان تحریک و چگالی شار φ معادل حداکثر مقادیر مجاز (مقادیر نامی) و ثابت باشند. با افزایش ولتاژ تغذیه طبق رابطه ابتدا جریان I_a و ولتاژ V همواره برابر حداکثر مقادیر مجاز یعنی مقادیر نامی نگه داشته می شوند . بنابراین طبق رابطه میزان گشتاور ثابت خواهد بود. این مرحله تا جایی ادامه می یابد ، که ولتاژ تغذیه معادل مقدار نامی گردد. در این شرایط سرعت موجود را سرعت مبنا می نامند. در شکل این ناحیه از نقطه A تا B می باشد. از این پس ، میزان جریان I_a و ولتاژV همواره معادل مقدار نامی است و جهت افزایش سرعت با توجه به رابطه تنها می توان از کاهش شار استفاده نمود. بنابراین سیستم در شرایط تولید توان ثابت است. در این ناحیه که در شکل از نقطه B تا C ادامه می یابد. گشتاور در حال کاهش و سرعت در حال افزایش می باشد، افزایش سرعت تا حدی مجاز است که محدودیت های سیستم مکانیکی اجازه دهد. بنابراین در شکل ناحیه DC مربوط به شرایطی است که سیستم به حداکثر مقدار مجاز سرعت رسیده است.

همان گونه که توضیح داده شده چنانچه هدف دستیابی به پاسخ سریع سیستم باشد، باید اجازه دهیم که جریان در مدت زمان کوتاه مربوط به شرایط گذار از حد نامی بیشتر گردد. البته کنورتور باید قابلیت تولید این جریان را داشته باشد. در این صورت حد مجاز گشتاور و توان در شرایط گذار بیش از حد آنها در شرایط کار دائمی خواهند بود. این محدوده ها در شکل با نقطه چین نشان داده شده اند . کلیه مطالب عنوان شده مربوط به حداکثر مقادیر مجاز گشتاور ، توان و سرعت در شرایط کار دائمی و کار گذرا، برای هر چهار ناحیه عملکرد درایو عیناً صادق خواهند بود.



حداکثر مقادیر گشتاور و توان در شرایط کار دائمی و کارگذرا در نواحی چهارگانه

۲-۹ راه اندازی درایو:

منظور از راه اندازی یک درایو ، بررسی عملکرد آن در طول مدت گذار ، از حالت سکون تا رسیدن آن به سرعت نهایی می باشد. در هنگام اتصال موتورهای الکتریکی به منبع تغذیه اصلی ، میزان جریان کشیده شده بزرگ بوده و به سیستم آسیب می رساند . این مسئله خصوصاً در موتورهای با قدرت بالا ، با دشت بیشتری ظاهر می گردد، لذا در انواع موتورهای dc ، ac به تناسب از روشهای مختلف راه اندازی استفاده می گردد. اساس این روشها بر مبنای کنترل جریان در حد مجاز می باشد. حداکثر جریان مجاز در طول مدت گذاری راه اندازی در انواع مختلف موتورها متفاوت ، و ممکن است بین ۲ تا ۸ برابر جریان نامی می باشد.

۲-۱۰ ترمز درایو:

جهت ترمز کردن یک مجموعه متشکل از موتور الکتریکی و بار مکانیکی کافی است منبع تغذیه موتور را قطع کنیم در این صورت گشتاور الکتریکی برابر صفر شده و فقط گشتاور بار به صورت فعال باقی می ماند . این گشتاور در جهت مخالف حرکت می باشد. در این شرایط تنها عاملی که باعث حرکت می گردد انرژی جنبشی موجود در رتور و بار مکانیکی است. البته اگر میزان گشتاور بار خیلی کوچک و یا اینترسی سیستم بزرگ باشد، مدت زمان لازم جهت توقف سیستم زیاد خواهد بود.

این مدت زمان در بعضی از درایوها مانند وسایل نقلیه برقی که نیاز به ترمز سریع و نرم دارند باید کاهش یابد. همچنین در درایوهایی از قبیل ابزار و یا بالابرها، ترمز باید در وضعیت مکانی خاصی انجام گیرد. ضمناً درایوهایی مانند جراثقال اگر صرفاً منبع تغذیه موتور قطع گردد، به علت خاصیت اکتیو بودن بار، سیستم متوقف نشده و در جهت سقوط حرکت خواهد کرد. در این درایوها حتی در شرایطی که باری به سمت پایین منتقل می شود ، جهت جلوگیری از سقوط، گشتاور ترمز در جهت عکس حرکت باید اعمال گردد.

جهت حل این مسائل از ترمز مکانیکی که در آن گشتاور مخالف به واسطه ایجاد اصطکاک ما بین لنت و صفحه ترمز ایجاد می گردد و یا از روشهای ترمز الکتریکی استفاده می شود . در این روشها انرژی جنبشی سیستم به صورت حرارت تلف شده و یا به منبع اصلی برگردانده می شود.

۲-۱۱ کنترل سرعت درایو:

در بعضی از کاربردهای درایو، نیاز به تغییر سرعت نمی باشد و موتور همواره توسط مقادیر نامی تغذیه می گردد. در این شرایط تغییر سرعت تنها مرتبط با میزان گشتاور بار و منطبق بر منحنی سرعت- گشتاور الکتریکی می باشد. البته در این نوع درایوها معمولاً منحنی گشتاور بار ثابت بوده، لذا درایو همواره در سرعت ثابت کار خواهد کرد. این نوع درایو را تک سرعته می

نامند. در این شرایط نیاز به کنورتور نمی باشد و موتور مستقیماً به منبع تغذیه وصل می گردد. البته جهت بهبود عملکرد در شرایط راه اندازی و یا ترمز ، امکان استفاده از کنورتورهای مناسب وجود دارد.

در نوع دیگر از درایوها تغییرات سرعت به صورت منفصل می باشد. مانند بعضی از انواع موتروهای القایی که با تغیر نوع اتصال سیم پیچ های استاتور و به تبع تعداد قطب ها ، سرعت آنها عوض می شود. این نوع درایو را چند سرعته می نامند . در نوع سوم تغییرات به صورت پیوسته انجام می گیرد. این نوع درایو را درایو با سرعت متغیر می نامند.

مسئله قابل توجه دیگر دامنه تغییرات سرعت است این دامنه برحسب کاربردهای مختلف بین حداقل صفر یا ده درصد مبنا، و حداکثر معادل، سرعت مبنا می باشد. در مواردی دامنه تغییرات سرعت تا دو برابر سرعت مبنا خواهد بود.

چنانچه بخواهیم سرعت درایو را سریعاً کاهش دهیم و یا جهت چرخش را معکوس کنیم، این امر مستلزم قابلیت عملکرد درایو در نواحی چهارگانه سرعت گشتاور می باشد.

به طور کلی جهت اعمال هر نوع کنترلی بر روی متغیرهای یک درایو از پارامترهای کنترلی از قبیل مقدار ولتاژ جریان و فرکانس به نحو مقتضی استفاده می گردد. در این صورت سیستم ابتدا در وضعیت گذار و سپس در شرایط کار پایدار قرار خواهد گرفت. در طول این تغییرات دو هدف مورد نظر است. اول دستیابی به پاسخ دینامیکی مطلوب و سریع ، دوم کنترل مقادیر متغیرها در حد مجاز، برای این منظور سیستم کنترل کننده با توجه به حداکثر مقادیر مجاز جریان ، گشتاور و سرعت طراحی می گردد.

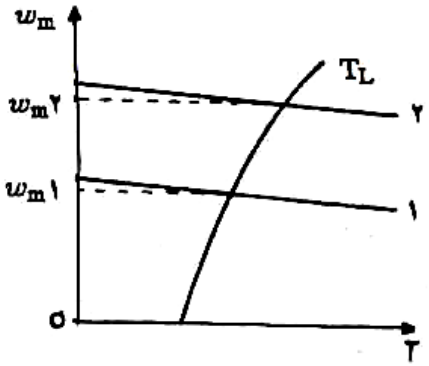
۲-۱۲ اصول کنترل سرعت:

با توجه به معادله تعادل گشتاورها ، یک مجموعه متشکل از موتورالکتریکی و بار مکانیکی ، زمانی در وضعیت کار پایدار قرار می گیرد که میزان گشتاور الکتریکی تولیدی معادل میزان گشتاور بار گردد. در این حالت سرعت چرخش ، از محل تلاقی منحنی سرعت-گشتاور الکتریکی و سرعت-گشتاور مکانیکی به دست می آید ، مانند سرعت ω_{ml} در شکل . جهت تغییر سرعت به مقدار ω_{m2} منحنی سرعت گشتاور موتور با استفاده از تغییر پارامترها (به عنوان مثال پارامترهای منبع تغذیه) تغییر مکان داده می شود ، به نحوی که محل تلاقی این منحنی با منحنی

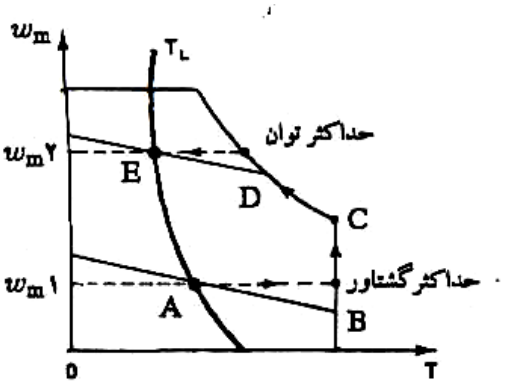
سرعت گشتاور بار در حالت پایدار به ازای سرعت جدید واقع شود. در حالت کلی عملیات کنترل سرعت در هر چهار ناحیه کاری امکان پذیر می باشد.

۲-۱۲-۱ عملکرد درایو در شرایط افزیش سرعت:

افزایش سرعت موتور در دو حالت قابل تصور است، اول در موقع راه اندازی ، دوم در شرایطی که می خواهیم سرعت را از مقدار فعلی به مقدار جدید افزایش دهم. در این شرایط سیگنال فرمان جهت افزایش سرعت الز طرف کنترل کننده به کنورتور داده می شود . کنورتور میزان ولتاژ یا جریان و در صورت لزوم فرکانس تغذیه موتور را به نحوی تغییر می دهد، که میزان گشتاور الکتریکی تولیدی بیش از گشتاور بار گردد. در این صورت موتور در وضعیت شتابگیری قرار خواهد گرفت و سرعت از مقدار فعلی به مقدار جدید افزایش خواهد یافت . در طول این مدت درایو در وضعیت گذار می باشد. طول مدت زمان گذار بستگی به اینرسی سیستم و مشخصه های گشتاور الکتریکی بار دارد.



اصول کنترل سرعت



مشخصه‌های سرعت -گشتاور الکتریکی و گشتاور بار و نحوهٔ افزایش سرعت

جهت بررسی عملکرد یک درایو نمونه در شرایط شتابگیری ، فرض می شود که منحنی های سرعت گشتاور الکتریکی یک موتور DC به ازای مقادیر مختلف ولتاژ تغذیه آرمیچر که از آن به عنوان منتغیر ورودی استفاده می شود مطابق شکل باشند، در این شکل منحنی گشتاور بار و همچنین مقادیر مرزی مربوط به حداکثر مقادیر مجاز گشتاور ، توان و سرعت نیز مشخص شده اند . در ابتدا فرض شده که سیستم در نقطه کار A قرار داشته و سرعت برابر ω_{ml} باشد. هدف رسیدن به نقطه کار با سرعت ω_{m2} می باشد. در این صورت با تغییر مقدار متغیر مناسب مثلا ولتاژ تغذیه موتور گشتاور الکتریکی تولیدی بزرگتر از گشتاور بار شده در نتیجه سیستم شتاب گرفته و سرعت آن افزایش می یابد. مسیر حرکت عبارت است از EDCBA با توجه به اینکه

مقدار گشتاور الکتریکی تولید شده متناسب با میزان جریان کشده شده توسط موتور می باشد و از طرف دیگر حداکثر جریان مجاز موتور و کنورتور محدود هستند لذا میزان جریان کشیده شده و یا به عبارت دیگر حداکثر گشتاور الکتریکی تولیدی باید در حد مجاز کنترل گردند . در این شکل مسیر CB مربوط به شرایط ایجاد حداکثر گشتاور الکتریکی است. حال چنانچه در شرایط افزایش سرعت ولتاژ تغذیه به حداکثر مقدار خود برسد ، افزایش سرعت به وسیله کاهش تحریک یا به عبارت دیگر کاهش شار مغناطیسی و تحت شرایط توان ثابت انجام خواهد گرفت. در شکل مسیر DC مربوط به این وضعیت می باشد. با افزایش سرعت، نهایتاً به نقطه کار D که در واقع بر روی منحنی نهایی سرعت گشتاور الکتریکی که مرتبط با مقادیر جدید و مناسب ولتاژ تغذیه آرمیچر و جریان تحریک می باشد، خواهیم رسید.

از این پس تغذیه سیستم در حالت ثابت خواهد بود، لذا با افزایش جزئی سرعت، مقدار ولتاژ القایی در آرمیچر افزایش یافته و به تبع جریان و گشتاور الکتریکی تولیدی کاهش خواهند یافت. در نتیجه نهایتاً به نقطه کار دائم E خواهیم رسید . در این نقطه میزان گشتاور الکتریکی و گشتاور بار مساوی و سرعت معادل ω_{m2} می باشد.

راه اندازی موتور در واقع یک حالت خاص از شتابگیری می باشد، راه اندازی موتورهایی که میزان بار روی آنها صفر و یا حداقل است ، یا تولید گشتاور راه اندازی کوچک امکان پذیر می باشد. ولی در موتورهایی که گشتاور بار اعمال شده به آنها در حالت سکون بزرگ بوده ، یا نیاز به راه اندازی سریع داشته باشند از روشهایی استفاده می شود که در آنها گشتاور راه اندازی بزرگ ایجاد تولید می گردد.

۲-۱۲-۲ عملکرد درایو در شرایط کاهش سرعت:

چنانچه بخواهیم سرعت موتور از مقدار فعلی به مقدار کمتری تغییر یابد ، موتور در شرایط شتابگیری منفی باید عمل نماید . این امر در شرایطی امکان پذیر است که گشتاور بار از گشتاور الکتریکی موتور بیشتر باشد. برای این منظور به دو روش زیر می توان عمل کرد .

۲-۱۲-۳ کاهش سرعت با استفاده از کنورتور یک ربعی:

برای کاهش سرعت، کافی است گشتاور الکتریکی را صفر کنیم. در این صورت درایو در وضعیت شتاب منفی قرار خواهد گرفت. چنانچه گشتاور بار همواره ثابت باشد (مانند جرثقیل) در این صورت اختلاف گشتاور بار و گشتاور الکتریکی همواره مقدار بزرگی بوده، و شتاب منفی درایو در حین کاهش سرعت در حد کافی خواهد بود. لذا سرعت سریعا کم می شود .

در شکل سیستم ، ابتدا در وضعیت نقطه A و سرعت ω_{ml} قرار دارد ، هدف کاهش سرعت به میزان ω_{m2} و انتقال به نقطه کار D می باشد. برای این منظور پارامترهای تغذیه موتور به نحو مقتضی تغییر می یابند ، تا منحنی سرعت گشتاور الکتریکی به سمت پایین انتقال یابد، در این شرایط میزان گشتاور الکتریکی موتور، با توجه به استفاده از کنورتور یک ربعی ، در شرایط گذار معادل صفر خواهد بود. لذا موتور شتاب منفی گرفته و مسیر DCBA را طی خواهد کرد. در طول مسیر CB میزان گشتاور الکتریکی معادل صفر و سرعت در حال کاهش می باشد. در مسیر DC همراه با کاهش تدریجی سرعت گشتاور الکتریکی افزایش یافته و در حالت پایدار سیستم به نقطه کار جدید D با سرعت ω_{m2} منتقل می شود.

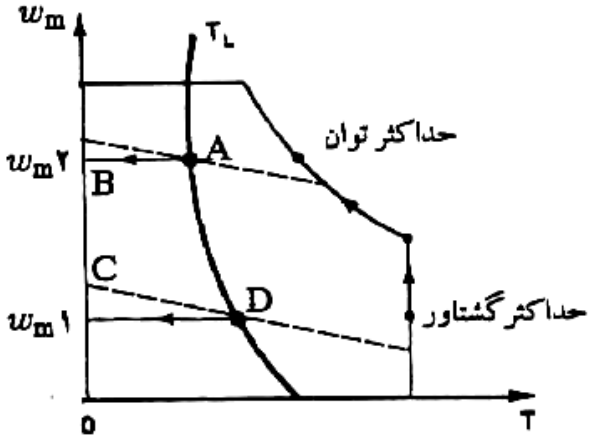
چنانچه در درایوی ، میزان گشتاور بار همراه با کاهش سرعت کم شود (مانند پمپ آب) این امر باعث کاهش شتاب منفی و افزایش زمان گذرای سیستم می گردد . در این شرایط جهت بهبود عملکرد درایو ، از ترمز مکانیکی و یا در صورت قابلیت کنورتور از ترمز الکتریکی هم استفاده می گردد.

۲-۱۲-۳ کاهش سرعت با استفاده از کنورتور دو ربعی:

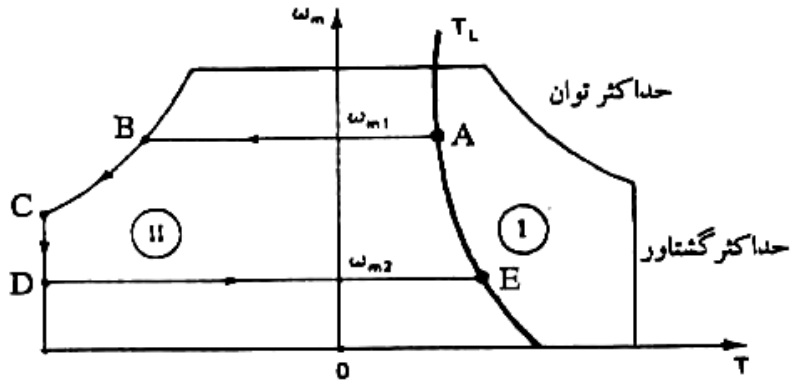
چنانچه درایو قابلیت عملکرد در دو ربع ناحه کاری را داشته باشد. جهت کاهش سرعت، از ترمز الکتریکی نیز می توان استفاده کرد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



کاهش سرعت با استفاده از کنورتور تک ربعی



مسیر حرکت جهت کاهش سرعت با استفاده از کنورتور دو ربعی

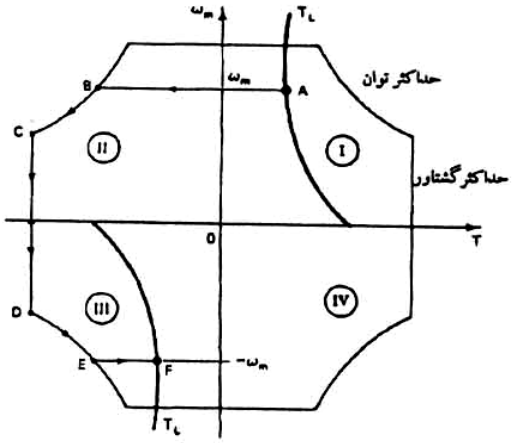
در این صورت و با فرض شرایط قبلی مسیر حرکت مطابق شکل EDCBA خواهد بود در قسمتی از مسیر که در ربع دوم واقع است ، درایو در شرایط کار ترمزی بوده و گشتاور الکتریکی تولیدی در خلاف جهت حرکت خواهد بود. در این ناحیه انرژی سیستم به صورت حرارت تلف شده و یا به منبع تغذیه برگشت داده می شود.

جهت دستیابی به ترمز سریع در زمان گذار از حداکثر مقادیر مجاز جریان و ولتاژ استفاده می گردد. در این صورت مسیر حرکت مطابق شکل از B تا C در ناحیه توان ثابت و از C تا D در ناحیه گشتاور ثابت می باشد. ضمناً چنانچه بخواهیم زمان ترمز باز هم کمتر شود با توجه به مباحث می توان مسیر حرکت را با استفاده از حداکثر مقادیر توان و گشتاور مربوط به شرایط گذار که در شکل با نقطه چین نشان داده شده اند انجام داد.

۱۳-۲ عملکرد درایو در شرایط تغییر جهت چرخش:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چنانچه کنورتور قابلیت عملکرد در چهار ربع را داشـــته باشـــد. می توان جهت چرخش موتور را معکوس نمود. در شـکل ابتدا سـرعت برابر ω_{m2} می باشـد پس از صـدور فرمان تغییر سـرعت ، نقطه کار A به B در ناحیه ترمزی منتقل می شـود. موتور ابتدا با اسـتفاده از حداکثر توان و سـپس حداکثر گشتاور ترمز شده و سرعتش به صفر می رسد. پس از آن با صدور فرمان مناسب کنترلی به کنورتور نقطه کار به ناحیه موتور چپ گرد منتقل می گردد. لذا موتور با اســـتفاده از حداکثر گشـتاور شـتاب می گیرد نهایتاً در نقطه F مقدار گشـتاور الکتریکی و بار مسـاوی شـده و درایو در ســـرعت ω_{m2} به حالت پایدار می رســـد . جهت کاهش زمان گذار به حداقل ممکنه عمل انتقال بر روی منحنی های حداکثر توان و گشتاور گذار (منحنی های نقطه چین شکل) انجام خواهد شد.



مسیر حرکت در شرایط تغییر جهت چرخش

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم:

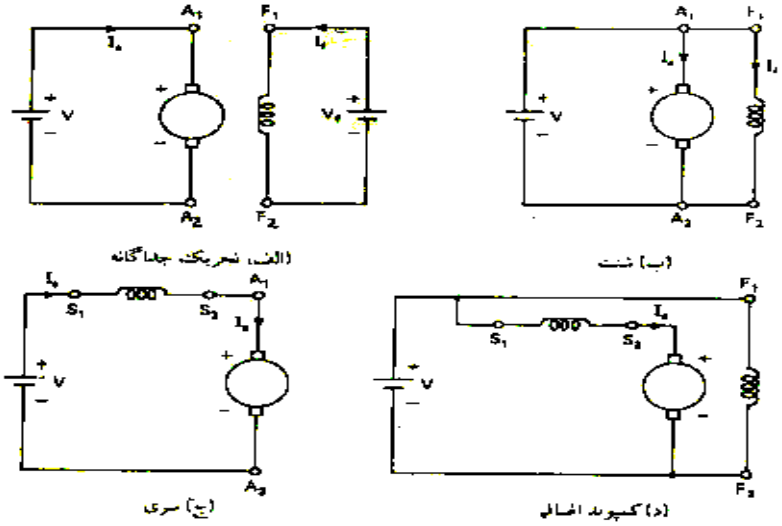
موتورهای جریان مستقیم DC

موتورهاي جريان مستقيم :

محركه‌هاي DC بطور وسيع دركاربردهايي كه به سرعت متغير قابل كنترل، تنظيم مناسب و سرعت و حالت‌هاي كاري نظير ترمزي، تعويض جهت حركت و راه‌اندازي نياز دارند، بكار برده مي‌شوند. برخي كاربردهاي مهم اين محركه‌ها عبارتند از: غلطكهاي نورد صنايع فلزي، غلطكهاي كاغذ، ماشين‌هاي ابزار و موتورهاي كششي نظير قطارها.

در اين فصل روابط سرعت- گشتاور در حالت دائمي، روشهاي كنترل سرعت، حالتهاي ترمزي و راه‌اندازي، و رفتار ديناميكي (گذراي) موتورهاي dc تشريح مي‌شوند.

در يك موتور تحريك جداگانه، ولتاژهاي تحريك و آرميچر بطور مستقل از يكديگر مي‌توانند كنترل شوند. در يك موتور شنت، تحريك و آرميچر به منبع مشتركي وصل هستند و بنابراين كنترل مستقل جريان تحريك يا ولتاژ آرميچر تنها در صورتي امكان‌پذير است كه يك مقاومت در هر كدام از مدارهاي تحريك و آرميچر قرار داده شود ؛ كه البته روش كنترلي نامناسبي است. در يك موتور سري، جريان تحريك همان جريان آرميچر است، و بنابراين، شار ميدان تابعي از جريان آرميچر است. درموتور كمپوند اضافي، نيروي محركه مغناطيسي (mmf) ناشي از تحريك سري تابعي از جريان آرميچر و هم جهت با mmf ناشي از تحريك موازي است.



شكل ۱-۳ موتورهاي dc مرسوم :

۱-۳ روابط سرعت- گشتاور در حالت دائمي موتورهاي dc :

مدار معادل آرميچر يك موتور dc در حالت دائمي در شكل ۱-۳ نشان داده شده است. مقاومت R_a مقاومت مدار آرميچر است. براي موتورهاي تحريك جداگانه و شنت، اين مقاومت برابر با مقاومت سيم‌پيچي آرميچر و براي موتورهاي سري و كمپوند، برابر با مجموع مقاومت‌هاي سيم پيچي‌هاي آرميچر و تحريك سري است. معادلات اساسي يك موتور dc عبارتند از :

$$E = K_e \phi \omega_m \qquad ۱-۳$$

$$V = E + R_a I_a \qquad ۲-۳$$

$$T = K_e \phi I_a \qquad ۳-۳$$

كه

ϕ = شار مغناطيسي هر قطب بر حسب وبر ، ωeb

I_a = جريان آرميچر ، A

ν = ولتاژ آرميچر ، ν

R_a = مقاومت مدار آرميچر ، Ω

$\omega_m =$ سرعت آرمیچر ، $\frac{rad}{s}$

T = گشتاور حاصله موتور، N-m

K_e = ضریب ثابت

از معادلات (۳-۱) تا (۳-۲)

$$\omega_m = \frac{V}{K_e\phi} - \frac{R_a}{K_e\phi} \qquad ٤\text{-}٣$$

$$= \frac{V}{K_e\phi} - \frac{R_a}{(K_e\phi)^2}T \qquad ٥\text{-}٣$$

معادلات (۳-۱) تا (۳-۵) براي هر سه نوع موتور dc ، يعني تحريك جداگانه (يا شنت)، سري، و كمپوند بكارگرفته مي‌شوند.

درموتورهاي تحريك جداگانه، اگر ولتاژ تحريك ثابت نگاه داشته شود، در آنصورت با تغييرات گشتاور مي‌توان شار را ثابت فرض نمود. اگر

$$K_e\phi = K \quad \text{ثابت} \qquad ٦\text{-}٣$$

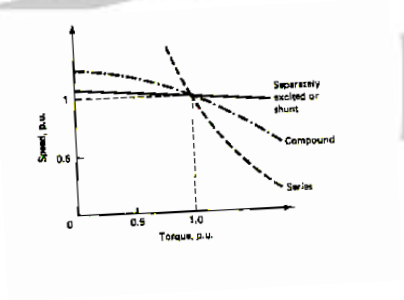
آنگاه از معادلات (۱-۱)، (۱-۳) و (۱-٤) تا (۱-٦)

$$T = K I_a \qquad ٧\text{-}٣$$

$$E = K\omega_m \qquad ٨\text{-}٣$$

$$\omega_m = \frac{V}{K} - \frac{R_a}{K}I_a \qquad ٩\text{-}٣$$

$$= \frac{V}{K} - \frac{R_a}{K^2}T \qquad ١٠\text{-}٣$$



بنابراين، مشخصه سرعت ـگشتاورد يك موتورdc تحريك جداگانه يك خط راست است،همانگونه كه در شكل (۳-۲) نشان داده شده است . سرعت بي باري ω_{m0} براساس مقاديرولتاژ آرميچر و تحريك تعيين مي شود.

شكل۳-۲ مشخصه هاي سرعت ـ گشتاور موتورهاي dc

با افزايش گشتاور، سرعت كاهش مي يابد و تنظيم سرعت به مقاومت مدار آرميچر بستگي دارد (معادله (۳-۱۰)) .در عمل ، بواسطه عكس العمل آرميچر ، حتي در شرايطي كه جريان تحريك ثابت نگاه داشته مي شود شار مغناطيسي با افزايش گشتاور كاهش مي‌يابد. لذا كاهش در سرعت

کمتر از مقداري است كه توسط معادله (۳-۱۰)داده مي شود .در مقادير برگ گشتاور ، ممكن است شار تا حدي تضيعف گردد و شيب مشخصه مثبت شود ، كه نتيجه آن نا پايداري كار موتور است . در چنين وضيعتي ، يك تحريك سري اضافي نسبتا ضعيف براي كاهش اثر ضد مغناطيسي عكس العمل آرميچر حدود ٥ درصد است در كار بردهايي كه به تنظيم خوب سرعت و كنترل وسيع سرعت نياز دارند، از موتورهاي dc تحريك جداگانه استفاده ميشود .

در موتورهاي سري ، تابعي از جريان آرميچر است . در ناحيه غير اشباع مشخصه مغناطيسي، مي توان Φرا منتاسب با I_a در نظر گرفت ، لذا ،

$$\Phi = K_F I_a \qquad ۳-۱۱$$

$$T = k_e k_f I_{a^2} \qquad ۳-۱۲$$

$$\omega_m = \frac{V}{k_e k_f I_a} - - \frac{R_a}{K_e k_f} = \frac{V}{\sqrt{K_e k_f}} \frac{}{\sqrt{T}} - \frac{R_a}{k_e k_f} \qquad ۳-۱۲$$

كه در اينجا R_a ، مقاومت مدار آرميچر ، مجموع مقاومتهاي آرميچر و سيم پيچي تحريك است .

در شكل (۳-۲) مشخصه سرعت – گشتاور در يك موتور سري dc نشان داده شده است . در يك موتور سري هر افزايشي در گشتاور با افزايش در جريان آرميچر ، و بنا براين ، افزايش در شار همراه است . چون شار با گشتاور زياد مي شود ، بايستي سرعت افت كنند تا تعادل بين ولتاژ القايي و ولتاژ منبع بر قرار بماند .لذا افت مشخصه سرعت – گشتاور موتور سري بزرگ است . يك موتور با طراحي استاندارد در گشتاور نامي در نقطه زانوي مشخصه مغناطيسي كار مي كند . دراضافه بارهاي با گشتاور سنگين ، مدار مغناطيسي به اشباع مي رود و منحني سرعت – گشتاور به خط راست نزديك مي شود .

موتورهاي سري براي كاربردهايي كه با گشتاور راه اندازي بالا واضافه بارهاي باگشتاور سنگين مواجه هستند ، مناسب مي باشند . با افزايش گشتاور ، شار هم افزايش مي يابد، و بنابراين با افزايش يكسان در گشتاور ، افزايش در جريان موتور سري در مقايسه با موتور تحريك جداگانه كمتر است . لذا در اضافه بارهاي با گشتاور سنگين اضافه باري روي منبع واضافه باري حرارتي موتور تا مقادير قابل قبول محدود باقي مي ماند .

براساس معادله (۳-۱۳) ، سرعت با عكس جذر گشتاور متناسب است. لذا سرعت با كاهش گشتاور افزايش مي يابد . به طور كلي ، تحمل مكانيكي يك موتور dc بحدي است كه اجازه مي

دهد موتور تا دو برابر سرعت نامي نيز كار كند . پس موتورهاي سري دركاربردهايي كه امكان كاهش شديد گشتاور بار وجود دارد و نتيجتا" سرعت از دو برابر مقدار نامي آن تجاوز كند . نبايستي بكار گرفته شوند . موتورهاي سري در محركه هايي كاربرد دارند كه راه اندازيها و اضافه بارهاي مكرر داشته و گشتاور هيچگاه به زيرحد مجاز افت نمي كند.

سرعت بي باري به شدت ميدان تحريك شنت ، و افت سرعت به شدت ميدان تحريك سري بستگي دارند .

سرعت بي باري و افت سرعت با انتخاب مناسب شدت نسبي دو ميدان تعيين مي شوند.موتورهاي كمپوند با شار اضافي در كاربرد هايي استفاده مي شوند كه به مشخصه اي مشابه مشخصه موتور سري نياز داشته باشند و همزمان با آن سرعت بي باري نيز به يك حد مطمئن محدود شود ، براي مثال در بالا برها ،همچنين در مصارفي كه بار بطور متناوب از بي باري تا بار خيلي سنگين تغيير مي‌كند استفاده مي شوند . در اين نوع كار بردها، يك چرخ طيار روي محور موتور نصب مي شود. طي مرحله بارگيري سنگين، افت شديد سرعت رخ مي‌دهد و بنا براين ، مقدار بزرگي از گشتاور مورد نياز باراز انرژي ذخيره شده در چرخ طيار تامين مي شود . انرژي از دست رفته توسط چرخ طيار مجددا در طي يك دوره بي باري يا بار سبك بوسيله موتور تامين مي شود . با استفاده از اين روش، مي توان از موتور با اندازه كوچكتر استفاده نمود . يك ماشين پرس نمونه اي از اين نوع كار برد مي باشد.

۳-۲ راه اندازي

حداكثر جرياني كه از يك موتور dc در حالت هاي گذاري كوتاه مدت مي تواند عبور كند ، جرياني است كه يك كمو تاسيون بدون جرقه داشته باشد و از نقطه نظر تئوري ، با بكار گيري سيم پيچي هاي جبران ساز در تمامي مقادير سرعت و جريان مي توان ولتاژ هايي را كه با كموتا سيون جريان مخالفت كرده و ايجاد جرقه مي كنند ، بطور كامل حذف نمود. اما در عمل مشاهده شده است كه با افزايش مقدار جريان ،كامل انجام نمي شود و با عبور جريان از يك حد معين ، جرقه پديدار مي شود.

اگر موتور با ولتاژ نامي راه اندازي شود ، براي يك موتور با اندازه متوسط ، جريان به حدود ۲۰ برابر جريان نامي خواهد رسيد . جرياني به اين بزرگي منجر به جرقه هاي شديد در كموتا تور و افزايش بيش از حد درجه حرارت در سيم پيچ هاي موتور شده و به آن آسيب مي‌رساند . بنا بر اين محدود نمودن جريان به يك حد بدون خطر در زمان راه‌اندازي و ضروري مي شود . اينكار با

كاهش ولتاژ دو ســـر موتور در لحظه راه اندازي و افزايش تدريجي آن با ســـرعت گرفتن موتور حاصل مي‌شود .

ولتاژ موتور با كاهش ولتاژ منبع يا با ايجاد افت قســمتي از ولتاژ منبع بر روي يك مقاومت ســري شده با موتور، انجام مي‌شود. در كاربردهايي كه به سرعت قابل تنظيم نياز دارند، يك كنترل كننده براي كنترل سرعت موتور فراهم مي شود . همين كنترل كننده‌ها براي محدود نمودن جريان موتور در مدت راه اندازي مي تواند گرفته شـود . در مواردیکه كنترل ســرعت ضـروري نيسـت ، براي محدود نمودن جريان از يك راه انداز استفاده مي‌شود. در موارد يكه راه اندازي مكرر لازم نيست، با قرار دادن يك مقاومت اضـــافي چندين قســـمتي درمدار آرميچر و خروج تدريجي آن از مدار به نحوي كه جريان موتور از حد ســـالم و بي خطر بيشـــتر نشـــود و در ضـــمن گشـــتاور توليدي موتورهمواره از گشـتاور بار بزرگتر بماند، راه اندازي انجام مي شـود. اين روش بطور گسـترده بكار گرفته مي شود

۳-۳ روشهاي كنترل سرعت موتورهای مستقيم:

رابطه سرعت – گشتاور موتورهاي dc معادله (۳-۵) نشان مي دهد كه سرعت را مي توان با هر كدام از روشهاي زير كنترل نمود :

۱- كنترل ولتاژ آرميچر

۲- كنترل شار ميدان

۳- كنترل مقاومت آرميچر

۳-۳-۱ كنترل ولتاژ آرميچر :

اگر ولتاژ آرميچر يك موتور dc تحريك جداگانه يا تحريك ســري كه در يك ســرعت پايدار كار مي كند به مقدار كمي كاهش يابد ، آنگاه جريان آرميچر و بنا براين گشتاور موتور كاهش خواهند يافت . چون گشـــتاور موتور از گشـــتاور بار كوچكتر خواهد بود ، شـــتاب موتور منفي خواهد بود. در نهايت موتور در سـرعتي كمتر كه در آن گشـتاور موتور و بار برابر هسـتند مسـتقر مي شـود. اگر ولتاژ آرميچر يك موتور تحريك جداگانه به مقدار بزرگي كاهش يابد ،ممكن اســـت از ولتاژ ضـــد محركه كوچكترشود .جريان آرميچر معكوس شود و موتور همانند يك ژنراتور كار كرده و گشتاور منفي توليد كند . اين وضيعت ادامه خواهد يافت تا سرعت بحدي كاهش يابد كه نيروي ضد محركه موتور با ولتاژ اعمال شده برابر شود . پس از آن نحوه ادامه كار موتور مشابه حالت اول است كه توضـيح داده شـد . در مورد يك موتور سـري ، حتي هنگاميكه ولتاژ آرميچر تغيير پله اي بزرگ

داشته باشد ، موتوربه صورت ژنراتور كار نمي كند و كاهش سرعت آن فقط به آن علت است كه گشتاور موتور از گشتاور بار كمتر است.

از طرف ديگر ، اگر ولتاژ آرميچر يك موتور dc كه در حالت دائمي كار مي كند ، افزايش يابد .جريان آرميچر ، و بنابراين گشتاور موتور افزايش خواهند يافت . و موتور شتاب خواهد گرفت ، نتيجتا" سرعت موتور ونيروي ضد محركه افزايش خواهند يافت . در نهايت موتوردر سرعتي بالاتر كه در آن گشتاور موتور با باربرابر مي شود مستقر خواهد شد .

در روند افزايش يا كاهش سرعت ، تغييرات پله اي ولتاژ آرميچر بايستي كوچك باشد . يك تغيير بزرگ در ولتاژ آرميچر باعث ايجاد مقادير بزرگ جريان در آرميچر مي شود كه ممكن است به كموتاتور آن آسيب رسانده و عمر آن كاهش يابد .

با كاهش ولتاژ آرميچر ، موتور مي تواند بر روي هر كدام از منحني ها كه بين منحني سرعت-گشتاور طبيعي و محور گشتاور قرار گيرد ، كاركند. براي يك موتور تحريك جداگانه ، سرعت بي باري نيز تغيير مي كند و مشخصه هاي سرعت – گشتاور براي ولتاژهاي مختلف خطوط موازي هستند . چون ولتاژآرميچررا نمي توان از مقدار نامي بيشتر نمود اين روش كنترل سرعت فقط براي كار موتور در زير مشخصه سرعت – گشتاور طبيعي به كار مي رود .

ويژگي مهم اين روش كنترل سرعت آن است كه شكل و شيب مشخصه هاي سرعت – گشتاور با تغيير سرعت عوض نمي شوند . با اين روش يك محركه گشتاور ثابت بدست مي آيد چونكه حد اكثر جريان مجاز آرميچر ، و بنا براين حداكثر ظرفيت گشتاور موتور براي تمام سرعتها ثابت باقي مي ماند .

ولتاژ dc متغيير با استفاده از هركدام از مبدل‌هاي نيمه هادي زيرمي تواند به دست آيد:

۱- يكسو كننده كنترل شده (يا مبدل ac به dc).

۲- برشگر (يا مبدل dc به dc).

۳-۳-۲ كنترل ميدان :

اگر در يك موتور تحريك جداگانه يا سرعت خاصي مي چرخد، ميدان تضعيف شود ، نيروي ضد محركه القايي آن كاهش مي يابد . به دليل كوچك بودن مقاومت آرميچر مقدار افزايش در جريان آرميچر نسبت به مقدار كاهش ميدان بسيار بزرگتر خواهد بود . در نتيجه با وجود تضعيف ميدان گشتاور بطور قابل ملاحظه اي افزايش مي يابد به نحوي كه از گشتاور بار بيشتر مي شود . فزوني گشتاور موتور بر گشتاور بارموجب شتاب گيري موتور و افزايش ولتاژ القايي آرميچر مي شود . در حاليكه ميدان موتور تضعيف شده نهايتا موتور در سرعتي بالاتر از سرعت قبل مستقر مي شود

، كه در آن گشتاور موتور با گشتاور بار برابر است. هر تضعيف شديدي در ميدان منجر به ايجاد جريان هجومي خطرناكي مي‌شود لذا تضعيف ميدان بايستي به آرامي و به تدريج انجام شود .

از طرف ديگر ، هنگامي كه ميدان يك موتور تحريك جداگانه زياد مي شـــود ، ولتاژ القايي افزايش مي يابد و اغلب از ولتاژ منبع بيشـــتر مي شـــود . پس ، جريان آرميچر نه فقط كاهش مي يابد بلكه جهت آن نيز اغلب عوض مي شـــود . در اينحالت موتور همانند يك ژنراتور كار مي كند و به منبع انرژي مي دهد . اين انرژي از انرژي جنبشي موتور و بار گرفته مي شـود . يك كاهش سـريع در سرعت رخ مي دهد و نهايتا موتور در يك سرعت جديد كمتر از سرعت قبل ، مستقر مي شود كه در آن گشـتاور موتور و بار برابر هسـتند . در موتور سـري افزايش ميدان ، جريان آرميچر را به نسبت بيشتري افزايش مي دهد (اما جهت آن عوض نمي شود) . چون گشتاور موتور از گشتاور بار كمتر است ، سرعت موتور كم مي شود و نهايتا در سرعتي پايين تر مستقر مي شود كه در آن گشتاور موتور و بار هم برابرهستند.

در يك شـار تضـعيف شـده ، براي يك افزايش معين در گشـتاور ، جريان آرميچر . بنابر اين افت ولتاژ آرميچر به نسـبت بيشـتري افزايش مي يابند . نتيجتا نيروي ضـد محرك القايي ، و بنا بر اين سـرعت نيز به نسـبت بيشـتري افت مي كنند . پس هر چه شـار كمتر باشـد ، شـيب منحني ها ي سرعت ـ گشتاور بيشتر است . در مقادير كم شار ، اگر مقدار گشتاور كم باشد، يك كاهش در شار ممكن است حتي منجر به كاهش در سرعت بشود .

در مورد يك موتور شنت ، كمترين سرعت قابل حصول متناظر با حد اكثر تحريك و بدون حضور هيچ مقاومت خارجي در مدار تحريك اسـت. در مورد يك موتور تحريك جداگانه كمترين سـرعت توسط گرماي توليد شده در سيم‌بندي تحريك و اشباع مدار مغناطيسي معين مي‌شود چون در تحريك كامل ، ماشـينهاي جديد در مقدار قابل ملاحظه‌اي از اشـباع مدار مغناطيسـي كار مي‌كنند. سـرعت فقط به مقدار كمي در زير مشخصه سرعت- گشتاور طبيعي مي تواند كاهش يابد . حداكثر سرعت توسط ناپايداري موتور ناشـي از اثر ضـد مغناطيسـي عكس العمل آرميچر در يك ميدان ضـعيف و همچنين تحمل مكانيكي موتور محدود مي شـــود . در موتورهاي dc با طراحي عادي ، رســـاندن سرعت به ۱/۵ تا ۲ برابر سرعت نامي و در موتورهاي با طراحي مخصوص ، رساندن سرعت به ٦ برابر ســـرعت نامي امكان پذير اســـت. براي جلوگيري از ناپايداري ، در موتورهاي تحريك جداگانه از يك سيم بندي سري با ميدان نسبتا ضـعيف كه به ميدان اصـلي كمك مي‌كند، استفاده مي شود. در بارهاي سنگين لحظه‌اي، يك جريان بزرگ، ميدان را تقويت ميكند و سرعت موتور تمايل به كاهش پيدا مي كند .

كنترل ميدان موتور هاي تحريك جداگانه و شـــنت ، يك كنترل در قدرت ثابت فراهم مي‌آورد، چونكه حداكثر قدرت موتور در تمامي ســـرعتها تقريبا" باقي ثابت مي ماند . فرض مي شـــود كه حداكثر جريان مجاز آرميچر $I_{a\max}$ هنگاميكه ميدان تضـــعيف مي شـــود، عوض نمي شـــود . در جريان آرميچر برابر با $I_{a\max}$ ، ولتاژ ضـــد محركه القايي E در تمام ســـرعتها به علت ثابت بودن ولتاژ تغذيه در مقدار v ، ثابت باقي مي ماند . در نتيجه حداكثر قدرت حاصـــله موتور $EI_{a\max}$ در تمام محدوده ســـرعت ثابت باقي مي ماند و حداكثر گشـــتاور بطور معكوس با ســـرعت تغيير مي كند.

اين فرض كه حداكثر جريان مجاز آرميچر با كاهش شـــار عوض نمي شـــود ، بطور تقريبي قابل قبول اســـت . زيرا عكس العمل آرميچر در شـــرايطي كه شـــار اصـــلي كاهش مي يابد بنحو موثرتري بر شـــار تاثير مي گذارد ، بنا براين حداكثر جرياني كه موتور مي تواند عبور دهد بدون آنكه در كموتاتور آن جرقه ايجاد شـــود كاهش مي يابد ، و موجب كاهش حداكثر قدرت مجاز توليدي در ســـرعتهاي بالا مي شـــود . در يك موتور تحريك جداگانه، كنترل شـــار با تغييرات ولتاژ ســـيم پيچي تحريك توسط يك يكسو كننده قابل كنترل يا يك برشـــگر ، بسته به اينكه منبع موجود acيا dc باشد انجام مي شود .

موتورهاي با اندازه كوچك به صـــورت شـــنت بسته مي شـــوند ، و تغييرات شـــار با وارد كردن يك مقاومت متغير درمدار تحريك به دست مي‌آيد.در يك موتور سري ، كنترل‌شار با اتصال يك مقاومت انشعابي به دو سر سيم پيچي تحريك ، حاصل مي‌شود

۳-۳-۳ تركيب روشهاي كنترل ولتاژ آرميچر و ميدان:

در محركه‌هايي كه كنترل ســـرعت در محدوده اي وســـيع ضـــروري اســـت ، دو روش كنترل ولتاژ آرميچر و ميدان با هم تركيب مي شـــوند . در روش كنترلي ولتاژ آرميچر امتياز ثابت ماندن حداكثر ظرفيت گشتاوري ماشين در تمامي سرعتها وجود دارد . لذا در هر جايي كه امكان داشته باشد اين روش بكار گرفته مي شـــود ، و از روش كنترل ميدان براي دســـتيابي به ســـرعتهايي كه با روش كنترل ولتاژ آرميچرقابل حصول نيستند ، استفاده مي شود . در چنين محركه هايي ، سرعت مربوط به حالتي كه ولتاژ آرميچر در مقدار نامي و تحريك هم كامل اســـت ، ســـرعت مبنا ناميده مي شـــود. اين سرعتي است كه موتور در آن بر روي مشـــخصـــه سرعت – گشـــتاور طبيعي كار مي كند . از حالت ســـكون تا ســـرعت نامي تغييرات ســـرعت با كنترل ولتاژ آرميچر به دســـت مي آيد و در اين محدوده سرعت ، ميدان در مقدار نامي خود ثابت نگاه داشته مي شود . سرعتهاي بالاتر از سرعت

مبنا با روش كنترل ولتاژ آرميچر نمي توانند به دست آيند چونكه ولتاژ آرميچر موتور نبايستي از مقدارنامي بيشتر شود . بنا براين ، سرعتها ي بالاتر از سرعت مبنا با روش كنترل ميدان به دست مي آيند اين نوع محركه ها عبارتند از غلطكها ي نورد ، كاربردهاي كششي (قطارها) و غيره .

۳-۳-۴ كنترل مقاومت آرميچر:

اشكال اصلي اين روش كنترل سرعت بازده كم آن مي باشد . براي مثال ، براي باري با گشتاور ثابت كل قدرت ورودي به موتور (تحريك سري و جداگانه) و مقاومت سري، مقدار ثابتي است ، درهمان در حاليكه قدرت تحويلي به بار متناسب با سرعت كاهش مي يابد . بنا بر اين درصد بازدهي موتور همان درصد سرعت نسبت به سرعت نامي آن است، بدين معني كه در سرعتي معادل ۱۰ درصد سرعت نامي بازدهي موتور دقيقا ۱۰ درصد است.

در روش كنترل آرميچر شكل منحني هاي سرعت – گشتاور در يك موتور تحريك جداگانه (يا شنت) از حالت سرعت تقريبا ثابت براي تمام گشتاورها به يك حالت سرعت متغير عوض مي شود . به همان دليل و به سبب بازدهي كم ، از اين روش براي كنترل موتورهاي تحريك جداگانه بندرت استفاده مي شود مگر براي رسيدن به سرعتها يي كه براي لحظات بسيار كوتاه ضروري باشند .

براي محركه هايي كه در سرعتها ي پائين و به صورت تكراري و كوتاه مدت كار مي‌كنند، كاهش بازدهي كه محركه زياد نخواهد بود . به دليل سادگي و پادين بودن هزينه اوليه ، اين روش براي محركه‌هايي با كار تكراري كوتاه مدت كه از موتورهاي سري استفاده مي كنند كاملا مناسب و اقتصادي است .

۳-٤ حداقل نمودن تلفات در محركه هاي dc سرعت متغير:

هزينه سنگين انرژي انگيزه اي براي كاهش تلفات انرژي در محركه هاي سرعت متغير مي‌باشد. كاهش تلفات نه فقط باعث كاهش هزينه بهره برداري مي شود ، بلكه هزينه سرمايه گذاري اوليه سيستم تغذيه كننده محركه را نيز كاهش مي دهد . در اتومبيل برقي كه با باطري كار مي كند ، كاهش تلفات استفاده موثرتري را به دنبال دارد و فواصل زماني شارژ باطريها را نيز طولاني‌تر مي‌كند واتومبيل ميتواند فواصل بيشتري را طي كند.

درهر نقطه كار ، كه با سرعت و گشتاورش مشخص مي شود ، يك تركيب خاص از جريان آرميچر و جريان تحريك ميتواند ملزومات نقطه كار را بر آورد سازد و تلفات محركه را حداقل نمايد در يك محركه موتور dc مؤلفه هاي تلفاتي زير وجود دارند:

۱- تلفات مدار آرميچر p_a: اين تلفات جمع تلفات در منبع تغذيه آرميچر ، تلفات در اتصال جاروبكها و تلفات در سيم پيچي آرميچر خواهند بود اين تلفات را مي‌توان بصورت

$Pa = I_a^2 Ra$ بيان نمود ، كه در آن R_a مقاومت مدار آرميچر اســـت ،و بيانگر تلفات درمنبع ، اتصال جاروبكها ، و سيم پيچي آرميچر است .

۲- تلفات مدار تحريك P_F ،كه شـــامل منبع تغذيه مدار تحريك هم مي شـــود،اگر مقاومت مدار تحريك R_F باشد ، آنگاه $P_F = R_F^2 I_F$

۳- تلفات هسته آرميچر P_C كه تابعي از سرعت موتور W_M و چگالي شار فاصله هوايي B_g است : بنا براين بصورت $P_C = K_C F(B_g, W_M)$ بيان مي شود.

٤- تلفات اصطكاك و مقاومت هوا P_W تابعي از سرعت موتور است $P_W = K_W F(W_M)$.

٥- تلفات سرگردان P_S كه تابعي از جريان آرميچر I_a و سرعت موتور W_M است : بنا براين بصورت $P_S = K_S f(I_a, W_M)$ بيان مي شود .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم :

موتورهای القائی

موتورهای القایی:

موتورهاي القايي بخصوص موتورهاي قفس سنجابي مزاياي نسبت به موتورهاي dc دارند. از مواردي نظير نياز به نگهداريندي كمتر ، قابليت اطمينان بالاتر ، هزينه ، وزن ، حجم واينرسي كمتر ، راندمان بيشتر ، قابليت عملكرد در محيط هاي با گرد غبار و در محيط هاي قابل انفجار را مي توان نام برد . مشكل اصلي موتورهاي dc وجود كمو تا تور و جاروبك است ، كه نگهداري زياد و پر هزينه و نا مناسب بودن عملكرد موتور در محيط هاي با گرد و غبار بالا و قابل انفجار را بدنبال دارد. با توجه به مزاياي فوق در تمامي كار بردها ، موتور هاي القايي بطور وسيع بر ساير موتورهاي الكتريكي ترجيح داده مي شوند . با اينحال تا چندي پيش از موتورهاي القايي فقط در كاربردهاي سرعت ثابت استفاده شده است و در كار بردهاي سرعت متغير موتورهاي dc ترجيح داده شده اند . اين امر ناشي از آنست كه روشهاي مرسوم در كنترل سرعت موتورهاي القايي هم غير اقتصادي و هم داراي راندمان كم بوده است.

با بهبود در قابليت ها و كاهش در هزينه تريستور ها واخيرا در ترانزيستورها ي قدرت و GTO ها امكان ساخت محركه هاي سرعت متغير بااستفاده از موتورهاي القايي بوجود آمده است كه در برخي موارد حتي از نظر هزينه و عملكرد از محركه هاي با موتور dc نيز پيشي گرفته اند . در نتيجه اين پيشرفتها ، محركه هاي موتورهاي القايي در برخي كار بردهاي سرعت متغير بجاي محركه هاي dc مورد استفاده قرار گرفته اند . پيش بيني مي شود در آينده موتور هاي القايي بطور گسترده در محركه هاي سرعت متغير مورد استفاده قرار خواهند گرفت .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-٤ عملكرد موتورهاي القايي سه فاز :

يك موتر القايي دراي يك سيم پيچي متعادل سه فاز بر روي استاتور است . رتور يك موتور القايي از نوع رتورسيم بندي شده شامل يك سيم پيچ متعادل سه فاز با تعداد قطبهاي يكسان با استا تور است . رتور يك موتور قفس سنجابي هاديهايي دارد مه توسط حلقه ها ي انتهايي اتصال كوتاه شده اند .در اثر پديده القاء ولتاژي در رتور با تعداد فاز و قطب يكسان با سيم بنديهاي استاتور بوجود مي آيد .

زماني كه سيم بندي استاتور با يك منبع سع فاز با فركانس ω (راديان بر ثانيه) تغذيه مي شود، ميدان گرداني با سرعت سنكرون ω_{ms} (رايان بر ثانيه) ايجاد مي شود كه

$$\omega_{ms} = \frac{2}{p}\omega = \frac{4\pi f}{p} rad/\sec \quad \text{و} \quad \text{تعداد قطب ها=p} \qquad (١-٤)$$

اگر سرعت رتور ω_m (راديان بر ثانيه) باشد ، در اين صورت سرعتي نسبي بين ميدان گردان استاتور و رتور عبارتست از :

$$\omega_{sl} = \omega_{ms} - \omega_m = s\omega_{ms} \qquad (٢-٤)$$

كه ω_{sl} سرعت لغزش ناميده مي شود . لغزش s از رابطه زير بدست مي آيد .

$$s = \frac{\omega_{ms} - \omega_m}{\omega_{ms}} \qquad (٣-٤)$$

بنا بر اين

$$\omega_m = (1-s)\omega_{ms} \qquad (٤-٤)$$

به علت وجود سرعت نسبي بين ميدان گردان استاتور و رتور يك ولتاژ سه فاز متعادل در سيم بندد يهاي رتور القا ء مي شود كه فر كانس آن متناسب با سرعت لغزش موتور است. بنا براين ،

$$\omega_r = \frac{\omega_{sl}}{\omega_{ms}}(\omega) = s\omega \qquad \text{rad/sce} \qquad (٥-٤)$$

كه ω_r فركانس رتور بر حسب راديان بر ثانيه است. براي ω_mكوچكتر از ω_{ms} سرعت نبي مثبت است . درنتيجه توالي ولتاژ رتور همانند توالي ولتاژ استا تور است . عبور جريان سه فاز در رتور باعث ايجا ميداني گرداني مي شود كه نسبت به رتور با سرعت لغزش ω_{sl} و هم جهت با گردش رتور دوران مي كند . در نتيجه سرعت ميدان گردان رتور به استاتور (مرجع ساكن) با

WikiPower.ir

سرعت ميدان گردان استا تور رابر خواهد شد . لذا گشتاور حالت ماندگار ايجاد شده كه مقدار آن عبارت زير بدست مي آيد .

$$T=-\frac{\pi}{2}\left(\frac{P}{2}\right)^2 \Phi_{ma} F_{mr} \sin\delta_r \qquad (٦-٤)$$

كه Φ_{ma} شار فاصله هوايي درقطب بر حسب وبر f_{mr} حداكثر MMF رتور بر حسب آمپر دور و δ_r زاويه گشتاور يا اختلاف فاز ميان MMF رتور و MMF فاصله هوايي براي سرعتهاي ω_m كوچكتر از ω_{ms} ميدان هاي رتور و استا تور نسبت به هم ساكن باقي مي مانند و گشتاور حالت دائمي ايجاد مي شود . براي $\omega_m = \omega_{ms}$ سرعت نسبي بين ميدان استا تور و رتور صفر مي شود . در نتيجه ولتاژي در رتور القاء نمي شود و گشتاورخروجي صفر است .

براي $\omega_m \rangle \omega_{ms}$ سرعت نسبي ميدان رتور و استا تور عكس مي شود . در نتيجه جهت ولتاژ ها و جريانها ي القايي رتور نيز عكس مي شوند و توالي فاز آنهابا استا تور نيز مخالف خواهد شد . جريان سه فاز القايي رتور ميدان گرداني در جهت عكس حركت رتور با سرعت ω_{sl} ايجاد مي كند . بنا بر اين در اينجانيز سرعت ميدان رتور نسبت به ميدان استا تور صفر مي شود و در نتيجه گشتاور حالت دائمي ايجاد مي شود . از آنجايي كه جهت جريان رتور معكوس شده علامت گشتاور منفي مي شود و ماشين در حالت ژنراتوري قرار مي گيرد . از حالت ژنراتوري براي ايجاد شرايط ترمز ژنراتوري استفاده مي‌شود .

۲-۴ راه‌اندازي:

زمانيكه موتور هاي القايي بطور مستقيم به ولتاژ خط متصل شود ، جريان راه اندازي بزرگي را مي كشد . در شرايطي كه امپدانس داخلي منبع تغذيه بزرگ و يا ظرفيت جريان خروجي آن محدود باشد ، راه اندازي موتور موجب افت ولتاژ خط مي شود . درنتيجه ساير بارهاي متصل به آن منبع تغذيه دچار اشكال مي گردند . لذا لازم است با استفاده از روشهايي ، جريان راه اندازي محدود شود . رفتار موتورهاي قفس سنجابي در شرايط راه اندازي با توجه به نوع آن (كلاس موتور)متفاوت مي باشد. راه اندازي موتورهاي رتور سيم پيچي شده با افزايش مقاومت خارجي رتور انجام مي شود و جريان راه اندازي نيز محدود مي شود. روش هاي ديگري هم وجود دارد كه هم در مورد موتورهاي قفس سنجابي و هم در مورد رتور سيم بندي شده كار برد دارند . بطور مثال مي توان از كاهش ولتاژ تغذيه ، تغيير فركانس استا تور و يا افزايش امپدانس استا تور نام برد. در موتورهاي رتور سيم بندي شده همچنين از تزريق ولتاژ درمدار رتور نيز به منظور كاهش جريان راه اندازي مي توان استفاد نمود . از اين روشها بجز روش افزايش امپدانس استاتور در كنترل سرعت موتورها نيز استفاده مي شود كه در قسمتهاي بعدي اين فصل مورد بحث قرار مي گيرند.

از روشهاي متعارف كاهش جريان راه اندازي ، كاهش ولتاژ تغذيه است كه توسط كليد ستاره – مثلث ويا اتوترانس انجام مي شود .روش ستاره – مثلث در موتورهاي قابل استفاده است كه در شرايط عادي بصورت مثلث مورد بهره برداري قرار مي گيرند . با تغيير سيم بندي از مثلث به ستاره ولتاژ و جريان راه اندازي با ضريب $\frac{1}{\sqrt{3}}$ و گشتاور راه‌اندازي با ضريب $\frac{1}{3}$ تقليل مي يابند . در راه اندازي با اتو ترانس با نسبت تبديل a_T ، جريان راه اندازي و گشتاور راه اندازي به ترتيب با ضرايب a_T و $a^2{}_T$ تقليل مي يابند . در هر دو روش در تغيير وضيعت از حالت راه اندازي به حالت دائم اگر از كليد استفاده شود، امكان بروز جريان هاي گذرا با دامنه بالا وجو دارد . قطع كليد از منبع تغذيه باعث مي‌شود كه جريان استا تور صفر شود و ميدان گردان استا تور حذف شود . بواسطه ثابت زماني بزرگ رتور جريان در رتور ادامه مي‌يابد، و ميدان رتور باعث القاي ولتاژ بر روي سيم‌بندي استاتور مي‌گردد . فاز ولتاژ القائي در استا تور بستگي به وضيعت ميدان رتور دارد و مستقل از فاز ولتاژ شبكه مي باشد . در لحظه وصل مجدد موتور به شبكه اي با ولتاژ جديد ممكن است فاز ولتاژ القائي ناشي از ميدان رتور و شبكه درفاز مقابل قرار گيرند و درنتيجه جريان هجومي شديدي ايجاد گردد.

موتورهاي بزرگ معمولا با ۲ سيم بندي در استاتور طراحي مي شوند . بطوريكه در حالت عادي معمولا هر دو سيم بندي بطور موازي در مدار قرار مي گيرند و در طي مرحله راه اندازي فقط يكي از سيم بندي ها در مدار قرار مي گيرد. اين امر باعث افزايش امپدانس معادل موتور شده و درنتيجه جريان راه اندازي محدود مي شود . اين روش بنام روش راه اندازي با سيم بندي كسري ناميده مي شود .

WikiPower.ir

۳-۴ ترمز كردن :

همانند موتورهاي dc روشهاي متفاوتي در ترمز الكتريكي موتورهاي القائي مورد استفاده قرار مي گيرند كه به ۳ دسته زير تقسيم ميشوند :

۱- ترمز ژنراتور ي
۲- ترمز با معكوس كردن تغذيه
۳- ترمز ديناميكي يا رئوستا يي

بر خلاف موتورهاي dc تومر ديناميكي در موتورهاي القايي از چند طريق امكان پذير است .

۴-۴ كنترل سرعت :

در اين بخش اصول روشهاي كنترل سرعت محركه هاي الكتريكي كه در آنها ازمبدل‌هاي نيمه هادي كنترل شده استفاده مي شود مورد بررسي قرار مي گيرد . روشهاي مرسوم عبارتند از :

۱- كنترل با منبع ولتاژ متغير فركانس ثابت

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲- کنترل با منبع ولتاژ فرکانس متغیر

۳- کنترل مقاومت رتور

۴- کنترل از روش تزریق ولتاژ در مدار رتور

روشهاي ۱و۲ در مورد موتورهاي قفس سنجابي و رتور سيم بندي شده وروشهاي ۳و ۴ فقط در موتورهاي رتور سيم بندي شده قابل استفاده هستند .

۴-۴-۱ کنترل سرعت با منبع ولتاژ متغیر و فرکانس ثابت :

گشتاور فاصله هوايي در موتور القائي متناسب با مجذور ولتاژ تغذيه است .

شكل كلي منحني ها ي سرعت - گشتاور مشابه است ولي با مجذور ولتاژ تغيير مي نمايد . كنترل سرعت ، باتغيير ولتاژ تغذيه به گونه ا ي انجام مي شود كه در سرعت مورد نظر گشتاور بار بوسيله موتور تامين مي شود . از آنجايي كه افزايش ولتاژ بالاتر از ولتاژ نامي مجاز نمي باشد بنا بر اين در اين روش ، افزايش سرعت تا سرعت نامي امكان پذير است .

چون گشتاو در لغزش مشخص با مجذور ولتاژ متناسب است ،لذا جريان رتور مستقيما متناسب با ولتاژ تغذيه است .در نتيجه نسبت گشتاور به جريان با كاهش ولتاژ تغذيه كاهش مي يابد . همچنين گشتاور موجود براي يك بار گذاري حرارتي مشخص براي موتور كاهش مي يابد .گشتاور شكست نيز با مجذورولتاژ كم مي شود . بنا براين بهره برداري در سرعتها ي پايين و با شرايط حرارتي طبيعي موتور ، در صورتي امكان پذير است كه گشتاور بار با كاهش سرعت تقليل يابد بطور مثال ميتوان به بارهاي پنكه اي بعنوان اين دسته از بار هاي متغير اشاره نمود.

براي داشتن محدوده وسيعي ا زتغييرا ت سرعت ،لازم است از موتورهاي با لغزش نامي بالا استفاده شود و بنا براين موتورهاي كلاس D قفس سنجابي با لغزش بين ۱۰ تا ۲۰ درصد در بار نامي و يا موتورهاي رتور سيم بندي شده با مقاومت خارجي بالا بكار گرفته مي‌شوند. در موتورهاي رتور سيم‌بندي شده بواسطه آنكه تلفات مسي رتور در مقاومت خارجي ايجاد مي شود (خارج از رتور)نسبت به موتورهاي كلاسD مناسبتر مي باشند. لذا مي توان از موتورهاي كوچكتري نيز استفاده نمود و اما اين امر لزوما منجر به داشتن محركه با هزينه پايين تر نيست ، چونكه هزينه هاي بالاتر مربوط به نگهداري يك موتور رتور سيم بندي شده و همچنين مقاومتها ي اضافي خارجي وجود دارد.

اگر از تلفات گردشي، تلفات مسي استاتور و تلفات هسته صرف نظر شود ،راندمان موتور از معادله (۴-۱۵) به صورت زير بدست مي آيد .

$$\eta_m \cong \frac{P_m}{P_g} = (1-s) \qquad (۴-۲۵)$$

معادلات (۴-۱۵) و (۴-۱۹) نشان مي دهند كه با افزايش لغزش ، قدرت حاصله كاهش و تلفات مسي رتور افزايش مي يابند.. در نتيجه راندمان موتور در سرعتهاي كم، كاهش زيادي خواهد داشت.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۴-۲ کنترل سرعت با تغییر فرکانس :

بر اساس معادله (۴-۱) ،سرعت سنکرون مستقیما با فرکانس تغذیه متناسب است. لذا با تغییر فرکانس تغذیه به سرعت موتور به کمتر و بیش از سرعت نامي تغییر مي نماید.

ولتاژ القايي E متناسب با حاصلضرب فرکانس و شار فاصله هوايي است. اگر از افت ولتاژ استاتور صرف نظر شود مي توان ولتاژ ورودي موتور را متناسب با حاصلضرب شار و فرکانس در نظر گرفت . اگر فرکانس بدون هیچ تغییري در ولتاژ تغذیه کاهش یابد شار فاصله هوايي افزایش مي یابد.

موتورهاي القايي به گونه اي طراحي مي شوند که در نزدیکي ناحیه زانوي منحني اشباع مغناطیسي قرار گیرند.بنابراین افزایش شار باعث مي گردد که موتور با اشباع مواجه شود که در نتیجه ،منجر به افزایش نویز صوتي مي گردد. همانطور که افزایش شار باعث بروز مشکلات ناشي از اشباع مي گردد ، کاهش شار نیز مناسب نمي باشد زیرا ظرفیت گشتاور موتور تقلیل مي یابد . لذا تغییر فرکانس با تغییر ولتاژ تغذیه همراه است به گونه اي که شار در موتور ثابت باقي بماند . افزایش فرکانس به بیش از فرکانس اصلي در ولتاژ ثابت انجام مي شود . این امر بواسطه محدودیتها ي ناشي از تحمل عایقي استاتور بوجود مي آید.

متغیر a را به صورت زیر تعریف مي کنیم.

$$a = \frac{f}{f_{rated}} \qquad (۳۶-۴)$$

که در رابطه فوق f فرکانس کار و f_{rated} فرکانس نامي است .a فرکانس پریونیت نیرنامیده مي شود.

۴-۵ حداقل نمودن تلفات:

در بخش قبل توضیح داده شد که صرفه‌جويي قابل توجه درتلفات موتور در بارهاي سبك با كاهش ولتاژ تغذيه امكان‌پذير است. درچنين كاربردهايي، كنترل ولتاژ براي كاهش تلفات است نه براي كنترل سرعت. صرفه‌جويي در انرژي به سه عامل بستگي دارد: بارگذاري موتور، دامنه ولتاژ اعمال شده، و كيفيت ساختماني موتور. صرفه‌جويي در انرژي در حالت موتورهاي تكفاز بيش از موتورهاي سه فاز است. مهمترين عامل موثر بر صرفه‌جويي انرژي نحوه بارگيري از موتور است. هرچه بار سبك‌تر باشد، صرفه‌جويي انرژي بيشتر است. دوره كاري يك موتور بصورت نسبت مدت زمان بار كامل به مجموع زمانهاي بي‌باري و بار كامل تعريف مي‌شود. در كاربردهاي با دوره كاري كوتاه صرفه‌جويي در انرژي بيشتر است. كاربردهاي فراواني وجود دارند كه در آنها دوره كاري كوتاه است نظير برشكاري فلزات،ماشين‌هاي ابزار،ماشين‌هاي ابزار، ماشين‌هاي خياطي، سوراخكاري قطعات و غيره. در چنين كاربردهايي ، موتور با يك ولتاژ ثابت تغذيه مي‌شود، چونكه كنترل سرعت ضروري نيست. صرفه‌جويي قابل ملاحظه‌اي در انرژي در مواردي كه از يك ولتاژ متغير استفاده شود حاصل مي‌شود.

صرفه‌جويي درانرژي به منبع تغذيه نيز بستگي دارد. موتوري كه در نزديكي يك پست توزيع كار مي‌كند نسبت به موتوري كه در انتهاي خط توزيع كار مي‌كند ولتاژ بزرگتري خواهد داشت. بنابراين، كاهش ولتاژ صرفه‌جويي بزرگتري را فراهم مي‌آورد. يك موتور با طراحي نادرست جريان مغناطيسي بيشتري مي‌كشد و تلفات هسته

بزرگتري خواهد داشت (كه اين امر مي‌تواند ناشي از فاصله هوايي بزرگتر و كيفيت نامرغوب ورقه‌ها باشد). براي يك موتور با طراحي خوب،كار در ولتاژ كاهش يافته در شرايط بارهاي سبك منجر به صرفه‌جويي بيشتر در انرژي خواهد شد.

تغييرات در ولتاژ موتور فقط با قرار گرفتن يك كنترل كننده ولتاژ ac بين منبع وموتور امكان‌پذير است. تلفات كنترل‌كننده ولتاژ ac و تلفات اضافي موتور ناشي از هارمونيكهاي ولتاژ باعث كاهش صرفه‌جويي انرژي مي‌شود. در بيشتر كاربردها، صرفه‌جويي خالص در انرژي با هزينه اضافي مربوط به يك كنترل‌كننده ولتاژ ac برابري نمي‌كند. با اينحال، اگر ازكنترل‌كننده ولتاژ ac براي راه‌اندازي موتور استفاده شود، آنگاه از همان كنترل‌كننده مي‌توان براي كاهش تلفات نيز استفاده نمود.

٦-٤ محركه‌هاي موتور القائي رتور سيم‌بندي شده با كنترل قدرت لغزش:

كليه موتورهاي القائي رتور سيم‌بندي شده و قفس سنجابي از طرف استاتور قابل كنترل هستند. در عمل موتورهاي قفس سنجابي به علت مزايايي كه در فصل‌هاي گذشته به آنها اشاره شده ترجيح داده مي‌شوند.

در اين فصل روشهايي مورد بررسي قرار مي‌گيرند كه كنترل موتور از طرف رتور انجام مي‌گردد و بنابراين فقط در مورد موتورهاي رتور سيم‌بندي شده قابل استفاده هستند. موتورهاي رتور سيم‌بندي شده نسبت به موتورهاي قفس سنجابي معايبي دارند كه مي‌توان به هزينه گرانتر ، وزن و حجم بيشتر اشاره نمود. همچنين مسائل نگهداري و تعمير موتورهاي رتور سيم‌بندي شده به دليل وجود ذغال و حلقه‌اي لغزان بسيار بيشتر از موتورهاي قفس سنجابي است ولي در مقابل بدليل قابليت كنترل موتور القائي از طرف مدار تور در كاربردهاي مشخص ارزانتر از روشهاي كنترل موتورهاي قفس سنجابي هستند و راندمان آنها نيز بيشتر است.

بخشي از قدرت فاصله هوايي كه به قدرت مكانيكي تبديل نمي‌شود، قدرت لغزش ناميده مي‌شود. روشهاي كنترل قدرت لغزش، مقدار قدرت لغزش را تنظيم مي‌كند. بنابراين در يك قدرت فاصله هوايي معين، قدرت تبديل نشده به قدرت مكانيكي، قابل كنترل مي‌باشد. پس در يك گشتاور معين سرعت تغيير مي‌كند.كنترل مقاومت رتور و تزريق ولتاژ به مدار رتور جزء اين دسته قرار مي‌گيرند. در اين فصل با استفاده از مبدلهاي نيمه‌هادي اين روشها مورد بررسي قرار مي‌گيرند كه عبارتند از:

١- كنترل استاتيك مقاومت رتور[١]

[١] - Static Rotor Ressistsnce Contorol

۲- محركه استاتيكي شربيوس [۱]

۳- محركه استاتيكي كرامر [۲]

٤-٦-١ كنترل استاتيكي مقاومت رتور:

اين روش كنترلي كم بازده اســت چونكه كاهش ســرعت با تلف كردن قدرت در مقاومت خارجي حاصل مي‌شود. ولي از مزاياي آن مي‌توان به قيمت پائين، ضريب قدرت خوب و يك نسبت گشتاور به جريان بالا براي محدوده وسيعي از سرعت (شامل راه‌اندازي و ترمز) اشاره نمود. تنها روش ديگر كنترل سرعت كه در آن نسبت گشتاور به جريان بزرگ است روش كنترل فركانس استاتور مي‌باشد، كه بسيار پيچيده است. بنابراين كنترل مقاومت رتور در كاربردهاي با هزينه كم كه به نسبت گشاور به جريان بالا نياز دارند مورد استفاده قرار مي‌گيرد، نمونه‌هاي اين كاربردها عبارتند از: ماشين‌هاي حفاري قدرت پائين، محركه‌هاي جرثقيل‌ها و غيره. بجاي تغيير مكانيكي مقاومت رتور، مي‌توان با استفاده از برشگر، مقاومت مدار رتور را تغيير داد. كاربرد اين روش باعث مي‌شود كه مقاومت رتور بطور پيوسته و بدون جهش تغيير نمايد. بنابراين، تغييرات سرعت موتور نيز همينگونه خواهد بود. همانطور كه درشكل ۸-۱ نشان داده شده است، ولتاژ ac رتور توسط يكسو كننده سه فاز پل ديودي به ولتاژ dc تبديل مي‌شود و سپس به مقاومت خارجي اعمال مي‌گردد. كليد S ، با كموتاسيون خودي، با مقاومت R موازي شده وبطور متناوب با پريود T كار مي كند و در هر پريود به اندازه t_{on} روشن مي‌ماند. مقدار مؤثر مقاومت R تغيير t_{on} از ۰ تا T از R تا صفر تغيير مي‌كند. از اندوكتانس L_d براي كاهش اعو جاج جريان I_d استفاده مي‌شود. يك اعوجاج بزرگ در I_d باعث افزايش هارمونيك هاي جريان رتور و افزايش افت ظرفيت خروجي موتور مي‌شود. همچنين حضور L_d امكان هدايت غيرپيوسته در بارهاي سبك را كاهش مي‌دهد. همانند حالت موتور dc هدايت غير پيوسته باعث بد شدن رگولاسيون سرعت مي‌شود. عامل اصلي ايجاد اعوجاج پل ديودي است و كليد S بدليل كار در فركانس بالا نقشي در ايجاد اعوجاج ندارد. ولتاژ خروجي پل ديودي V_d از بيشترين مقدار خود در حالت سكون به حدود ٥ درصدي مقدار حداكثر آن در نزديكي سرعت نامي مي‌رسد. اگر كليد S يك تريستور باشد كموتاسيون مطمئن يا با استفاده از يك خازن كموتاسيون بزرگ يا با استفاده از يك منبع كمكي براي شارژ خازن كموتاسيون

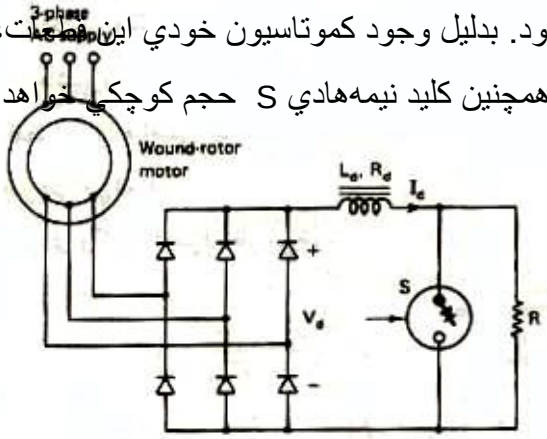
---

[۱] Static Kramer drive

[۲] Static scherbius drive

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حاصل مي‌شود. بنابراين تريستور براي چنين كاربردي مناسب نيست. چون نسبت دور سيم‌بندي استاتور به رتور در موتورهاي القائي معمولاً بزرگتر از يك است ولتاژ V_d كوچك است و بنابراين در قدرتهاي پائين استفاده از ترانزيستور مناسبتر است. در قدرتهاي بالاتر از حد توان ترازيستورها ممكن است از GTO استفاده شود. بدليل وجود كموتاسيون خودي اين قطعات، كموتاسيون مطمئن در تمامي سرعتها وجود دارد و همچنين كليد نيمه‌هادي S حجم كوچكي خواهد داشت.



شكل ٤-١ كنترل موتورهاي القايي رتور سين بندي شده با كنترل استاتيكي مقاومت رتور

روش ديگر تغيير مقاومت رتور، استفاده ازيكسو كننده پل سه پالسه يا شش پالسه بجاي تركيب پل ديودي و كليد مي‌باشد. مقدار قدرت مصرفي در مقاومت R با كنترل زاويه آتش يكسو كننده تنظيم مي‌شود.

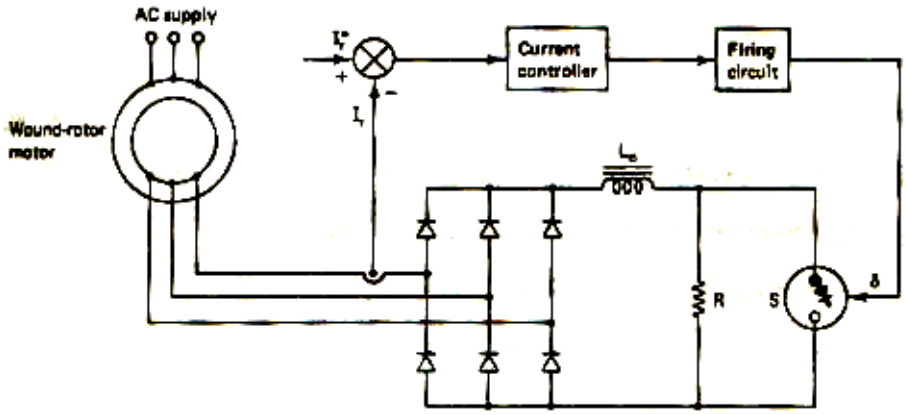
در موتورهاي با طراحي مناسب، مي‌توان از نوسانات گشتاور هارمونيكي كه مقادير كوچكي دارند صرف نظر نمود.

درمقايسه با روشهاي كنترل مرسوم همچون روش كنترل مقاومت رتور كه در آنها از كنتاكتورها، تنظيم كننده‌هاي لغزش و غيره استفاده مي‌شود در روش كنتر ل استاتيكي مقاومت رتور اشكال كاهش قدرت موتور وجود دارد. اما مزاياي بسياري هم دارد همچون كنترل پيوسته و يكنواخت، سرعت پاسخ بالا، تعمير و نگهداري كمتر، عمر طولاني، ابعاد كوچك، تعادل بين جريانهاي فازها و كنترل حلقه بسته ساده و غيره.

بخاطر سادگي كار درحالت حلقه بسته و سرعت بالا در حين راه‌ا ندازي و ترمز، محركه پاسخ گذاري سريعي را فراهم مي‌آورد. شتاب گيري سريع در مرحله راه‌اندازي با كار موتور در حداكثر گشتاور، يعني گشتاور شكست، و براي تمامي سرعتها امكان پذير است .كه در گشتاور شكست در كليه سرعتها، جريان رتور يك مقدار ثابت دارد. آرايش سيستم كنترل حلقه بسته در شكل(٤-٢)نشان د اده شده است كه در آن براي داشتن شتاب گيري سريع، سيگنال مرجع جريان براي ايجاد گشتاور شكست(ثابت) تنظيم مي‌شود. همچنين مي‌توان جهت حركت موتور رامعكوس نمود. طرح

كنترلي حلقه بسته شكل (٤-٢) براي كاهش سريع سرعت پس از تعويض توالي فازها و همچنين براي معكوس كردن جهت گردش موتور مي تواند استفاده شود، بشرط آنكه R به اندازه كافي بزرگ انتخاب شود تا حداكثر گشتاور در بيشترين سرعت ايجاد شود. در روش ترمز ديناميكي با فرض يك جريان dc ثابت در استاتور، جريان رتور در گشتاور شكست و در كليه سرعتهاثابت مي‌باشد كه در بخش قبل تشريح شد. بنابراين از طرح كنترل حلقه بسته شكل(٤-٢)براي يك ترمز ديناميكي سريع مي‌توان استفاده نمود.

در برخي جرثقيل‌ها براي داشتن تنظيم خوب سرعت و عملكرد آرام و يكنواخت، محركه با كنترل سرعت حلقه بسته همراه با حلقه كنترل جريان داخلي استفاده مي‌شود.



شكل ٤-٢ سيستم كنترل حلقه بسته جريان براي راه اندازي و ترمز

٤

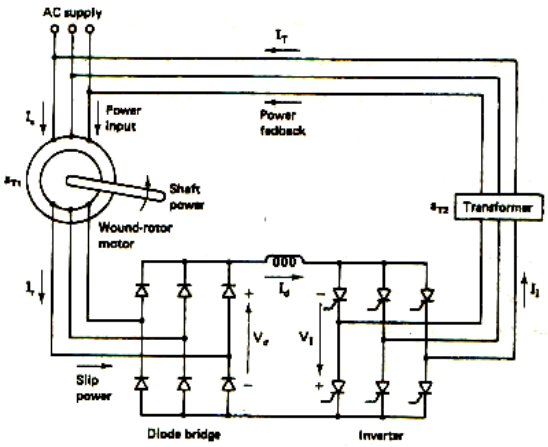
٤-٦-٢ محركه‌هاي استاتيكي شربيوس:

بجاي تلف كردن قدرت لغزش در مقاومت رتور مي‌توان آن را با استفاده از روش پيشنهادي شربيوس به منبع تغذيه باز گرداند. درشكل(٤-٣)طرح مبتني بر اين روش استاتيكي نشان داده شده است كه محركه استاتيكي شربيوس ناميده مي‌شود. همچنين به آن طرح بازيابي قدرت لغزش [1]

[1] - Slip Power Recovery

يا مبدل زنجيري زير سنكرون [1] نيز اطلاق مي‌شود، چونكه فقط توانايي كنترل سرعت محركه در زير سرعت سنكرون را دارد.

يك پل ديودي، قسمتي از قدرت لغزش را به dc تبديل مي‌كند كه آنهم بنوبه خود با استفاده از يك اينورتر سه فاز با كموتاسيون خط به ac سه فاز با فركانس منبع تبديل مي‌شود و از طريق يك ترانسفورمر، قدرت را به خط تغذيه اصلي بر مي‌گرداند. فيلتر سلفي L_d باعث حذف حالت هدايتي غير پيوسته و حداقل نمودن اعوجاج جريان مدار اتصال dc مي‌شود كه در نتيجه آن تلفات مسي هارمونيك و افت ظرفيت موتور كمتر مي‌شود.



شكل ٤-٣ محركه استاتيكي شربيوس

WikiPower.ir

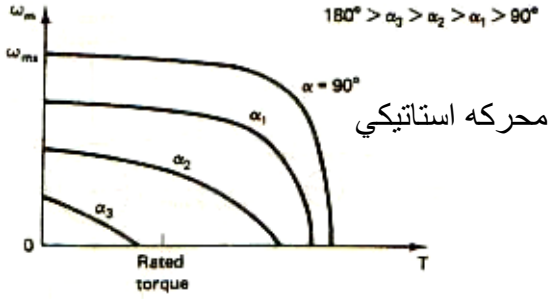
٤-٧ عملكرد محركه:

درشكل ٤-٤ طبيعت منحني‌هاي سرعت- گشتاور محركه استاتيكي شربيوس براي مقادير مختلف α نشان داده شده است. در نزديكي سرعت سنكرون، تنظيم سرعت خوب است. در سرعتهاي كم، تنظيم سرعت به شدت خراب مي‌شود ولي در عمل از اين محدوده بندرت استفاده مي‌شود. به دليل تلفات اضافي ناشي از پل ديودي، فيلتر، اينورتر و مقاومت R'_h ، سرعت نامي محركه براي $\alpha = 90^\circ$ كمتر از سرعت نامي موتور است. محتويات هارمونيكي جريان رتور همانند روش كنترل استاتيك مقاومت رتور است. بنابراين اثر آنها بر روي موتور همانند اثر آنها در روش كنترل استاتيك مقاومت رتور است . نكات مهمي كه بايستي به آنها توجه شود آن است كه از افت ظرفيت موتور كه بيش از ٥ درصد است و از گشتاورهاي هارمونيكي، هم پايدار و هم نوساني، صرف نظر مي‌شود.

[1] - Subsynchronous Converter Cascade

در شـرايطي كه محركه براي عملكرد در محدوده معيني از سـرعت طراحي مي‌شـود، دراثر يك اختلال امكان دارد كه سرعت موتور از محدوده كنترل كمتر شده نتيجاً ولتاژ اتصال dc از حداكثر دامنه ولتاژ ورودي اينورتر بيشتر شود. اين امر مي‌تواند منجر به خطاي كموتاسيون در اينورتر و نتيجاً اتصال كوتاه در مدار اتصال dc و منبع تغذيه ac از طريق تريستورهاي اينورتر شود. براي جلوگيري از اين پديده مي‌توان از سنسور سرعت استفاده نمود. در شرايطي كه سرعت موتور از محدوده كنترل كمتر مي‌شـود، اسـتراتژي كنترل تغيير كرده و كنترل مقاومت رتور اجرا مي‌شـود. از سـنسـور تشـخيص سـرعت درزمان راه‌اندازي مي توان اسـتفاده نمود بدين صـورت كه در راه‌اندازي از روش كنترل مقاومت اسـتفاده مي‌شـود و پس از آن روش كنترل اسـتاتيكي شـرييوس بكار گرفته مي‌شود.

اگر تغيير جهت چرخش محركه لازم باشـد، ازيك كنتاكتور براي تغيير توالي فاز تغذيه درمدار استاتور استفاده مي‌شود. در تغيير جهت چرخش يك انتقال به حالت كنترل مقاومت رتور نيز انجام مي شود.

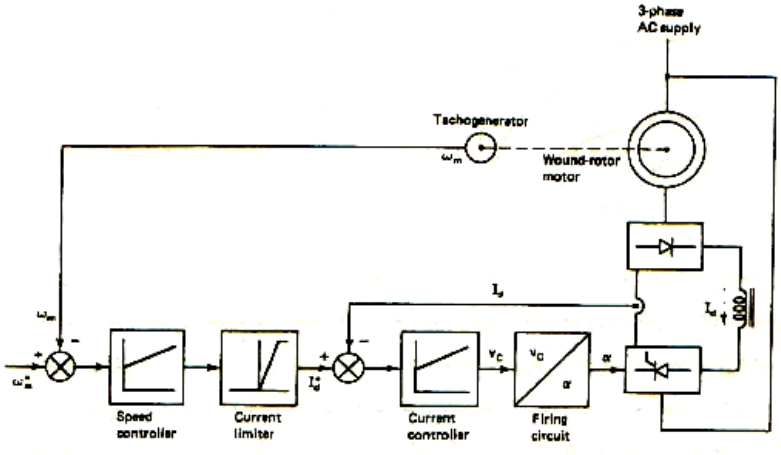


شكل ٤-٤ طبيعت منحني‌هاي سرعت – گشتاور محركه استاتيكي

در برخي از كاربردها نظير محركه‌هاي بارهاي پنكه‌اي و پمپ‌ها، سيستم كنترل سرعت حلقه بسته مورد نياز اسـت. كنترل حلقه بسـته با اسـتفاده از طرح كنترل حلقه داخلي جريان، شـكل ٤-٤ ، حاصل مي‌شود.

چون محركه استاتيكي شربيوس قابليت ترمزي زيرسنكرون ندارد، فقط مي‌تواند در حالت موتوري مسـتقيم قرار گرفته شـود. هر كاهشـي در سـيگنال مرجع سـرع باعث افزايش نيروي محركه emf اينورتر مي‌شود. نتيجتاً I_d به صفر افت مي‌كند، و سبب مي‌شود كه گشتاور به سمت صفر برود. بنابراين، محركه در اثرگشـتاور مقاوم بار كاهش سـرعت خواهد داشـت. در محركه‌هاي بارهاي پنكه‌اي و پمپ‌ها، گشتاور بار به اندازه كافي بزرگ است كه موجب كندشدن سريع سرعت مي‌شود.

با كاهش سرعت، زماني كه سرعت به سرعت مورد نظر نزديك شد، جريان اتصال dc برقرار مي‌شود و مقدارش بنحوي تنظيم مي‌شود كه گشتاور بار و موتور در سرعت مورد نظر برابر شوند. با افزايش سيگنال مرجع سرعت، جريان I_d در حداكثر مقدارش تنظيم مي‌شود و محركه با حداكثر جريان و گشتاور موتوري شتاب مي‌گيرد. در نزديكي سرعت مورد نظر، محدود كننده جريان از اشباع خارج مي‌شود و مقدار جريان I_d بنحوي تنظيم مي‌گردد تا گشتاور بار و موتور برابر شوند. زمانيكه اينورتر بصورت متعارف و كار در شرايط تمام كنترل شده كار كند، جريان اتصال dc با تشخيص ac اينورتر مشخص مي‌شود، همانگونه كه در محركه‌هاي dc انجام مي‌شود. زمانيكه اينورتر با هرزه گرد كنترل شده يا به روش مدولاسيون پهناي پالس كار مي كند، جريان اتصال dc با جريانهاي ac اينورتر متناسب نيست، نتيجتاً بايستي مستقيماً آن را از روي اتصال dc اندازه‌گيري نمود.



شكل ٤-٥ كنترل حلقه بسته سرعت در محركه استاتيكي

شريبوس

دراينجا مناسب است كه مقايسه‌اي بين محركه استاتيكي شريبوس و محركه كنترل كننده ولتاژ ac انجام شود چونكه از هر دو عموماً در كاربردهايي نظير محركه‌هاي پنكه‌ها و پمپ‌ها در محدوده‌هاي كوچك سرعت استفاده مي‌شود.

۱- درطرح کنترل کننده ولتاژ ac ، کاهش سرعت با تلف کردن قدرت لغزش در رتور حاصل مي‌شود. در حاليكه در روش شريبوس، كاهش سرعت با بازگشت قدرت لغزش به خط تغذيه انجام مي‌شود. بنابراين روش شريبوس راندمان بسيار بهتري نسبت به روش كنترل كننده ولتاژ ac دارد.

۲- در طرح كنترل كننده ولتاژ ac ، با كاهش سرعت موتور از مقدار نامي جريان موتور افزايش مي‌يابدمقدار حداكثر جريان در $s=\frac{1}{3}$ حاصل مي‌شود. اين امر باعث افت ظرفيت موتور مي شود براي آنكه اين مقدار افت كم باشد، استفاده از يك موتور با لغزش نامي بين ۰/۱ تا ۰/۲ (موتور كم راندمان) الزامي است. در يك محركه استاتيكي شريبوس، جريان با كاهش سرعت كم مي‌شود، لذا ، اين طرح متحمل كاهش ظرفيت موتور نمي‌شود. بنابراين از يك موتور رتور سيم‌بندي شده با راندمان بالا و لغزش نامي كوچك استفاده مي‌شود. اين امر موجب افزايش سرعت، قدرت، و راندمان دربار كامل مي‌شود.

۳- ضريب قدرت در محركه استاتيكي شريبوس در سرعت باركامل ونزديكي آن كم است.

٤- در طرح كنترل كننده ولتاژ ac ، از موتور قفس سنجابي مي توان استفاده نمود، لذا دچار محدوديتهاي موتور و رتور سيم‌بندي شده كه در ابتداي اين فصل به آنها اشاره شد، نمي‌شود.

٥- هزينه اوليه محركه استاتيكي شريبوس بالاتر از محركه كنترل كننده ولتاژ ac است. اما در مقابل هزينه بهره‌برداري آن كمتر است.

٤-٨ كنترل سرعت در فوق سنكرون:

همانطور كه در بخش قبل اشاره شد، محركه شكل (۳-۴) مي‌تواند فقط بصورت موتوري زير سنكرون و ترمز ژنراتوري فوق سنكرون كار كند، چونكه جهت انتقال قدرت فقط از سمت رتور به سمت منبع ac است. اگر با ايجاد تغييراتي انتقال قدرت بين رتور و منبع ac اصلي دو طرفه باشد، آنگاه كار موتوري و ترمزي در سرعتهاي زير سنكرون و فوق سنكرون عملي مي‌شود. اگر مقادير نامي طراحي بگونه‌اي انتخاب شود كه

شرايط كار در حداكثر لغزش S_{max} مهيا شود، آنگاه محدوده كنترل لغزش از $-S_{max}$ تا S_{max} امكان پذير است. بعبارت ديگر محدوده كنترل سرعت براي همان مقادير نامي دوبرابر مي‌شود. براي تحقق چنين وضعيتي ولتاژ تزريقي به مدار رتور، بايستي فركانس و توالي فاز ولتاژ القايي رتور را دنبال كند.

اولين تغيير كه باعث مي‌شود انتقال قدرت در دو جهت صورت پذيرد، جابجايي پل ديودي با يك يكسو كننده تمام كنترل شده ٦ پالسه است. جهت قدرت انتقالي را مي‌توان با تغيير حالت كار اينورتر به يكسو كننده و يكسو كننده (متصل به رتور) به اينورتر تغيير داد. افزايش درمحدوده كنترل سرعت، افزايش هزينه و پيچيدگي مدار را بهمراه دارد. هزينه يك پل تريستوري بيش از يك پل ديودي است. يك مدار آتش با فركانس لغزش براي مبدل جديد

ضروري است. درنزديكي سرعت سنكرون، دامنه كم ولتاژ رتور نمي‌تواند شرايط كموتاسيون خط تريستورهاي يكسوكننده جديد را ايجاد كند، نتيجتاً در نزديكي سرعت سنكرون، محركه دچار خطا شده و قادر به تأمين گشتاور مورد نياز بار نيست.

دومين تغيير كه مي‌تواند انتقال قدرت را در دو جهت ميسر سازد، جايگزيني پل ديودي با يك اينورتر منبع جريان است. توالي فاز و فركانس اينورتر بايستي توالي فاز و فركانس ولتاژهاي القايي رتور را دنبال نمايد.تركيب يك اينورتر منبع جريان ويكسو كننده تمام كنترل شده قادر است قدرت را در هر دو جهت منتقل نمايد. همچنين بدليل كموتاسيون اجباري هيچ مشكلي در امر كموتاسيون در نزديكي سرعت سنكرون رخ نمي‌دهد. در سرعت سنكروه براي ايجاد گشتاور، جريان dc لازم در رتور توسط اينورتر منبع جريان تامين مي‌شود. هزينه و پيچيدگي اين محركه نسبت به محركه شكل (۳-٤) بالاتر است.

سومين تغيير ممكن جايگزيني پل ديودي و اينورتر با يك سيكلوكنورتر است، كه مي‌تواند بصورت يك منبع ولتاژ يا يك منبع جريان عمل نمايد. توالي فاز و فركانس سيكلوكنورتر بايستي ولتاژهاي القايي رتور را دنبال نمايد. چون كموتاسيون تريستورهاي سيكلوكنورتر توسط ولتاژ ثابت خط (ولتاژ خروجي ترانسفورمر) انجام ميشود، بنابراين كموتاسيون مستقل از سرعت محركه است، و در نزديكي سرعت سنكرون كموتاسيون بطور عادي و بدون مشكل انجام مي‌شود. در سرعت سنكرون، جريان dc رتور توسط سيكلوكنورتر تامين مي‌شود و گشتاور ايجاد مي‌گردد.

هنگاميكه محركه در يك حوزه محدودي از سرعت كنترل مي‌شود، فركانس سيكلوكنورتر بايستي به كمتر از $\frac{1}{3}$ فركانس منبع تغذيه محدود شود تا يك شكل موج جريان تقريباً سينوسي در رتور وجود داشته باشد كه در نتيجه آن، بهبود راندمان و افت كمتر ظرفيت موتور حاصل مي‌شود.

بدليل جذب قدرت راكتيو توسط سيكلوكنورتر، ضريب قدرت اين محركه كوچك است.

گاهي اوقات براي كاهش هزينه، وزن و حجم محركه، ترانسفورمر حذف مي‌شود و سيكلوكنورتر مستقيماً به منبع متصل مي‌شود. ولي در مقابل ضريب قدرت بشدت افت مي‌كند و هزينه سيكلوكنورتر نيز بدليل افزايش ولتاژ نامي تريستورها تا حدي افزايش مي‌يابد.

چون در سيكلوكنورتر از تعداد زيادي تريستور استفاده مي‌شود، اين محركه فقط براي قدرتهاي خيلي بالا مناسب است.

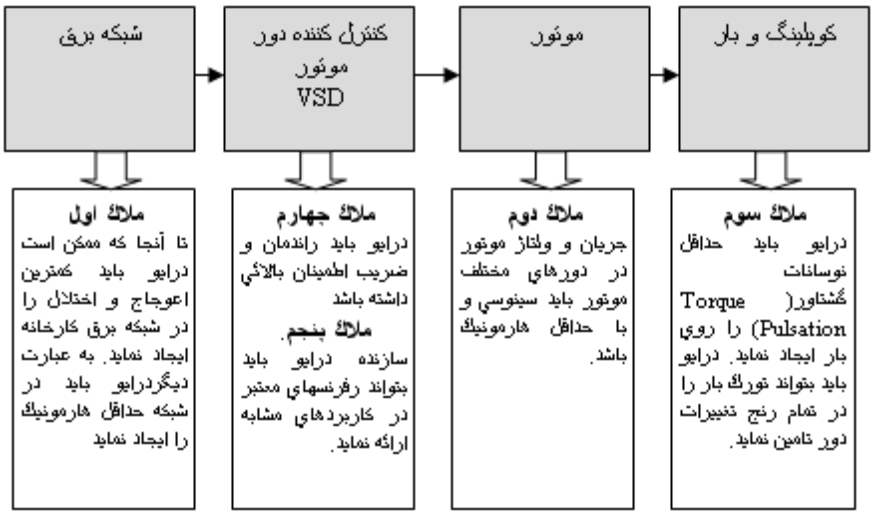
در تمام سه طرح فوق زمانيكه محركه براي حوزه محدودي از سرعت طراحي شده باشد، براي راه‌اندازي از مقاومت راه‌انداز استفاده مي‌شود، تغيير جهت چرخش محركه امكان پذير نيست. اگر تغيير جهت چرخش ضروري باشد، يك كنتاكتور تغيير دهنده توالي فاز به استاتور متصل مي‌شود و از كنترل مقاومت رتور در روند تغيير جهت موتور استفاده مي‌شود. درعمل از طرح ۱ استفاده نمي‌شود. ازدو طرح ديگر در محركه‌هاي پنكه‌ها و پمپ‌ها با قدرت خيلي بالا استفاده مي‌شود. اما افزايش در هزينه و پيچيدگي محركه، مزاياي ناشي از افزايش در محدوده سرعت آن را تحت‌الشعاع قرار مي‌دهد. استفاده از محركه استاتيكي شريبوس عموماً در سرعت زيرسنكرون ترجيح داده مي‌شود. چونكه هزينه و پيچيدگي آن كاهش مي‌يابد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۹-۴ مسائلي كه درايوهاي دور متغير بوجود مي آورند:

هر چند كه درايوها مزاياي زيادي دراند ولي در انتخاب و بكارگيري آنها بايد دقت كافي به عمل آيد. خصوصا اگر درايوهاي مورد بحث توانهاي بالائي داشته و توليد كارخانه به عملكرد آنها كاملا مرتبط باشد. در واقع تحقيقات نشان داده است كه نگراني از ضريب اطمينان درايو بعنوان يكي از موانع اصلي در عدم رغبت صنايع به استفاده از آنها در صرفه جوئي انرژي ميباشد

درايوهاي ولتاژ متوسط (Medium Voltage Drives) از تكنولوژي ساخت پيچيده اي برخوردارند. اينها معمولا تركيبي از الكترونيك قدرت، كنترل، ميكروكامپيوترها، ترانسفورماتورها و فيلترها ميباشند. پر واضح است كه ارزيابي اين اجزا و انتخاب درايو نهائي امري دشوار و نيازمند زمان و بسيج كارشناسان متخصص خواهد بود. با اين حال چهارچوب ساده زير ميتواند خريداران درايو را در ارزيابی و انتخاب درايو مورد نظرشان ياری دهد. در اين چهارچوب پيچيدگيهاي داخلي درايو مورد توجه قرار نميگيرد. بلكه سعي ميشود از آثار جانبي درايو عملكرد آن مورد ارزيابي قرارگيرد. بر اين اساس مطابق شكل(۴-۴) مسائل جانبی درايو را طبقه بندی نموده و ملاكهائی برای ارزيابی آنها تعيين ميكنيم.



شكل(۱۹): چهارچوب پيشنهادی برای ارزيابی درايوهای ولتاژ متوسط با توجه به آثار جانبی آنها

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ملاك اول تضـــمين ميكند كه شـــبكه برق كارخانه تحت تاثير عملكرد درايو قرار نگيرد. اين موضـــوع وقتي اهميت بيشـــتر پيدا ميكند كه توان درايو هاي مورد بحث زياد بالا باشـــد. اعوجاجهاي ناشـــي از عملكرد درايو روي شـــبكه ميتواند عملكرد ســـاير دســـتگاههاي حســـاس كنترلي را مختل ســـازد، تداخل در خطوط مخابراتي كارخانه ايجاد نمايد، و يا توان راكتيو از شبكه كشيده شود. و واكنش سازمانهاي برق منطقه اي را بدنبال داشته باشد. خلاصـه اي از روشـــهاي مختلف جهت كاهش هارمونيكهاي ناشـــي از عملكرد بارهاي غير خطي و از جمله درايو در جدول(۱) آمده است.

WikiPower.ir

		میزان تـاثیر روی THID	تاثیر روی هـارمونی کها	ملاحظات	سـازگاری با IEEE519
راکتور AC یا DC		29%-45%	مـرتـبـه پائین	- کمترین قیمت - راکتورهـای AC حـالات گـذرای ورودی را محـدود میکنند	خیر

				- مسـئلـه افت ولتـاژ روی چک	
ترانسـفورمات ور ایزوله		45%		- کم قیمت	خیر
فیلترهـای غیر فعال	Trap Tuned	20%	مورد نظر	- قیمت متوسط - کاستن از آستانه تحریک سیستم	
	Broadband Low pass	5%	مورد نظر	- خیلی گران - کاسـتن از آسـتانه تحریک سیستم - کاهش پایداری سیستم	بله بصـورت محدود

جدول(۱): روشهای کاهش هارمونیکهای ناشی از عملکرد کنترل کننده های دور موتور

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

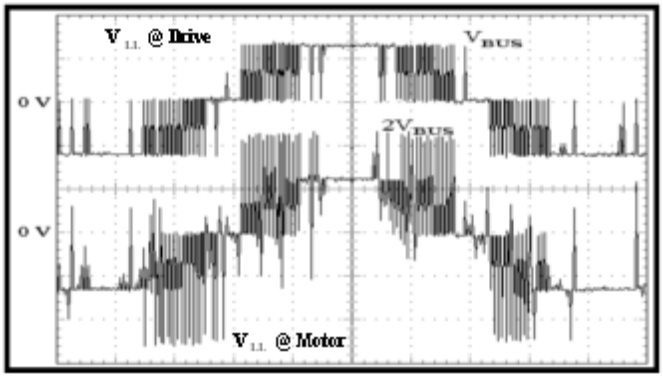
دیوایس اکتیو	VFD با ورودی اکتیو		مرتبه پائین	- گران - ضرب قدرت را بهبود میدهد - از IGBT استاندارد استفاده می کند	بله
	فیلتر اکتیو		مرتبه پائین	- گران - MTBF کم - افزایش هارمونیکهای مرتبه بالا - ضرب قدرت را بهبود میدهد	بله
سیستمهای چند پالسه: 12,18,24	12 پالسه	24%		- قیمت متوسط - حساس به عدم تقارن جریان	خیر
	18 پالسه	5%>		- بالاترین MTBF - گذرا مقاوم در برابر شرائط - حساس به عدم تقارن جریان	بله

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ادامه جدول(۱): روشهای کاهش هارمونیکهای ناشی از عملکرد کنترل کننده های دور موتور

توصيه ميشود استانداردهاي IEEE519 در درايوهاي ولتاژ متوسط يا Medium Voltage Drives رعايت شود. بطور خلاصه اين استاندارد ملزم ميكند كه توتال هارمونيك ولتاژ در شبكه كمتر از ۵% و توتال هارمونيك جريان كمتر از ۳% باشد. همچنين لازم است ضريب قدرت درايو در تمام رنج تغييرات دور بالاي ۹۵% باشد.

ملاك دوم تضمين ميكند كه برق خروجي از درايو تنشهاي ولتاژ و جريان اضافي به موتور تحميل نخواهد كرد. تنشهاي ولتاژ ميتواند عايق موتور را تحت فشار قراردهد. از سوي ديگر جريانهاي هارمونيكي ميتوانند باعث نوسانات گشتاور در موتور و بار بشوند. اعوجاج در ولتاژ و جريان موتور ميتواند باعث القاي جريانهاي مخرب در بيرينگهاي موتور شده و فرسايش سريع آن را بدنبال داشته باشد. مضافا اينكه جريانهاي هارمونيكي در موتور منجر به ايجاد حرارت اضافي در موتور خواهد شد. در شكل(۲) شكل موجهاى ولتاژ خروجي يك درايو نمونه را ميتوانيد مشاهده كنيد. در شكل موج بالا ولتاژ خروجی در ترمينالهاى درايو، و شكل موج پائين ولتاژ ورودی در ترمينالهاى موتور را مشاهده ميكنيد. دامنه اسپايكهاي ولتاژ حدود ۱۵۰۰ ولت است. اين اسپايكها ميتوانند عايق موتور را تحت فشار قرار دهند.



شكل(۲): شكل موج خروجی از يک درايو و اسپايكهاى ناشی از عملكرد سوئيچهاى قدرت و خازنهاى

پراكندگی سيستم: شكل موج بالا شكل موج خروجی درايو. شكل موج پائين شكل موج ورودی موتور

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

يك معيار خوب براي كيفيت توان خروجي درايو را ميتوان محدوديت طول كابل موتور به درايو قرار داد. اغلب سازندگان درايو محدوديت هاي زيادي در طول كابل درايو به موتور اعمال ميكنند. آنها ميگويند اگر طول كابل مثلا از ۱۰۰ متر بيشتر باشد لازم است از فيلتر براي سازگاري درايو به موتور استفاده گردد. از اين رو براي حصول اطمينان از كيفيت توان خروجي درايو به سه معيار زير توجه ميكنيم:

- طول كابل خروجي از درايو به موتور نبايد از سوي سازنده درايو محدود گردد.
- حتي الامكان در خروجي درايو ضرورتي براي استفاده از فيلتر نباشد.
- درايو بايد سازگار با هر نوع موتور استاندارد موجود بوده و نيازي به كار مهندسي جهت تطبيق درايو به موتور نباشد.

ملاك سوم تضمين ميكند كه درايو حداقل تاثير را روي بار و كوپلينگها داشته باشد. نوسانات گشتاور باعث استهلاك سريعتر بار و كوپلينگها ميشود. اينها آستانه تحريك سيستم را نيز پائين مياورند. ضمنا درايو بايد بتواند گشتاور مورد نياز بار را در تمام سرعتها تامين نمايد. توصيه ميشود ميزان نوسانات گشتاور يا Torque Pulsation در خروجي درايو كمتر از 0.5% در رنج تغييرات دور باشد.

ملاك چهارم تضمين ميكند كه درايو با هزينه كمتر كار خود را انجام بدهد و خود عاملي براي وقفه در توليد نگردد. همچنين درايو فانكشنهاي ساده اي داشته و بسهولت قابل سرويس باشد. و از پشتيباني فني مطمئن و سريع برخوردار باشد.

ملاك پنجم ميتواند از اين لحاظ مورد توجه قرار گيرد كه احتمال آن را بدهيم كه مشتريان ديگري كه از درايو مشابه استفاده ميكنند، در انتخاب و بكار گيري درايوهايشان بررسي هاي كافي كرده اند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

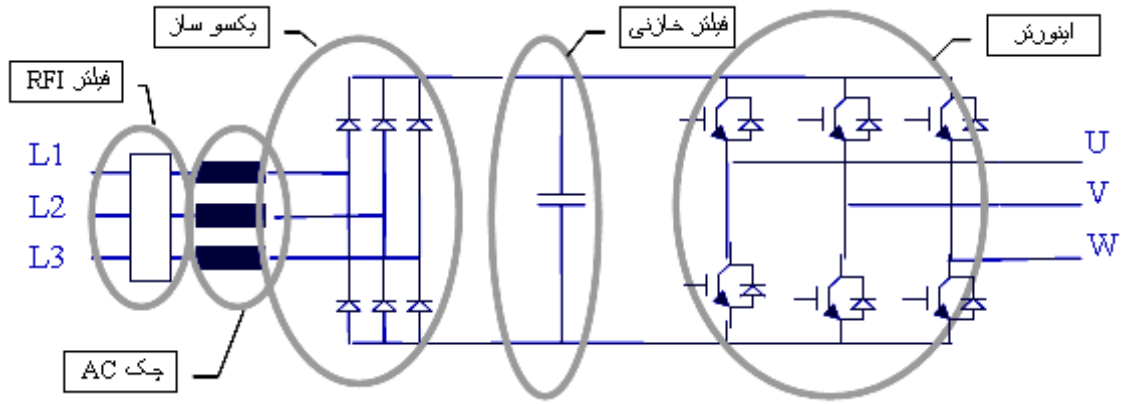
۱۰-٤ تكنولوژي الكترونيك قدرت و درایوهای AC:

تکنولوژی الکترونیک قدرت(Power Electronics)، بهره وری و کیفیت فرایندهای صنعتی مدرن را بی وقفه بهبود میبخشـــد. امروزه با کمک همین تکنولوژی امکان اســـتفاده از منابع انرژی غیرآلاینده بازیافتی(Renewable Energy)، نظیر باد و فتو ولتائیک فراهم شده است. تخمین زده میشـود که با اسـتفاده از الکترونیک قدرت، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصـد امکان صـرفه جوئی انرژی الکتریکی وجود دارددر واقع با کاهش بیوقفه قیمت ها در عرصـــه الکترونیک قدرت زمینه برای حضور آنها در کاربردهای صنعتی، حمل ونقل و حتی خانگی فراهم میگردد.

نیروی محرک بیشتر پمپها و فن ها موتورهاي القائي هستند که در دور ثابت کار میکنند. لیکن در ســـالهاي اخير با پيشـــرفتهاي انجام گرفته در زمينه تكنولوژي الكترونيك قدرت ، اســـتفاده از موتورهاي القائي قفس سـنجابي همراه با کنترل کننده دور موتور (AC DRIVE یا اینورتر یا بطور ساده درایو) رو به گسترش است . درایوها دستگاههائی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل میکنند. باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن اسـت. برای این منظور یک درایو نخسـت برق شـبکه را به ولتاژ DC تبدیل کرده و ســـپس آنرا با اســـتفاده از یک اینورتر مجددا به ولتاژ AC با فرکانس و ولتاژ متغیر تبدیل میکند. در شـکل(۴) قسـمتهای اصـلی یک درایو ولتاژ پائین نشـان داده شـده اسـت. همانطور که مشاهده میکنید قسمت اینورتر متشکل از سوئیچهای قدرتی است که در سالهای اخیر

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تغییرات تکنولوژیک زیادی پیدا کرده اند. در واقع با معرفی سوئیچهای قدرتی چون IGBT با قیمتهای رو به کاهش، زمینه برای عرضه درایوهای با قیمت مناسب فراهم شد. در هر حال خاطر نشان میکنیم که شکل موج خروجی درایو ترکیبی از پالسهای DC با دامنه ثابت است. این موضوع موجب میشود که خود درایو منشا اختلالاتی در کار موتور شود. برای مثال کیفیت شکل موج خروجی درایو میتواند سبب اتلاف حرارتی اضافی ناشی از مولفه های هارمونیکی فرکانس بالا در موتور شده و یا موجب نوسانات گشتاور Torque Pulsation در موتور گردد. با این حال درایوهای امروزی بدلیل استفاده از سوئیچهای قدرت سریع این نوع مشکلات را عملا حذف کرده اند.



شکل(۴): ساختمان یک کنترل کننده دور موتور (فقط قسمتهای قدرت نشان داده شده است).

کنترل کننده هاي دور موتورهاي الكتريكي هر چند كه ادوات پيچيده اي هستند ولي چون در ساختمان آنها از مدارات الكترونيك قدرت استاتيك استفاده مي شود و فاقد قطعات متحرك مي باشند، از عمر مفيد بالائي برخوردار هستند . مزيت ديگر كنترل كننده هاي دور موتور توانائي آنها در عودت دادن انرژي مصرفي در ترمزهاي مكانيكي و يا مقاومت هاي الكتريكي به شبكه مي باشد . در چنين شرائطي با استفاده از كنترل كننده هاي دور مدرن مي توان از اتلاف اين نوع انرژي جلوگيري نمود . بطوريكه در برخي كاربردها قيمت انرژي بازيافت شده از اين طريق ، در كمتر از يكسال معادل هزينه سرمايه گذاري سيستم بازيافت انرژي مي شود

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

بهینه سازی مصرف انرژی:

۵-۱ تاثیر کنترل دور موتورهای الکتریکی بر روی بهینه سازی مصرف انرژی:

بحث انرژي از دو ديدگاه اقتصادي و زيست محيطي حائز اهميت است . بهينه سازي مصرف انرژي به اين معني است كه بتوان با استفاده از تجهيزات و يا مديريت بهتر همان كار را ولي با مصرف انرژي كمتر انجام بدهيم .

صرفه جوئي انرژي مي تواند با استفاده از تجهيزات بهتر نظير : عايق بندي مطلوب ، افزايش راندمان سيستمهاي حرارتي، و بازيابي تلفات حرارتي بدست آيد از طرف ديگر اعمال مديريت انرژي، بمنظور درك سيستمهاي موجود و طريقه استفاده از آنها، ميتواند در كاهش مصرف انرژي نقش مهمي داشته باشد. در سياست گذاري انرژي بايد سازمانها رويكرد سيستمي داشته باشند. براي مثال در بهينه سازي مصرف انرژي الكتريكي هدف تنها كاهش هزينه هاي انرژي يك يا چند الكتروموتور مشخص نيست، بلكه بايد آثار اقدامات مورد نظر روي ساير سيستمها نيز بدقت مورد توجه قرار گيرد. در یک بنگاه اقتصادی صرفه جوئی انرژی میتواند موجب برتری رقابتی بنگاه گردد.

در اغلب بخشهاي صنعتي انرژي الكتريكي مهمترين منبع انرژي صنعت بشمار مي رود . از آنجا كه موتورهاي الكتريكي، مصرف كننده اصلي انرژي الكتريكي در كارخانجات صنعتي ميباشند. لذا بهينه سازي مصرف انرژي در موتورهاي الكتريكي كه موضوع مقاله است از اهميت ويژه اي برخوردار خواهد بود . براي درك اهميت بهينه سازي مصرف انرژي به اين مورد اشاره مي كنيم كه اگر راندمان موتورهاي الكتريكي القائي موجود در اروپا تنها به ميزان ۱% افزايش يابد، هزينه مصرف انرژي الكتريكي به ميزان ۱/٦ ميليارد دلار در سال كاهش خواهد يافت .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آمار منتشر شده از سوي وزارت نيرو نشان مي دهد در سال ۱۳۷۳ ، ۳۸/۵% از كل انرژي الكتريكي مصرف شده در ايران توسط موتورهاي الكتريكي بوده است. البته اين ميزان در كشورهاي صنعتي تا ٦٥% مي رسد و شاخص خوبي براي نشان دادن سطح صنعتي شدن يك كشور مي باشد . اهداف بهينه سازي مصرف انرژي را ميتوان بصورت زير بيان نمود:

- استفاده منطقي از انرژي
- حفظ منابع انرژي
- اصلاح ميزان مصرف انرژي در بخشهاي مصرف كننده انرژي
- كاهش گازهاي گلخانه اي و آلودگي هوا
- اصلاح وضعيت موجود
- كسب برتری رقابتی در بنگاههای اقتصادی

بيش از ۶۵% انرژي الكتريكي در صنايع، در موتورهاي الكتريكي مصرف مي‌شود.فن‌ها، پمپ‌ها و كمپرسورها، بارهاي اصلي موتورهاي الكتريكي هستند.

مي‌توان اقدامات مختلفي براي صرفه جويي انرژي الكتريكي در الكتروموتورهاي صنعتي به‌عمل آورد. در حالت كلي اين اقدامات به دو دسته تقسيم مي‌شود:

۱- اقدامات مربوط به طراحي موتور
۲- اقدامات مربوط به بهره‌برداري از موتورها

توليد كنندگان موتور اينك موفقيتهاي خوبي در زمينه طراحي و ساخت موتورهاي با راندمان بالا بدست آورده‌اند. هر چند كه قيمت اين موتورها بالاتر است، ولي محاسبات ساده‌اي نشان مي‌دهد كه استفاده از اين موتورها بسيار اقتصادي‌تر از انواع قديمي‌ترشان است.

اقدامات مربوط به بهره برداري از موتورها را نيز مي‌توان به دو دسته تقسيم نمود:

۱- اقدامات روي موتور نظير تهويه، روغنكاري، و بارگذاري
۲- استفاده از درايو

در كنار ماموريت اصلي درايوها كه همان تنظيم دور موتور است، مزاياي بي‌شمار ديگري نيز عايد مي‌گردد. كه صرفه جويي انرژي يكي از اين مزايا است.استفاده از كنترل كننده‌های دور موتور هم در بهبود بهره‌وری تولید و هم در صرفه جویی مصرف انرژی - توانایی بازیافت انرژی تلفاتی در ترمزهای مکانیکی و یا انرژی تلف‌شده در مقاومت ترمز درایوهای معمولی به شبکه -

در کاربردهای صـــنعتی ، علاوه بر پیامدهای اقتصـــادی آن ، کاهش آلاینده های محیطی را نیز بهدنبال خواهد داشت.

قوانين افينيتي در كاربردهاي فن و پمپ، پايهی نظري صـــرفه جويي انرژي، با اســـتفاده از درايو هســـتند. بر طبق اين قوانين تنها باكاهش ده درصـــد از دور موتور، ۲۷% در مصـــرف انرژي الكتريكي صـــرفه جويي خواهد شـــد. همچنين اگر دور موتور را ۲۰% كـاهش دهيم، بـايـد انتظار ۴۹% صرفه جوئي انرژي داشته باشيم.

بايد توجه كرد كه فن‌ها و پمپ‌ها عمده‌ترين بارهاي موتورهاي الكتريكي هســـتند. اين‌ها از ادواتي نظير دمپرها و يا شيرهاي خفه كن براي تنظيم دبي استفاده مي‌كنند. اما اين روش‌ها انرژي را تلف مي‌كنند.

عملكرد اين تجهيزات را مي‌توان به راننده‌ی اتومبيلي تشبيه نمود كه براي كاهش سرعت، در حالي كه پدال گاز را تا آخر فشـــرده اســـت، از پدال ترمز اســـتفاده مي‌كند. نمونه‌هاي عملي متعددي از كاربرد درايو در صـــرفه جويي انرژي الكتريكي وجود دارد. براي مثال شـــركت اطلس كوپكو با استفاده از درايو موفق شده است، مصرف انرژي كمپرسورهاي توليدي خود را به ميزان ۳۵% كاهش دهد.

در كنار اين دستاورد مهم، اطلس كوپكو توانسته است، با استفاده از درايو، فشار كمپرسور را با انعطاف و پايداري بيشـــتري كنترل نمايد- جريان راه اندازي را به كمتر از ۱۰% جريان نامي موتور كاهش دهد و ضـــريب قدرت را به بيش از ۹۵% برســـاند. و بدين ترتيب كمپرســـورهاي اطلس كوپكو نيازي به خازن اصلاح ضريب قدرت ندارند.

از سال ۱۹۹۴ به بعد كه شركت اطلس كوپكو اين كمپرسورها را معرفي كرده است توانسته است بازار كمپرسورهاي دنيا را تسخير كند.

در کاربردهایی نظیر پمپ و فن، اســـتفاده از درایوها تا ۵۰% در کاهش مصـــرف انرژی موثر است.

پتانسيل قابل توجهي براي صرفه جويي انرژي در نيروگاه‌ها وجود دارد. مصرف داخلي نيروگاه‌ها مي‌تواند بين ۵ تا ۱۴ درصد برق توليدي نيروگاه باشد. اين ميزان انرژي، عمدتا" در ID فن، FD فن، فيدواتر پمپ، فن‌هاي كولينگ تاور و پمپ هاي سيركولاسيون و خنك كن مصرف مي‌شود.

يك مطالعه‌ی موردي از صـــرفه جويي مصـــرف انرژي در نيروگاه‌هاي هند نشـــان مي‌دهد كه از مجموع ۲۲ واحد نيروگاهي ۲۱۰ مگاواتي، با به‌كارگيري درايو در فن‌هاي ID و يا پمپ هاي BFP ، ســـالانه بالغ بر۱۵۸ ميليون كيلووات ساعت انرژي، به ارزش۱۱,۳ ميليون دلار صـــرفه

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جويي حاصل مي‌گردد. اين درحالي است كه ارزش سرمايه گذاري اوليه۲۵,۷ ميليون دلار بوده است. و به اين ترتيب مي‌توان انتظار داشت كه در كمتر از۲,۳ سال، سرمايه گذاري اوليه مستهلك شده و عواید سرشاري نصيب نيروگاه‌ها گردد.

پتانسيل صرفه‌جويي انرژي در صنايع سيمان از نيروگاه‌ها نيز بالاتر است. در ايران حدود ۹% انرژي الكتريكي در كارخانجات سيمان مصرف مي‌شود. در يك مطالعه نشان داده شد كه ميزان مصرف انرژي الكتريكي در كارخانجات منتخب سيمان در ايران، در مقايسه با استانداردهاي جهاني آن ، خيلي بالاتر است.

برآوردها نشان مي‌دهد كه در كارخانجات منتخب، سالانه بالغ بر ۱۳۸ ميليون كيلووات ساعت امكان صرفه جويي انرژي وجود دارد.

محاسبات ساده‌اي نشان خواهد داد كه در هر خط توليد سيمان، به‌طور متوسط سالانه تا۱,۵ ميليون دلار و در كل خطوط توليد سيمان در ايران، كه بالغ بر۶۵ خط توليد مي‌شود، سالانه پتانسيل ۹۰ ميليون دلار صرفه‌جويي انرژي وجود دارد

WikiPower.ir

۲-۵ كنترل كننده هاي دور موتور:

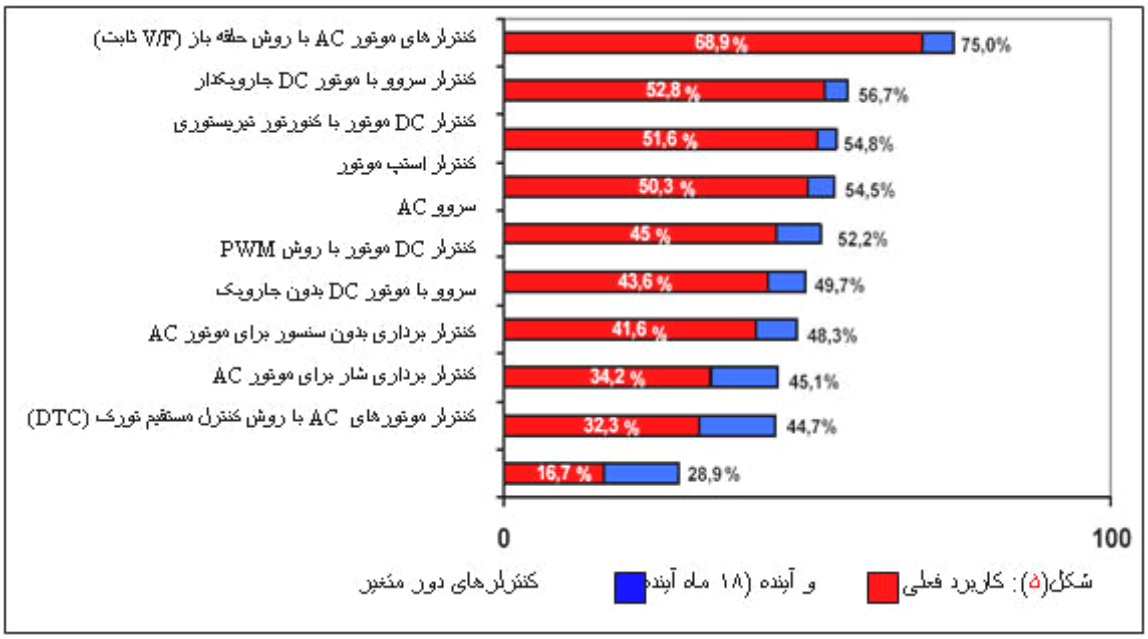
كشور ايران در سال ۷۳ بيش از ۳۵ درصد مصرف انرژي در موتورهاي الكتريكي بخش صنعت بوده است . البته اين مقدار در كشورهاي صنعتي تا ٦٥ در صد نيز ميرسد. اين امر اهميت بهينه سازي مصرف انرژي در موتورهاي الكتريكي را نشان ميدهد. در اين قسمت از مقاله در مورد تاثير استفاده از كنترل كننده هاي دور موتور در كاهش مصرف انرژي صحبت خواهيم كرد. سعي ميكنيم با استفاده از تعدادي مثال اهميت موضوع را نشان دهيم . بطور خلاصه در كاربردهاي صنعتي زيادي، صرفه جوئي كه با استفاده از كنترل كننده دور موتور در مصرف انرژي حاصل ميشود بمراتب بيشتر از اقدامات برشمرده در قسمتهاي قبلي مقاله است.

استفاده از موتورهاي مجهز به كنترل كننده دور موتور ، امكان اعمال تغييرات لازم در سرعت موتور فن و يا پمپ را بطور دائم فراهم آورده و بدين ترتيب مي توان با توجه به فرآيند مورد نظر از اتلاف انرژي ايجاد شده در تنظيم كننده هاي مكانيكي جلوگيري نمود . با استفاده از درايو موتور

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به بار تطبیق داده شده ، و هر گونه نیاز به خاموش و روشن کردن موتور و یا ادوات تنظیم کننده نظیر شیر یا دمپر حذف مي گردد . همچنين كنترل سرعت دقيق و متعاقب آن توان خروجي قابل دسترسي بوده و با توجه به استفاده از مدارات الكترونيكي ، استهلاك قسمتهاي كنترل كننده در حد بسيار پايين خواهد بود . تصميم گيري در مورد استفاده از موتور با كنترل كننده دور متغيير بستگي به نوع كاربرد مورد نظر دارد . از آنجا كه هزينه اوليه اين سيستمها (كنترل كننده دور موتور) بيش از ساير روشها مي باشد و با توجه به اينكه صرفه جوئي ناشي از بالا بودن بازدهي تنها بصورت كاهش هزينه راهبري نمايان مي شود، لذا استفاده از موتورهاي مجهز به كنترل كننده دور در طول زمان منجر به صرفه جوئي اقتصادي مي شود . معمولاً بسته به نوع كاربرد زمان بازگشت سرمايه گذاري بين يك تا سه سال متغير خواهد بود .

متاسفانه در اكثر موارد مهمترين عامل در انتخاب محرك قيمت اوليه است. بدين معني كه سيستم بر مبناي كمينه سازي هزينه اوليه انتخاب مي شود. در حاليكه در طول عمر مفيد آن هزينه قابل توجهي صرف انرژي تلف شده و يا تعمير و نگهداري مي شود .

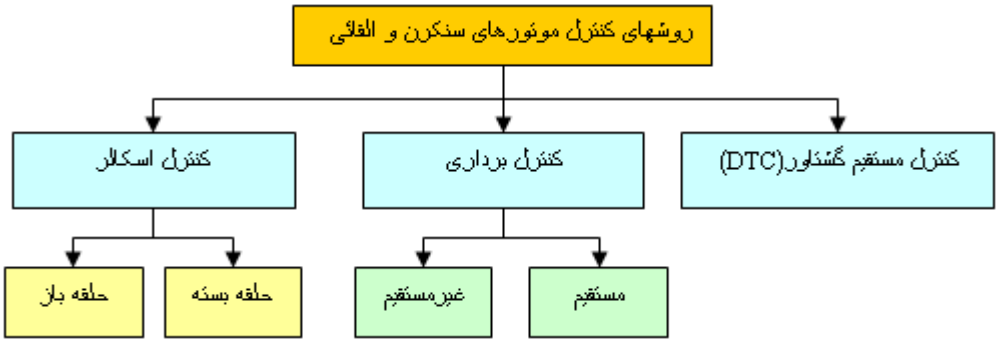


میزان استفاده از کنترلرهای دور متغیر نشان داده شده است.

کنترل کننده های دور موتور انواع مختلفی دارند. آنها قادرند انواع موتورهای AC و DC را کنترل کنند. قیمت کنترلرها وابسته به نوع تکنولوژی بکار رفته در ساختمان آنها میباشد. ساده ترین روش کنترل موتورهای AC روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس(یا کنترل V/F ثابت) میباشد. اینک این

روش، بطور گسترده در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار میگیرد. این نوع کنترلرها از نوع اسکالر بوده و بصورت حلقه باز با پایداری خوب عمل میکنند. مزیت این روش سادگی سیستمهای کنترلی آن است. در مقابل این نوع کنترلرها برای کاربردهای با پاسخ سریع مناسب نمیباشند.

روبوتها و ماشـــینهای ابزار نمونه هائی از کاربردهای با دینامیک بالا هســـتند. در این کاربردها روشهای کنترلی برداری استفاده میشود. در روشهای کنترلی برداری با تفکیک مولفه های جریان اسـتاتور به دو مولفه تورک سـاز و فلو سـاز، و کنترل آنها با اسـتفاده از رگولاتورهای PI ترتیبی داده میشود که موتور AC نظیر موتور DC کنترل شود. و بدین ترتیب تمام مزایای موتور DC از جمله پاسـخ گشـتاور سـریع آنها در موتورهای AC نیز در دسـترس خواهد بود. برای مثال پاسـخ گشـتاور در روشـهای برداری حدود 20ms – 10 و در روشـهای کنترل مسـتقیم گشـتاور(Direct Torque Control) این زمان حدود 5ms است. اینک روشهای کنترل برداری متعددی پیاده سازی شـده اسـت که بررسـی آنها خارج از حوصـله این مقاله اسـت. در هر حال نوع کنترلر مطلوب، متناسـب با کاربرد انتخاب میگردد. در شـکل(۶) خلاصـه ای از انواع روشـهای کنترل موتورهای AC نمایش داده شده است.



شکل(۶): خلاصه ای از انواع روشهای کنترل موتورهای AC

۳-۵ انتخاب موتور مناسب :

موتورهاي القائي سه فاز و يك فاز به دليل تنوع مصرف در كاربردهاي زيادي مورد استفاده قرار مي گيرند. مشخصه هاي بارمكانيكي ناشي از كاربرد و مورد مصرف مي باشد. بديهي است موتور

در صورتي مي تواند بار مكانيكي متصل به آن را تامين كند كه مشخصه عملكردي موتور منطبق بر مشخصه بار مكانيكي باشد .

٤-٥ تطابق موتور و بار :

همانطور كه در بالا اشاره شد موتور و بار داراي مشخصه هاي خاص خود مي باشند . منظور از تطابق بين موتور و بار انطباق بين مشخصه هاي موتور و مشخصه هاي بار متصل به محور موتور ميباشد .

مشكل اصلي در صنايع كشور آن است كه در اغلب موارد تطابق مطلوبي بين مشخصه هاي بار و موتور وجود ندارد. توان اغلب موتورها بيش از بار متصل به محور شان مي باشد و با توجه به اينكه قيمت تمام شده موتور متناسب با توان آن مي‌باشد، لذا بديهي است انتخاب موتور با توان بيش از نياز بار، علاوه بر افزايش هزينه اوليه موتور موجب افزايش ساير هزينه ها از قبيل كابل كشي و نصب و راه اندازي و تعمير خواهد شد .

از طرف ديگر در صورتيكه موتور انتخاب شده بزرگتر از حد لازم باشد در اين صورت موتور در حالت بار كامل و يا نزديك به بار كامل كار نكرده و لذا بازدهي آن پايين تر از مقدار حداكثر آن خواهد بود . و خود اين امر اشكالات جدي در بهينه سازي مصرف انرژي ايجاد خواهد كرد .

در موتورهاي القائي سه فاز در صورت كاهش ميزان بازدهي موتور ، به ويژه به ميزان كمتر از ۸۰% بار كامل ، شاهد كاهش قابل توجه در بازدهي موتور خواهيم بود . متاسفانه در اكثر موارد به اين نكته توجه نشده و تنها تاثير نامطلوب انتخاب موتور بزرگتر از حد لازم بر هزينه اوليه مورد توجه قرار مي گيرد . در صورتيكه محاسبات انجام شده حاكي از آن است كه تاثير انتخاب نامناسب موتور بر هزينه هاي متغير (هزينه اتلاف انرژي اضافي) قابل توجه و بمراتب بيش از افزايش هزينه ثابت اوليه مي باشد .

يك مثال اين موضوع را روشن خواهد كرد :

مثال : فرض مي كنيم براي انجام يك كار مكانيكي ، موتور القائي سه فاز با توان خروجي ۱۱۰ كيلو وات مناسب باشد و بجاي آن موتور با توان ۱۳۲ كيلو وات انتخاب شود . اطلاعات زير را مورد توجه قرار مي دهيم :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- بازدهي موتور در بار كامل = ٩٤/٢%
- بازدهي موتور در ٨٣/٣% بار كامل = ٩٢/٥%
- طول عمر مفيد موتور = ١٥ سال
- ضريب كاركرد = ٠/٨

با انجام كمي محاسبات مي توان نتيجه گرفت كه مصرف انرژي در طول ١٥ سال بمقدار ٩٣٧/٦٠٠ كيلو وات ساعت افزايش پيدا خواهد كرد. مطالب فوق اين واقعيت را بيان مي كند كه انتخاب موتور مناسب به لحاظ اقتصادي حائز اهيمت فراوان بوده و لذا تطابق بين بار و موتور از اهميت ويژه اي برخوردار است . انتخاب موتور بزرگتر از حداقل مورد نياز به دلايل زير غير اقتصادي مي باشد :

١- با افزايش توان موتور قيمت آن يعني هزينه اوليه افزايش مي يابد .

٢- با افزايش توان موتور هزينه هاي نگهداري و تعميرات آن افزايش مي يابد .

٣- با افزايش توان موتور بدليل پايين آمدن ضريب بار ، بازدهي موتور كاهش يافته و بدين ترتيب انرژي تلف شده افزايش مي يابد .

٥-٥ موتورهای با راندمان بالا (Energy Efficient Motors):

گرچه قیمت موتورهای با راندمان بالا بیشتر از موتورهای استاندارد است، ولی در اغلب کاربردها استفاده از آنها کاملا اقتصادی است. مخصوصا در کاربردهائی که:

- مدت زمان روشن بودن موتور بیش از زمان خاموش بودن ان باشد
- مدت زمان روشن بودن موتور بیش از ۲۰۰۰ ساعت در سال باشد
- گشتاور بار نسبتا ثابت بوده و موتور بدرستی به بار تطبیق شده باشد.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

استفاده از موتورهای با راندمان بالا توصیه میشود. بارهائی چون میکسرها، نقاله ها و فیدرها از این نوع هستند. اهمیت موضوع وقتی آشکار میشود که توجه کنیم که هزینه انرژی مصرفی یک الکتروموتور در طول عمر مفید آن ۱۰ تا ۲۰ برابر قیمت موتور است موتورهای با راندمان بالا علاوه بر صرفه جوئی انرژی معمولا مزیتهای دیگری نیز دارند. برای مثال آنها جریان های بیشتری را در هنگام راه اندازی تحمل میکنند و حرارت و نویزکمتری تولید میکنند. هر چند که موتورهای با راندمان بالا تنها ۲ تا ۳ درصد راندمان را بهبود میدهند، اما اگر در انتخاب و بکارگیری آنها بجای یک موتور کل سیستم در نظر گرفته شود، اثر بخشی کار بالا خواهد رفت. با رویکرد سیستمی به موضوع و در نظر گرفتن عوامل دیگر نظیر هزینه های تعمیر و نگهداشت و بهره برداری میتوان به کارائی این موتورها بیشتر پی برد. میزان صرفه جوئي انرژي در صورت استفاده از موتور با راندمان بالا، به جاي موتورهاي استاندارد از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{صرفه جوئي} = hp \times 0.746 \times l \times hr \times c \times \left[\frac{100}{\eta std} - \frac{100}{\eta ee}\right]$$

در رابطه فوق hp توان موتور بر حسب اسب بخار، l ضریب بار(در صد از بار کامل تقسیم بر ۱۰۰)، hr ساعات کار در طول سال، c متوسط قیمت انرژي (قیمت هر کیلووات ساعت انرژي)، ηstd راندمان موتور استاندارد (%)، و ηee راندمان موتور با راندمان بالا (%) است.

توصیه میشود هنگام خرید موتور و یا سفارش ساخت ماشین به سازندگان ماشین از موتورهاي با راندمان بالا استفاده گردد. همچنین معمولا اقتصادي است که بجاي سیم پیچي کردن موتورهاي سوخته و استفاده مجدد از آنها، از موتورهاي با راندمان بالا استفاده گردد. زمان بازگشت سرمایه(به سال) در خرید این نوع موتورها، بطور ساده عبارت خواهد بود از:

$$\text{زمان بازگشت سرمایه} = \frac{\text{قیمت موتور(ونصب آن)}}{\text{میزان صرفه جوئي انرژي حاصله}}$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم

مدیریت بهینه سازی مصرف انرژی و

نقش کنترل کننده های دور موتور:

٦-١دستور العملهاي لازم براي بهبود عملكرد موتورهاي الكتريكي:

عوامل موثر در بازدهي موتورهاي الكتريكي را مي توان بصورت زير بيان نمود :

- عوامل موثر در مراحل طراحي و ساخت
- عوامل موثر در بهره برداري

بررسی عوامل موثر فوق خارج از حوصله این مقاله است. یک مطالعه خوب از عوامل فوق توسط آقای دکتر اوروعی در سال ۱۳۷۳ انجام گرفته است. در اینجا بطور خلاصه به عوامل موثر در بهره برداری از موتور که به افزایش بازدهی آنها منجر خواهد شد اشاره میشود.در جدول(1) خلاصه اي از عوامل موثر در بازدهي موتورهاي الكتريكي آمده است .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

عامل		توضیحات
وابسته به شرايط بارگذاري موتور	بار كامل	بـازدهي موتـور عمومـاً در صـورتي حداكثـر خواهد بود كه بار موتور در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد بار نامي شـود.
	سرعت	تغيير سـرعت بايـد توسـط كنـترل كننـده دور موتور انجام گيرد.
	بار ثابت	براي جلوگـيري از هـر گونـه تغيـير سـرعت در موتور
	ولتاژ ثابت	براي جلوگيري از كاهش گشتاور موتور
وابسته به شرايط نگهداري موتور	تهويه	بـراي اطمينـان يـافتن از عـدم افـزايش دمـاي موتور از حد مجاز و برخـورداري از عمـر مفيـد مورد نظر
	روغن كاري	براي جلوگيري از اعمال بار مجـازي بـر محـور موتور ناشـي از افزايش اصطكاك

جدول (۱) عوامل موثر در بازدهي موتورهاي الكتريكي

همان طور كه مشاهده مي شود مجموعه اقدامات ساده فوق خصوصاً اقداماتي كه به عوامل وابسته به شرايط نگهداري موتور مي شود مي تواند منجر به صرفه جوئي اقتصادي قابل توجهي شود .

براي اطمينان يافتن از اينكه بازدهي موتورهاي مستقر در صنايع و ساير كاربردها در حد مطلوب قرار دارد مي توان نسبت به تدوين شناسنامه صنعتي براي هر موتور (و بويژه موتورهاي بزرگ) اقدام نموده و با ثبت اطلاعات مورد نظر از جمله موارد زير بازدهي اين موتور ها را مورد بررسي قرار داد :

- ميزان بار (درصد از بار كامل)
- ميزان تغييرات بار (درصد از بار كامل)
- ميزان تغييرات سرعت (درصد از سرعت سنكرون)
- ميزان تغييرات ولتاژ شبكه (درصد از ولتاژ نامي)

توصيه ميشود كارخانجاتي كه در آنها تعداد موتور مورد استفاده زياد مي باشد نسبت به جمع آوري اطلاعات فوق و اقدامات اصلاحي اقدام نمايند.

۲-٦ دسته بندي اقدامات لازم براي بهينه سازي مصرف انرژي:

براي روشـــن شـــدن تـاثير اقـدامـات مختلف براي افزايش بـازدهي موتورهـاي الكتريكي در جدول(۲) نتايج قابل انتظار اين اقدامات براي دسـته اي از موتورهاي القائي با توان خروجي ۲/۲ تا ۳۰ كيلو وات نمايش داده شده است.

مرحله	نوع اقدام	پيش بيني ميزان افزايش بازدهي %
طراحي	بهينه سازي طرح	۵-۱۵
توليد	بكارگيري تكنولوژي مدرن	۰-۵
بهره برداري	بار كامل و قابت	۱۰-۱۵
بهره برداري	ولتاژ ثابت	۰-۵
بهره برداري	تهويه مطلوب	۴-۶
بهره برداري	اصطكاك كم	۵-۸

جدول (۲) : اقدامات مختلف براي افزايش بازدهي موتورهاي الكتريكي با توان ۲/۲ تا ۳۰ كيلو وات .

WikiPower.ir

۳-٦ مزاياي استفاده از كنترل كننده هاي دور موتور:

مزاياي استفاده از كنترل كننده هاي دور موتور هم در بهبود بهره وري توليد و هم در صرفه جوئي مصرف انرژي در كاربردهائي نظير فنها ، پمپها، كمپروسورها و ديگر محركه هاي كارخانجات ، در سالهاي اخير كاملا مستند سازي شده است. كنترل كننده هاي دور موتور قادرند مشخصه هاي بار را به مشخصه هاي موتور تطبيق دهند. اين اسباب توان راكتيو ناچيزي از شبكه ميكشند و لذا نيازي به تابلوهاي اصـــلاح ضـــريب بار ندارند. در زير به مزاياي اســـتفاده از كنترل دور موتور اشاره ميشود:

۱- در صـــورت اســـتفاده از كنترل كننده هاي دور موتور بجاي كنترلرهاي مكانيكي، در كنترل جريان سيالات، بطور مؤثري در مصرف انرژي صرفه جوئي حاصل ميشود.

اين صـــرفه جوئي علاوه بر پيامدهاي اقتصـــادي آن موجب كاهش آلاينده هاي محيطي نيز ميشود.

۲- ويژگي اينكه كنترل كننده هاي دور موتور قادرند موتور را نرم راه اندازي كنند موجب ميشود علاوه بر كاهش تنشهاي الكتريكي روي شبكه ، از شوكهاي مكانيكي به بار نيز جلو گيري شود. اين شوكهاي مكانيكي ميتوانند باعث استهلاك سريع قسمتهاي مكانيكي ، بيرينگها و كوپلينگها، گيربكس و نهايتا قسـمتهائي از بار شـوند. راه اندازي نرم هزينه هاي نگهداري را كاهش داده و به افزايش عمر مفيد محركه ها و قســمتهاي دوار منجر خواهد شد.

۳- جريان كشيده شده از شبكه در هنگام راه اندازی موتور با استفاده از درايو كمتر از ۱۰% جريان اسمی موتور است.

٤- كنترل كننده های دور موتور نياز به تابلوهای اصلاح ضريب قدرت ندارند.

٥- در صورتي كه نياز بار ايجاب كند با استفاده از كنترل كننده دور ، موتور ميتواند در ســرعتهاي پائين كار كند . كار در ســرعتهاي كم منجر به كاهش هزينه هاي تعمير و نگهداشت ادواتي نظير بيرينگها، شيرهاي تنظيم كننده و دمپرها خواهد شد.

٦- يك كنترل كننده دور قادر اســت رنج تغييرات دور را ، نســبت به ســاير روشــهاي مكانيكي تغيير دور، بميزان قابل توجهي افزايش دهد. علاوه بر آن از مســـائلي چون لرزش و تنشهاي مكانيكي نيز جلو گيري خواهد شد.

۷- كنترل كننده هاي دور مدرن امروزي با مقدورات نرم افزاري قوي خود قادرند راه حلهاي متناسبي براي كاربردهاي مختلف صنعتي ارائه دهند.

٦-٤ مديريت بهينه سازي مصرف انرژي و نقش كنترل كننده هاي دور موتور:

امروزه در كشـورهاي صـنعتي الزامات زيسـت محيطي از يكسـو و رقابت بنگاههاي اقتصـادي از سوي ديگر، مديريت بهينه سازي انرژي را در بصورت يك امر غير قابل اجتناب در آورده است. مجموعه اقداماتي كه براي صــرفه جوئي انرژي در كارخانجات صــورت ميگيرد شــامل مواردي

چون جايگزيني موتورهاي الكتريكي با انواع موتورهاي با بازدهي بالا، استفاده از كنترل كننده هاي دور موتور در كاربردهائي كه اتلاف انرژي در آنها زياد است، بازيافت انرژي از پروسه هاي حرارتي و نظاير انها ميشود. نتايج اعمال چنين اقداماتي نشان ميدهد در موارد زيادي ، و بخصوص در جاهائي كه از فنها ، پمپها، و كمپروسورها در فرايند توليد استفاده ميشود، بكارگيري كنترل كننده هاي دور موتور علاوه بر انعطاف پذير نمودن كنترل فرايند، تاثير قابل توجهي در كاهش مصرف انرژي داشته است. در بسياري از موارد زمان بازگشت سرمايه بين يك تا سه سال ميباشد.

كمتر از ۱۰% موتورها مجهز به درايو هستند. در حاليكه در بيش از ۲۵% آنها استفاده از درايو توجيه اقتصادی دارد.

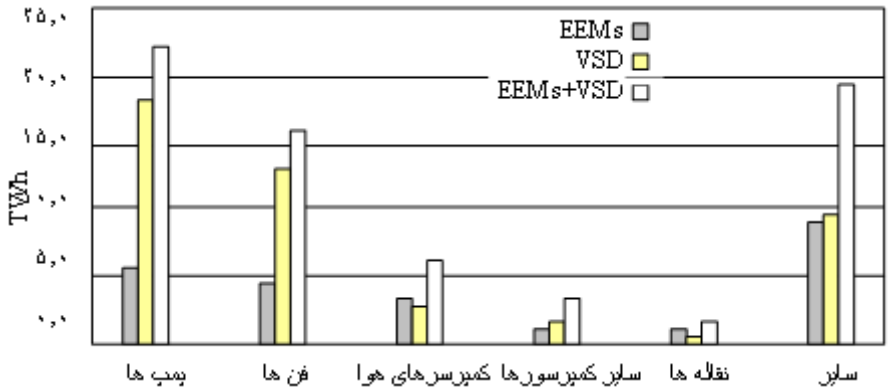
بر اساس مطالعات انجام گرفته توسط اتحاديه اروپا تا سال ۲۰۰۵ ميلادی پتانسيل صرفه جوئی انرژی بالغ بر 63.5 TWh در صنايع كشورهای عضو اتحاديه اروپا وجود دارد. كه از اين ميزان بيش از 44.7 TWh آن توجيه اقتصادی دارد. اين ميزان صرفه جوئی انرژی تنها در سايه استفاده از موتورهای با راندمان بالا و درايو بدست ميايد. كه سهم درايو در صرفه جوئی دارای توجيه اقتصادی حدود 63% است. نتايج چنين مطالعاتی را بطور خلاصه در جدول(۳) مشاهده ميكنيد.

		موتور راندمان بالا IEEM	كنترل كننده دور موتور VSD	VSD+EEM
پتانسيل فني	بخش صنعت	۱۲,۰	۳۵,۵	۴۶,۲
	ساير	۵,۷	۱۲,۳	۱۷,۳
	جمع (TWh)	۱۷,۸	۴۷,۸	۶۳,۵
پتانسيل اقتصادي	بخش صنعت	۱۲,۰	۲۲,۴	۳۳,۶
	ساير	۵,۷	۵,۷	۱۱,۱
	جمع (TWh)	۱۷,۸	۲۸,۱	۴۴,۷

جدول(۳): پتانسيل فنی و اقتصادی صرفه جوئی انرژی با استفاده از موتورهای با راندمان بالا(EEM) و كنترل دور(VSD) در كشورهای عضو اتحاديه اروپا تا سال ۲۰۰۵.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مطالعه فوق با تفکیک بار پتانسیل اقتصادی صرفه جوئی انرژی را نیز در اتحادیه اروپا مشخص نموده است. که نتایج آنرا در شکل(۷) مشاهده میکنید.



شکل(۷): پتانسیل صرفه جوئی اقتصادی درکشورهای عضو اتحادیه اروپا به تفکیک نوع بار

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم

صرفه جویی در بخشهای مختلف صنعتی:

۷-۱ یک مطالعه موردی در ایران:

گزارشی از وضعیت فعلی فنهای پیش گرمکن خط ۲ سیمان آبیک و بررسی امکان صرفه جوئی انرژی در آنها

گزارش زیر توسط مرکز تحقیقات سیمان آبیک آماده شده است:

فنها در صنعت سیمان کاربرد گسترده ای دارند. و برای انتقال گازهای ناشی از فرایند تولید سیمان و یا انتقال مواد از آنها استفاده میشود. از آنجائی که شرائط فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی نیز متغیر بوده و لازم ست این امر با تغییر هوادهی فنها تحت کنترل باشد. از متداول ترین روشهای کنترلی که برای فلوی گاز در فن ها تا بحال مورد استفاده قرار گرفته است، کنترل فلو توسط دریچه در ورودی فن میباشد. اگر چه این روش، طریقه ای موثر در کنترل فلو بوده اما در مصرف انرژی تاثیر قابل ملاحظه ای نداشته است. در صورتی که کنترل فلوی گاز با استفاده از کنترل دور فن، علاوه بر کارائی بهتر بمیزان زیادی در مصرف انرژی الکتریکی فن صرفه جوئی انرژی ایجاد خواهد کرد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بعنوان مطالعه موردی فن های پیش گرمکن واحد ۲ سـیمان آبیک مورد بررسـی قرار میگیرد.
بمنظور آنکه بتوان میزان بالقوه انرژی قابل صرفه جوئی در این فن ها بدست آید از دو روش:

۱- محاسبه توان با استفاده از پارامترهای بدست آمده از فرایند

۲- اندازه گیری توان موتور درایو

اسـتفاده کرده و یک بررسـی مقایسـه ای بین ایندو بعمل می آ وریم. برای محاسـبه توان از رابطه معمول آن:

$$P(KW) = \frac{Q \times \Delta P}{3600 \times 102 \times \eta}$$

استفاده کرده ایم. پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه نیز در فرایند و در شرائط نرمال بهره وری اندازه گیری شد.

$Q = 327{,}000\ m^3/h$ فلوی گاز

$P_1 = -560$ mm WG فشار هوا قبل از دریچه(شرائط فرایند)

$P_{l1} = -1100$ mm WG فشار هوا بعد از دریچه و قبل از فن

$P_2 = -10$ mm WG فشار هوا بعد از دریچه(شرائط فرایند)

وضـعیت دریچه 22% و دور موتور برابر با دور نامی 990RPM ، و توان نامی موتور فن 1300KW با راندمان 0.8 بود. در این شـرائط میزان توان مصـرفی فن با اسـتفاده از پارامترهای بهره برداری و با توجه به $P\Delta$ فرایند :

$$P(KW) = \frac{327{,}000 \times \overbrace{(560 - 10)}^{\Delta P \text{ فرایند}}}{3600 \times 102 \times 0.8} = 612\ KW$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و با استفاده از PΔ فن، یعنی تفاوت فشار ورودی و خروجی فن، توان مصرفی عبارت است از :

$$P(KW) = \frac{327{,}000 \times (1100 - 10)}{3600 \times 102 \times 0.8} = 1213\ KW$$

(ΔP فن)

و مقدار خوانده شده توسط دستگاه واتمتر برای هر دو فن شماره ۳۵ و ۳۶ (فن های پیش گرمکن) بصورت زیر بود:

$P_{35} = 1260\ KW$

$P_{36} = 1210\ KW$

مقایسه دو مقدار توان فن(محاسبه شده و اندازه گیری شده) حداقل دو مسئله را روشن میکند:

۱- صحت محاسبات انجام شده(عدد 1213 در مقابل 1260 و یا 1210).

۲- استفاده از دریچه باعث افزایش PΔ فن شده و این امر باعث افزایش توان مصرفی فن شده است.

WikiPower.ir

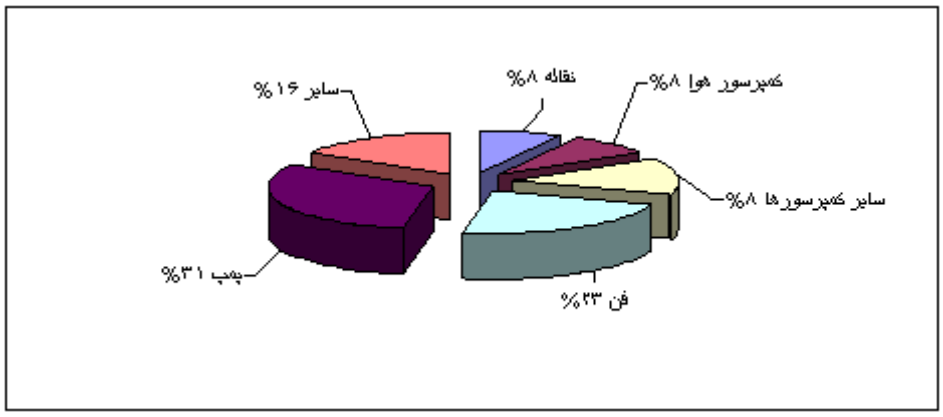
مورد فوق بخوبی نشان میدهد که حذف دریچه ورودی و استفاده از کنترل دور میتواند شرائط کار فن را به شرائط فرایند نزدیکتر کرده و در آنصورت در مصرف انرژی فن کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده خواهد شد. نهایتا بر روی فن شماره 36 کنترل دور نصب شد و در حالیکه دور فن روی 680RPM تنظیم شده بود شرائط فرایندی مشابه با حالت بدون کنترل دور فراهم شده و تولید نیز به حالت نرمال رسید.

در این حالت شرائط دریچه 100% باز و مقدار توان مصرفی موتور 560KW قرائت گردید. همانگونه که انتظار داشتیم با استفاده از کنترل دور توانستیم توان فن را به شرائط بهره برداری قبل رسانده و توان مصرفی را بمیزان زیاد کاهش دهیم. انتظار میرود با توجه به میزان سرمایه گذاری انجام شده جهت تهیه کنترل دور مورد نیاز، زمان بازگشت سرمایه ۳ سال باشد.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۷ پمپها و فنها

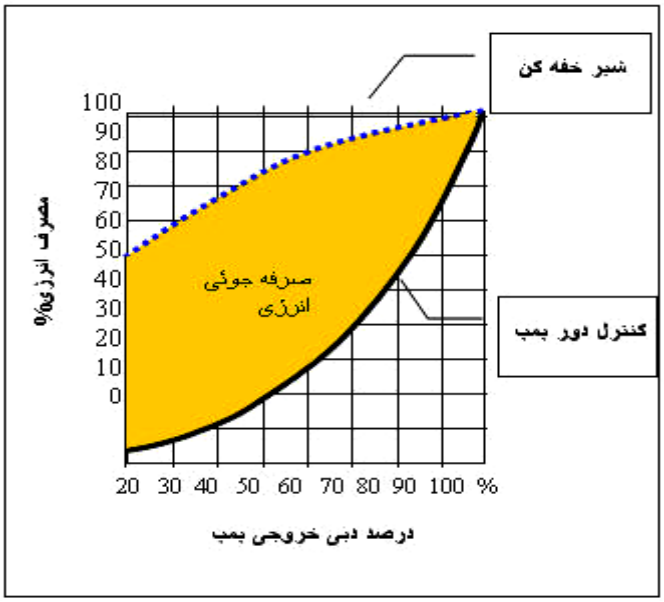
چيزي حدود ٤٠ درصد انرژي مصرفي در بخش صنعت در پمپها و فنها مصرف ميشود. برای مثال در انگلستان ترکیب مصرف کنندگان انرژی در موتورها و در کاربردهای صنعتی بصورت زیر است.



شکل(۸): میزان انرژی مصرفی توسط بارهای مختلف در انگلستان

اغلب اين سيستمها از موتورهاي القائي با روتور قفس سنجابي استفاده ميكنند. و خروجي توسط ادواتي چون شيرهاي تنظيم كننده و دمپرها كنترل ميشوند. متاسفانه مقادير قابل توجهي انرژي توسط اين فنها و پمپها تلف ميشوند. موتورهاي بكار رفته در اغلب اين ادوات از مقدار مورد نياز بزرگتر بوده و سيستمهاي مكانيكي تنظيم كننده جريان سيالات در آنها بسيار تلفاتي ميباشند. به این عوامل بايد هزينه هاي قابل توجه تعمير و نگهداشت نيز اضافه شود. با توجه به اینکه هزینه های خرید پمپ معمولا کمتر از ۵ درصد هزینه های بهره برداری آن در طول عمر سیستم پمپ است، کیفیت بهره برداری عامل مهمتری در تصمیم گیری برای انتخاب سیستمهای پمپ بشمار میرود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۹): مقایسه انرژی مصرفی کنترل فلو با شیر و درایو

انتخاب پمپ ها معمولا بر اساس حداکثر دبی مورد انتظار صورت میگیرد. در حالیکه اغلب اوقات هرگز فلوی ماکزیمم مورد استفاده قرار نمیگیرد. این امر منجر به بزرگ شدن پمپ ها شده و بدین ترتیب مقدمات کار برای اتلاف انرژی و استهلاک هر چه سریعتر سیستم های پمپ فراهم میشود. اگر یک پمپ در دور نامی خود کار کند و دبی خروجی پمپ به مصرف برسد سیستم در راندمان مطلوب خود کار خواهد کرد. اما اگر تنها ۵۰ درصد دبی حداکثر مورد نیاز باشد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ بدیهی است که در این حالت نیز موتور در دور نامی خود کار خواهد کرد و توان مصرفی اضافی توسط موتور تلف خواهد شد. از سوی دیگر برای کنترل دبی خروجی لازم خواهد بود از ادوات مقاومتی نظیر شیر خفه کن استفاده گردد. با استفاده از کنترل کننده هاي دور موتور میتوان جریان سیالات در پمپ ها را با اعمال تغییر دور موتور ، کنترل نمود. امروزه این روش بدلیل انعطاف پذیري و صرفه جوئي اقتصادي قابل توجه جایگزین روشهاي سنتي متکي بر تنظیم جریان سیال با استفاده از شیرهاي تنظیم کننده مکانیکي و دمپرها میشود. در شکل(۹) تفاوت دو روش در میزان مصرف انرژی نشان داده شده است.

۳-۷ قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن

قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن های سانتریفوژ پایه نظری صرفه جوئی انرژی با استفاده از درایو هستند. بر طبق این قوانین و در یک پمپ یا فن سانتریفوژ، روابط زیر حاکم است:

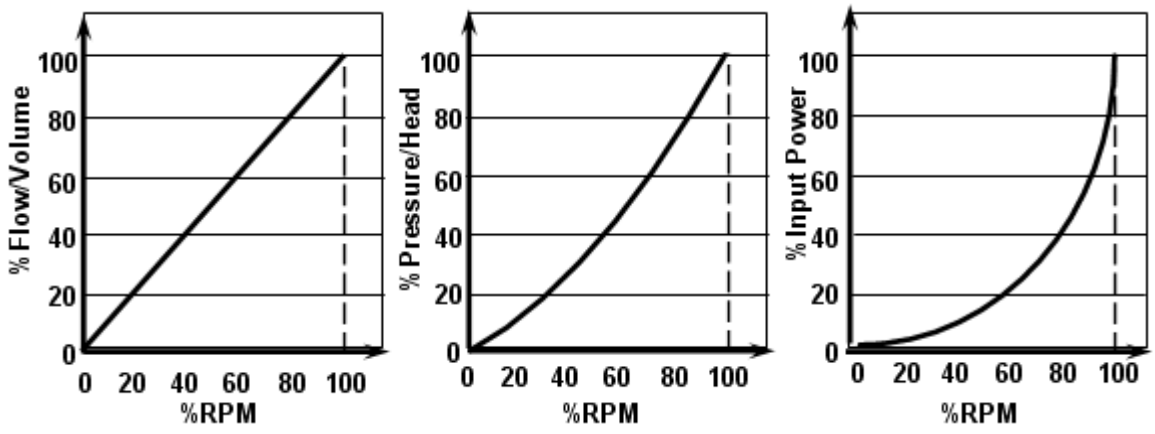
برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

N : سرعت , Q : فلو یا حجم $Q \sim N$

H : هد یا فشار $H \sim N^2$

P : توان ورودی $P \sim N^3$

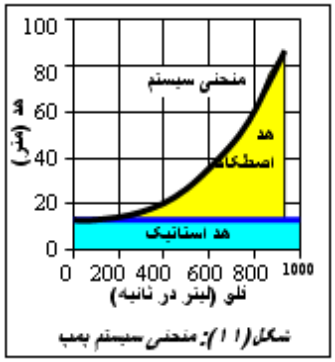
با توجه به شکل(۱۰) فلو/ ولوم بصورت خطی با دور پمپ/فن تغییر میکند. برای مثال اگر دور موتور نصف شود فلو نیز نصف خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به منحنی وسط فشار یا هد متناسب با مربع دور تغییر میکند. در این حالت اگر دور موتور نصف شود، فشار یا هد چهار برابر کاهش پیدا کرده و به ۲۵% خواهد رسید. منحنی سمت راست نشان میدهد که اگر دور موتور نصف شود مصرف توان ۸ برابر کاهش پیدا کرده و به ۱۲,۵% خواهد رسید



شکل(۱۰): نمایش تصویری قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن سانتریفوژ

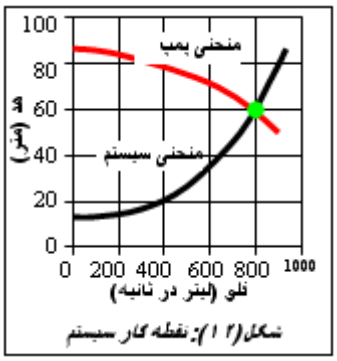
به خاطر میسپاریم با استفاده از کنترل کننده هاي دور موتور و کاهش تنها ۱۵ درصد دور میتوان به میزان ٤٠ درصد در مصرف انرژي صرفه جوئي کرد. حال اجازه بدهید کمی دقیقتر به رفتار یک پمپ توجه کنیم. شکل(۱۱) مشخصات یک سیستم پمپ را نشان میدهد. هد استاتيك عبارتست از اختلاف ارتفاع پمپ و تانك مقصد. بديهي است كه اگر يك پمپ نتواند به اين ارتفاع غلبه كند دبي خروجي صفر خواهد بود. مولفه دوم هد اصطکاکی است . که در واقع بیانگر توان مورد نیاز جهت غلبه بر تلفات ناشی از عبور سیال از لوله ها، شیرها، زانوها و دیگر اجزای سیستم لوله کشی میباشد. این تلفات کلا وابسته به سرعت عبور سیال بوده و غیر خطی است. با اضافه کردن دو منحنی، منحنی سیستم بدست میاید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

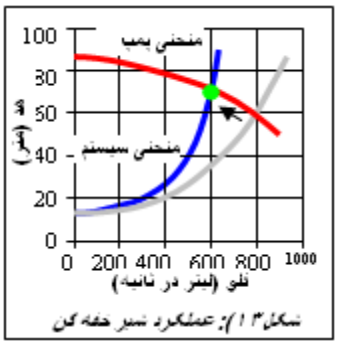


شکل(۱۱): منحنی سیستم پمپ

در شکل(۱۲) منحنی های سیستم و منحنی پمپ باهم نشان داده شده است. نقطه کار يك پمپ محل تلاقي منحني پمپ و منحني سيستم مي باشد. با توجه به این منحنی ها روشن میشود که میزان فلو در این سیستم ۸۰۰ لیتر در ثانیه و هد ۶۰ متر میباشد. اگر بخواهیم نقطه کار را تغییر بدهیم لازم خواهد بود چیزی به سیستم اضافه نمائیم.



شکل(۱۲): نقطه کار سیستم

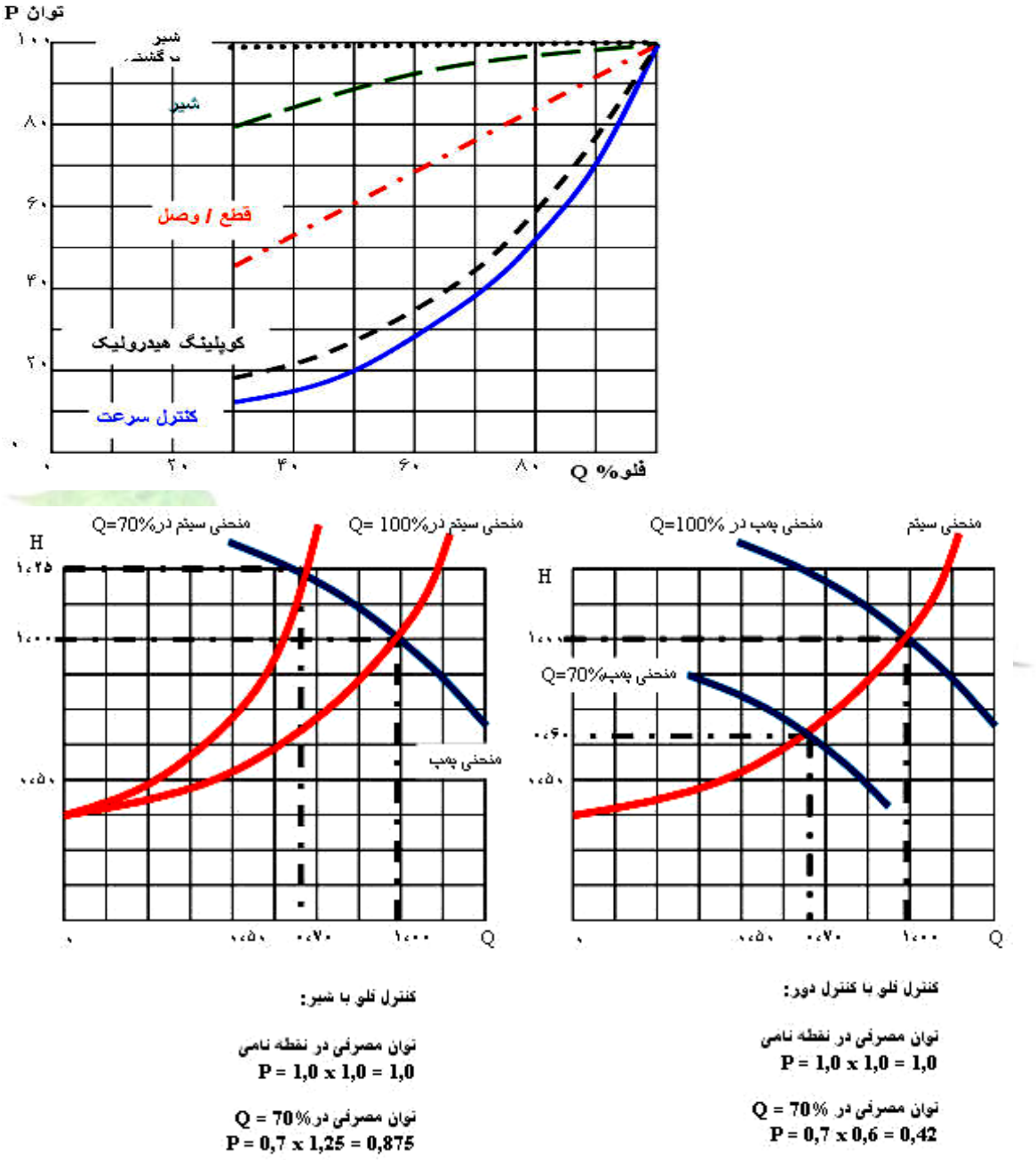


شکل۱۳: عملکرد شیر خفه کن

یک روش متداول در اینجا استفاده از شیر خفه کن است. در شکل(۱۳) تاثیر عملکرد شیر خفه کن در نقطه کار پمپ را مشاهده میکنید. در واقع شیر اصطکاک مسیر سیال را افزایش داده و باعث افت فلو میگردد. با وجود اینکه با حضور شیر فلو به ۶۰۰ لیتر در ثانیه کاهش پیدا کرده ولی در توان مصرفی سیستم تغییر محسوسی ایجاد نشده است. حال نگاهی دقیقتر به موضوع خواهیم داشت. همانطور که در شکل(۱۴) مشاهده میکنید، برای دستیابی به فلوی مورد نظر از دو روش کنترل فلو با استفاده اشیر و کنترل با استفاده از درایو استفاده شده است . در روش کنترل فلو با شیر میزان توان مصرفی۸۷۵ .۰ درصد و در کنترل فلو با درایو توان مصرفی۰,۴۲ درصد توان نامی میباشد. برای مثال اگر توان نامی پمپ ۱۰۰ KWباشد. تفاوت توان مصرفی دو روش برابر خواهد بود با:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(100KW x 0.875) – (100KW x 0.42) = 45.5KW



شکل(۱۴) مقایسه توان مصرفی یک سیستم پمپ در دو حالت: الف) کنترل فلو با استفاده از شیر خفه کن (شکل سمت چپ) . ب) کنترل فلو با استفاده از درایو (شکل سمت راست).

- بجاي استفاده از يك پمپ بزرگ از تعدادي پمپ كوچك بطوريكه مجموع آنها ظرفيت مورد نياز را تامين نمايد، استفاده كيد. بدين ترتيب ميتوانيد در صورت عدم نياز به ظرفيت اضافي آن را از مدار خارج كنيد

۴-۷ مثال از محاسبات صرفه جوئي انرژي در فن:

براي روشن شدن تاثير استفاده از درايو در كاربرد فن به مثال زير توجه ميكنيم. نخست اشاره ميكنيم به قوانين حاكم بر فن كه موسوم به قوانين افينيتي (Affinity Laws) ميباشد:

Eq. 1: $(N1 / N2) = Q_1 / Q_2$

Eq. 2: $(N1 / N2)^2 = P_1 / P_2$

Eq. 3: $(N1 / N2)^2 = T_1 / T_2$

Eq. 4: $(N1 / N2)^3 = HP_1 / HP_2$

در معادلات فوق N معرف سرعت، Q معرف ميزان جريان سيال، T معرف گشتاور، HP معرف توان مصرفي و P معرف فشار است.

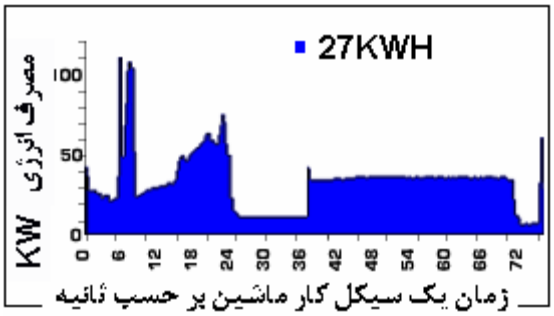
حال فرض ميكنيم يك فن با موتور 250hp با راندمان ۹۵% موجود است. و سيكل كار آن را در هر هفته بصورت زير در نظر ميگيريم:

بدون استفاده از درايوميزان انرژي مصرفي در هر هفته برابر است با:

سرعت	بار	ساعات كار
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۴۰
۷۵٪	۴۲٪	۸۰
۵۰٪	۱۲٪	۴۰

شكل(۱۶) مصرف انرژي در يك سيكل كاري ماشين تزريق پلاستيك- بدون استفاده از درايو

در دياگرام فوق مصرف انرژي در يك سيكل كاري نشان داده شده است. اين حالت نرمال كار ماشين بوده و در اين وضعيت از درايو استفاده نشده است. با استفاده از كنترل كننده دور موتور ميتوان توان تلفاتي ماشين را بميزان قابل توجهي كاهش داد. مضافا اينكه در اين صورت ماشين خيلي نرمتر كار كرده و از شوكهاي مكانيكي اجتناب خواهد شد. خود اين امر منجر به كاهش هزينه هاي تعمير و نگهداشت ماشين ميشود . در دياگرام زير توان مصرفي ماشين در حالت كار با كنترل كننده دور موتور نمايش داده شده است:



شكل (۱۷) مصرف انرژي در يك سيكل كاري ماشين تزريق پلاستيك- با استفاده از درايو

با مقايسه دو دياگرام مشاهده ميشود كه مصرف انرژي از ٤٢ كيلوات ساعت به ۲۷ كيلووات ساعت تقليل پيدا كرده است.

۶-۷ صرفه جوئی انرژی در تاسیسات آب و فاضلاب :

شركت Vacon سازنده درايوهاى AC گزارش كرده است كه درسيستم تصفيه فاضلاب شهر گرومز سوئد با استفاده از درايو 40.5% صرفه جوئى انرژى بدست آوده است. اين درحالى است كه در سيستم فوق و با استفاده از درايو مصرف مواد شيميائى نيز 53% كاهش پيدا كرده است. اينک شركت Vacon را ه حلهاى جامعى در تاسيسات آب و فاضلاب ارائه ميدهد. اين راه حلها شامل طراحى اين تاسيسات، انتخاب درايو، و محاسبات صرفه جوئى انرژى ميشود. براى اطلاعات بيشتر در اين زمينه با شركت پرتوصنعت تماس بگيريد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۷-۷ کمپرسورها:

شرکت اطلس کوپکو موفق شده است با استفاده از درایو مصرف انرژی کمپروسورهای تولیدی خود را بمیزان ۳۵% کاهش دهد. در کنار این دستاورد مهم اطلس کوپکو توانسته است با استفاده از درایو فشار کمپروسور را با دقت و پایداری بیشتری کنترل کند، جریان راه اندازی را محدود نماید و ضریب قدرت را به بیش از ۹۵% برساند. و بدین ترتیب این کمپروسورها نیازی با خازنهای اصلاح ضریب قدرت ندارند. از سال ۱۹۹۴ ببعد که اطلس کوپکو این کمپروسورها را معرفی کرده است توانسته است بازار کمپروسورهای دنیا را تسخیر کند. این رویکرد سیستمی در طراحی و ارائه محصول با کیفیت، نمونه خوبی از افزایش مزیت رقابتی یک بنگاه اقتصادی میباشد.

۷-۸ نیروگاهها:

در نیروگاهها پتانسیل قابل توجهی برای صرفه جوئی انرژی وجود دارد. مصرف داخلی نیروگاههای بخاری میتواند بین ۵ تا ۱۴ درصد انرژی تولید شده توسط نیروگاه باشد. این میزان انرژی عمدتا در ID فن، FD فن، فید پمپ، فنهای کولینگ تاورف پمپهای سیرکولاسیون و خنک کن مصرف میشود. یک مطالعه موردی از نیروگاههای هند نشان میدهدکه از مجموع ۲۲ واحد نیروگاهی ۲۱۰ مگاواتی، با بکارگیری درایو در فنهای ID و یا پمپهای BFP ، سالانه بالغ بر ۱۵۸ میلیون کیلووات ساعت انرژی، به ارزش 11.3 میلیون دلار صرفه جوئی انرژی حاصل میگردد. این در حالی است که ارزش سرمایه گذاری ولیه ۲۵/۷ میلیون دلار بوده است. و بدین ترتیب میتوان انتضار داشت که در کمتر از ۲/۳ سال سرمایه گذاری اولیه مستهلک شده و عواید سرشاری نصیب نیروگاهها گردد. در جدول(۴) خلاصه ای از این بررسی را مشاهده میکنید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نیروگاه	کاربرد درایو	سرمایه گذاری به میلیون دلار	صرفه جوئی انرژی به میلیون کیلووات ساعت	صرفه جوئی سالانه به میلیون دلار	زمان بازگشت سرمایه به سال
NTPS	درایو برای فن ID	2.571	15.7	1.118	2.3
PTPS	درایو برای فن ID	2.571	9.7	0.69	3.7
KSTPS	درایو برای فن ID	2.571	13.715	0.98	2.6
PNTPS	درایو برای فن ID	0.857	3.254	0.232	3.7
NTPS	درایو برای پمپ BFP	5.143	41.3	2.949	1.7
PTPS	درایو برای پمپ BFP	5.143	25.5	1.823	2.8
KSTPS	درایو برای پمپ BFP	5.143	39.731	2.838	1.8
PNTPS	درایو برای پمپ BFP	1.714	9.283	0.663	2.6
جمع		25.713	158.183	11.293	

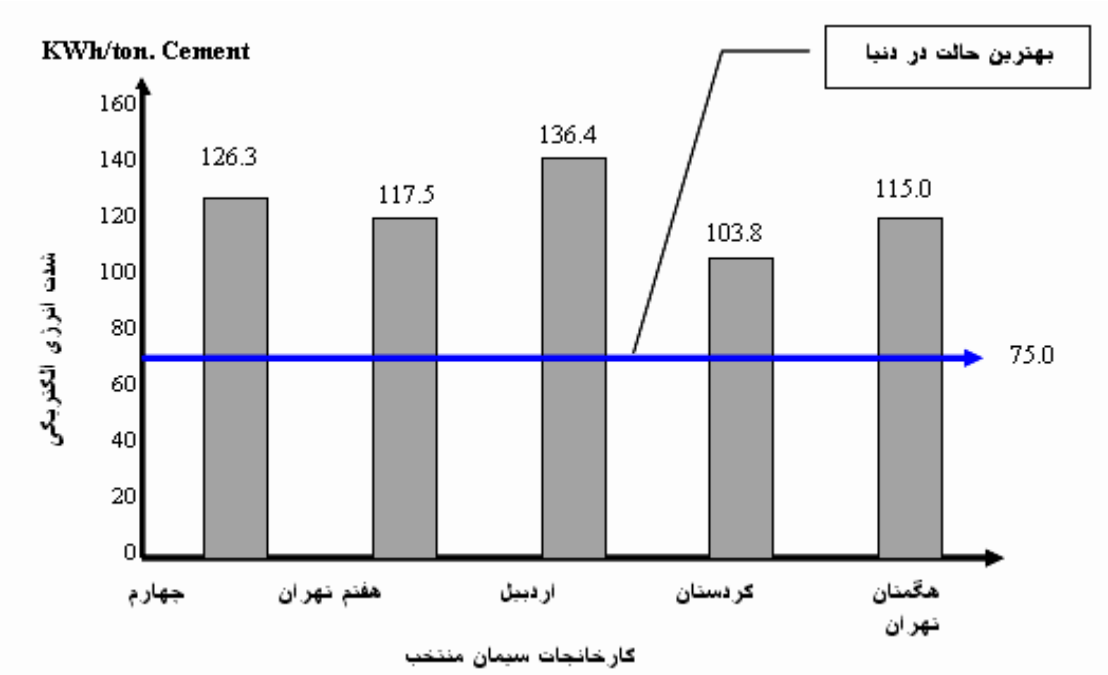
جدول(۴): بررسی نتایج استفاده از درایو در برخی از کاربردهای با مصرف انرژی بالا بمنظور کاهش مصرف داخلی نیروگاهها در کشور هند

WikiPower.ir

۷-۹ سیمان:

در ایران حدود ۹% انرژی الکتریکی صنعتی در صنایع سیمان مصرف میشود. مطالعاتی که در سال ۲۰۰۲ توسط آقای علیرضا شیرازی در صنایع سیمان انجام گرفت نشان داد که میزان مصرف انرژی در این صنایع نسبت به استانداردهای جهانی آن خیلی بالا است. در شکل(۱۸) شدت انرژی الکتریکی مورد نیاز در صنایع سیمان ایران برای تولید هر تن سیمان با بهترین حالت جهانی آن نشان داده شده است. و در جدول (۵) خلاصه ای از این مطالعه نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۱۸): پتانسیل صرفه جوئي در مصرف انرژي الکتريکي در صنايع سيمان ايران در مقايسه با بهترين حالت جهاني آن (Kwh/Ton)

کارخانه	مقدار انرژي الکتريکي Kwh/Ton	پتانسيل صرفه‌جوئي انرژي Kwh/Ton	پتانسيل صرفه جوئي انرژي Kwh
چهارم تهران	۱۲۶,۳	۵۱,۳	۳۰،۲۲۱،۲۷۵
هفتم تهران	۱۱۷,۵	۴۲,۵	۲۵،۹۶۹،۲۷۰
اردبيل	۱۳۶,۴	۶۱,۴	۴۲،۲۵۱،۱۱۴
کردستان	۱۰۳,۸	۲۸,۸	۱۶،۸۰۰،۴۸۰
هگمتان	۱۱۵,۰	۴۰	۲۲،۵۹۲،۴۰۰
		جمع :	۱۲۸،۰۲۵،۶۲۹

جدول (۵ب) پتانسيل صرفه جوئي سالانه انرژي الکتريکي در صنايع منتخب سيمان ايران در مقايسه با استاندارد جهاني

اطلاعات فوق نشان مي‌دهد که در هر کارخانه سيمان مي توان حدود 1.5 ميليون دلار در هر سال در مصرف انرژي الکتريکي صرفه‌جوئي نمود و اگر تعداد خطوط توليد سيمان را در حال حاضر

۶۰ خط تولید در نظر بگیریم میزان مصرف انرژي الکتريکي در صنايع سيمان سالانه بالغ بر ۹۰ ميليون دلار خواهد بود . براي بدست آوردن اين نتايج ارزش هر کيلووات ساعت انرژي الکتريکي ۶ سنت در نظر گرفته شده است. هر چند که این مقدار صرفه جوئی انرژی تنها با استفاده از درایو بدست نمی آید ولی استفاده از درایو سهم عمده ای در این صرفه جوئی خواهد داشت.

۷-۱۰ نرم افزار کاربردی کنترل پمپ و فن:

همانطور که از نام آن پیداســـت، این برنامه کاربردی جهت کنترل یک یا چند فن یا پمپ بکار میرود. این نرم افزار بطور اتوماتیک متناسب با فلوی مورد نظر یک یا چند پمپ را روشن کرده و فلو را کنترل میکند. برنامه بطور اتوماتیک تمام پمپ ها را در پریود زمانی مشـــخص بکار میگیرد.

۷-۱۱ نرم افزار کاربردی کنترل سطح پیشرفته:

این نرم افزار کاربردی جهت کنترل دقیق ســطح ســیال در مخازن بکار میرود. این نرم افزار نیز بطور اتوماتیک تعدادی پمپ را مدیریت میکند.

نرم افزار کنترلی Master Follower:

این برنامه قادر اســت تورک مورد نیاز بار را در تعدادی موتور تســهیم نماید. این موتورها متفقا یک بار را درایو میکنند. و این برنامه ناظر به هماهنگی دقیق آنها در تامین گشتاور مورد نیاز بار است

۷-۱۲ توصیه ها:

۱- در بهینه سازی مصرف انرژی بجای یک یا چند موتور کل سیستم را در نظر بگیرید. در این نوع بررسـی ها لازم است تاثیر اقدامات مورد نظر روی سـایر سـیستمها از جمله بهره برداری و تعمیر ونگهداشت بدقت مورد توجه قرار گیرد.

۲- در هنگام تصـمیم گیری در خرید موتور کل هزینه های چرخه عمر سـیستم مورد نظر را مورد توجه قرار دهید. بیاد داشته باشید که معمولا هزینه اولیه خرید یک موتور، نسبت به هزینه های انرژی و تعمیر و نگهداشت آن در طول عمر مفید سیستم ناچیز است.

۳- موتور را متناسب با بار انتخاب کنید. بعبارت دیگر از انتخاب موتور بزرگتر از نیاز بار اجتناب کنید.

۴- هنگام خرید موتور، موتورهای با راندمان بالا(Energy Efficient Motors) را انتخاب کنید. و اگر سفارش ساخت ماشینی را به ماشین ساز میدهید از او بخواهید از موتورهای با راندمان بالا استفاده کند.

۵- در جاهائی که نیاز به تغییر دور است از کنترل کننده دور موتور(Frequency Converter) استفاده کنید.

۶- در کنترل فلو/حجم در پمپ/فن از کنترل کننده دور موتور استفاده کنید.

۷- معمولا جایگزینی یک موتور با راندمان بالا بجای یک موتور سوخته با توجه به هزینه های چرخه عمر آن اقتصادی است. بنابراین توصیه میشود با بررسیهای سیستماتیک حتی المقدور بجای سیم پیچی مجدد موتور سوخته آنرا با موتور با راندمان بالا جایگزین کنید.

۸- شبکه توزیع برق کارخانه را همواره چک کنید.

۹- ولتاژ اعمالی به موتور باید ثابت و برابر با ولتاژ نامی موتور باشد.

۱۰- موتورها را بموقع روغنکاری کنید.

۱۱- سیستم تهویه موتور را همواره کارآمد نگهدارید. و دمای موتور را کنترل کنید.

۱۲- از عدم تقارن ولتاژ برق کارخانه جلوگیری کنید.

۱۳- از ترانسفورماتور متناسب با بار استفاده کنید.

۱۳- در انتخاب درایو های ولتاژ متوسط(Medium Voltage AC Drive) دقت بیشتری بعمل آورید.(توصیه میشود از چهارچوب پیشنهادی در این مقاله کمک بگیرید.)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱۴- شرکت پرتو صنعت همواره حاضر است بازگشت سرمایه ناشی از صرفه جوئی انرژی الکتریکی با استفاده از درایو را تضمین نماید. حتی در مواردی خود حاضر به سرمایه گذاری در تاسیسات شما خواهد بود. بنابراین در ممیزی انرژی تا آنجا که مسئله مربوط به استفاده از درایو میشود میتوانید با این شرکت مشاوره کنید.

۱۳-۷ موانع در سیاست گذاری انرژی:

در ایران موانعی که سر راه بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی وجود دارد را میتوان بصورت زیر دسته بندی نمود:

- سیاست دولت در پرداخت سوبسید به صنایع
- عدم آگاهی مدیران صنایع از روشهای صرفه جوئی انرژی الکتریکی
- ضعف دانش فنی مهندسین مرتبط با بهینه سازی مصرف انرژی
- نگرانی از ضریب اطمینان درایو و آثار منفی آن روی شبکه و موتور
- نداشتن یک رویکرد سیستمی در استفاده از موتورهای با راندمان بالا

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۷-۱٤ خلاصه ای از این بخش

در این مقاله بطور خلاصه به اهمیت صرفه جوئي انرژي در بخشهاي صنعت اشاره کردیم. و خاطر نشان کردیم که این موضوع از دوجنبه اقتصادي و زیست محیطي اهمیت دارد. باید اضافه نمود که بهینه سازي مصرف انرژي بخشي از سیاستهاي دولتي هر کشور پیشرفته اي نیز میباشد. در ایران نیز دولت بتدریج به این موضوع علاقه مند شده و اقداماتي نیز در حال انجام میباشد. اشاره شد که در ارتباط با صرفه جوئي انرژي ، موتورهاي الکتریکي میتواند يك هدف بسیار مهم باشد. برتریهای فنی موتورهای با راندمان بالا نسبت به سایر موتورها موجب شده است که کشورهای پیشرفته تولید موتورهای معمولی را طبق یک جدول زمانی متوقف سازند . توصیه شد که کارخانجات میتوانند با بکارگیري اقدامات ساده و بسیار کم هزینه میتوانند صرفه جوئي قابل توجهي در مصرف انرژي بدست آورند. در ادامه مقاله از کنترل کننده هاي دور موتور بعنوان دستگاههاي فوق العاده مؤثر در کاهش انرژي مصرفي بسیاري از تجهیزات کارخانجات یاد کردیم. و نشان دادیم که در کاربردهائي نظیر فن و پمپ استفاده از درایوها میتواند تا ٥٠ درصد در کاهش مصرف انرژي مؤثر باشند. ضمنا به یک نمونه عملی با نتایج عالی در صنایع کشورمان اشاره کردیم. و در خاتمه توصیه های مفید و عملی برای بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع مطرح شد. به امید روزي که کارخانجات کشورمان با رعایت این نکات مسئولیت اجتماعي خود را در قبال محیط زیست ایفا کنند، و با بکارگیري این اصول نسبت به رقباي خود برتري اقتصادي بدست آورند

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع:

- دکتر محمد ابراهیمی ، " کنترل درایوهای الکتریکی ac-dc"
- مرکز ملی آموزش مدیریت انرژی-دکتر خلیل بانان
- دکتر هاشم اورعی،"بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورهای صنعتی" مرکز تحقیقات نیرو، ۱۳۷۳.
- مهندس محمد مهدی کاظمی مقدم ، " کنترل و حفاظت الکتروموتورها " ، مرکز تحقیقات وزارت نیرو ، ۱۳۸۰.
- کاظم دولت آبادی، "ارزیابی و انتخاب درایو Medium Voltage"، شرکت پرتوصنعت، ۱۳۸۲.
- واحد انرژی شرکت ریخته گری تراکتورسازی تبریز

1.http://www.partosanat.com

2. http://www.vacon.com