

# انتخاب درایو جهت موتورهای قفس سنجابی

با افزایش کاربرد درایوها یا همان کنترل کننده های فرکانسی دور موتور در صنعت، بسیاری از ارایه کنندگان تجهیزات عام برق صنعتی نیز اقدام به تامین این تجهیز کرده اند بگونه ای که با فقط یک استدلال ساده "درایو با توان یک پله بالاتر" نقش نگاه فنی بر این کالا را منکر شده و الزاما این قانون که بسته به شرایطی صحیح هم می باشد را تام و تمام دانسته و فروش را براساس آن پیش می برند و البته استقبال از درایوها بعلت کاربری مناسب و مزایایی که دارند ایشان را نسبت به چنین اقدامی تشویق نیز می کند. بازاری مناسب که عموماً با ضعف دانش فنی در بخش مصرف کنندگان و بعضاً تامین کنندگان نیز روبرو شده است. اما نکته اصلی که عموماً مورد توجه قرار نمی گیرد نکات فنی پایه و مهم در انتخاب درایو می باشد. به علت دانش کم و عدم توجه به نیازهای فنی، بهره مندی از قابلیت های مثبت درایوها در برخی از موارد جایش را با برخورداری از اشکالات زیاد در عدم کاربرد صحیح داده است. در این مقاله به اجمال سعی شده است به نکات اصلی در انتخاب درایو توجه شود از بار، موتور و البته خود درایو دانستنی های کاربردی تقدیم می گردد که بینش اهالی فن را در استفاده از این تجهیز گسترش خواهد داد.

درایوها تجهیزاتی الکترونیکی هستند، همین جمله به اندازه کافی میزان پیچیدگی، دقت و صد البته ضربه پذیری و حساس بودن این تجهیز را نشان می دهد.

درایوها برای کنترل و تحت فرمان قرار دادن دو شاخصه اصلی اختراع شده و مورد استفاده قرار می گیرند:

1. کنترل سرعت
2. کنترل گشتاور

## کنترل سرعت :

کنترل سرعت موتورهای قفس سنجابی در درایوها با کنترل فرکانس منبع تغذیه آنها انجام می گردد، بدین منظور درایو که حکم منبع تغذیه را برای موتور دارد و با آن سری قرار می گیرد، فرکانس خروجی خود را از صفر تا میزان تایید شده کاربر ( SET POINT ) ارائه می دهد این میزان می تواند بیش از فرکانس نامی موتور ( بصورت معمول ۵۰ هرتز ) هم افزایش داشته باشد.

## کنترل گشتاور :

گشتاور فاکتوری است که از تقابل دو میدان مغناطیسی حاصل از استاتور و روتور در فاصله هوایی مابین آن دو بوجود می آید. با کنترل میزان شار استاتور ( در موتورهای قفس سنجابی ) می توان میزان گشتاور تولیدی را نیز تحت اختیار داشت. گشتاور با ولتاژ و جریان رابطه دارد و درایو با کنترل ولتاژ و سنجش میزان جریان، گشتاور را تحت کنترل و رصد خود قرار می دهد.

باید خاطر نشان کنم که جریان حاصل از نیاز موتور به نیروی بیشتر ( گشتاور بیشتر ) برای جواب دهی به بار را موتور از درایو می کشد و درایو در میزان جریان کشی برای پاسخگویی به افزایش بار دخالتی ندارد و آنرا کاهش نمی دهد چرا که کاهش این جریان به معنی از دست رفتن گشتاور و نیروی لازم برای کنترل بار بوده و بارها می گردد لذا چنین افزایش جریانی که بر اثر نیاز موتور می باشد را درایو کاهش نمی دهد ( البته اگر افزایش میزان جریان به معنای رسیدن به بیش باری یا بیش جریانی که در درایو بعنوان خط هشدار یا خطا در نظر گرفته شده باشد برسد درایو آنرا اعلام و از کارکرد موتور زیر بار بیش از اندازه جلوگیری خواهد کرد. )

اما در مواردی که جریان مورد استفاده موتور بیش از نیاز به کنترل بار می باشد، و جریان اضافی در موتور تلف گردد و بصورت حرارت مستهلک شود، درایو با کاهش آن و رساندن به حد مطلوب، در کاهش مصرف و بطبع "صرفه جویی" اقدام می کند.

پس درایو گشتاور را با میزان ولتاژ و جریان کنترل می کند.

در بسیاری از موارد کاربری درایو و برای انتخاب آن به توان موتور نگاه می کنند و این مقدار را با توان نامی درایو در کاتالوگ مقایسه کرده و انتخاب را انجام می دهند.

باید بصورت قاطع عرض کنم که این نگاه مهندسی و دقیق نیست چراکه:

1. براساس استاندارد کاتالوگ نویسی ، درایوها را با توان همسان آنها در موتورهای چهار پل ( ۱۵۰۰ دور ) توان نویسی می کنند. بدین معنی که درایو ۳۰ کیلو واتی در کاتالوگ معادل و مناسب موتور چهار پل ۳۰ کیلو واتی است و پر واضح است که موتور ۲ پل ۳۰ کیلو واتی جریان نامی کمتر و موتور ۸ پل ۳۰ کیلو واتی جریان نامی بسیار بیشتری دارند و انتخاب درایو ۳۰ کیلو واتی برای موتور ۳۰ کیلو واتی ۸ پل اشتباه می باشد.
2. آنچه اهمیت دارد میزان جریانی است که مدارات الکترونیک قدرت درایو می توانند برای موتور فراهم کنند. اگر جریان کشی موتور بیش از جریان قابل ارایه درایو از لحاظ سخت افزاری باشد ، درایو می سوزد و یا فالت می دهد و موتور را در انجام کار خود عقیم می گذارد.

**لذا کلیدی ترین نکته انتخاب درایو را می توان در جمله زیر خلاصه کرد**

### **فاکتور اصلی در انتخاب یک درایو " جریان " است.**

لازم به ذکر است که این جریان، جریان نامی موتور نیست و منظور از این جریان، جریانی است که موتور در حالت بیش باری خود آنرا نیاز دارد و درایو باید این میزان جریان را در حالت کارکرد ساده و نرمال خود تامین کند تا کارکرد درایو و موتور در حالت ایمن از میزان جریان تامینی قرار داشته باشد و به اصطلاح درایو تمامی جریان بلاخص حد بالای جریان موتور را بدون مشکل تامین کند.

پس از توجه و درک چرایی استفاده از درایو و نیز شناخت مهم ترین عامل انتخاب آن " جریان " ، به موارد دیگر می پردازیم:

این موارد را می توان در زیر لیست کرد:

1. نوع کاربری
2. نوع بار
3. محیط
4. منبع تغذیه
5. اثرات منفی درایو
6. آپشن ها ی درایو
7. انتخاب موتور
8. تنظیم برنامه دقیق و صحیح درایو

### **نوع کاربری**

درایو را برای چه نوع کاربردی می خواهید استفاده کنید؟

برای پمپ، تسمه نقاله، کمپرسور ویا جابجا کننده های بار ( جرثقیل ها )

هرکدام از این موارد نیازهای متفاوتی برای درایو را تعریف می کنند بعنوان مثال برای پمپ کنترل میزان خروجی با دبی در حداکثر مطلوب بدون اضافه جریان کشی و نیز پاسخگویی به بار متغییر در کوتاه ترین زمان مورد نظر است اما در جرثقیل حفظ بار با گشتاور

کافی و کنترل سرعت دقیق نیاز کاربر می باشد. برای درایو پمپ اگر هد استاتیکی بالا نداشته باشیم با توجه به جریان موتور می توان درایوی متناسب با جریان نامی را انتخاب کرد که نرم افزار پمپ داشته باشد تا هم دبی را بدون نیاز به سنسور بیرونی تشخیص دهد و هم توانایی کنترل ضربه کله قوچی و یا نیاز به تمیز شدن پمپ حین کار را در اختیار ما بگذارد.

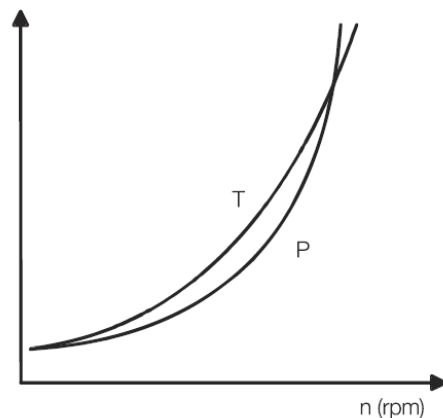
در مورد جرثقیل نیار به کنترل دقیق در هر دو سمت چرخش راستگرد و چپگرد حین استقلال از یکدیگر و یا توانایی ترمزگیری داینامیکی و پاسخگویی بالا به گشتاور و نیز ارتباط با ترمز مکانیکی و سنسور سرعت سر موتور را می توان نام برد.

اینکه چه کاربردی دارید را همیشه برای ارایه دهنده درایو تشریح کنید تا با دانستن نیاز و کاربرد شما بهترین درایو از انواع درایوهای موجود را انتخاب کنند.

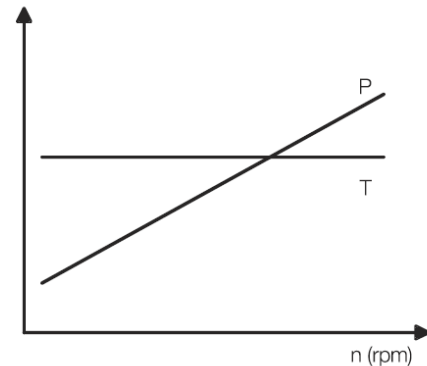
## نوع بار

سه حالت بار وجود دارد:

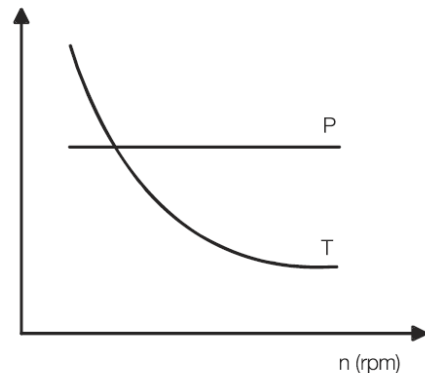
- بار با گشتاور سهموی ( سهمی شکل )
  - بار با گشتاور ثابت
  - بار با توان ثابت
- در بار با گشتاور سهموی بمانند پمپ ها و فن ها تناسب مابین سرعت موتور و میزان گشتاور بشکل زیر می باشد که در آن کاهش سرعت لاجرم کاهش گشتاور را به همراه خواهد داشت و بلعکس. در چنین مواردی کمترین فشار بر درایو وارد می گردد چرا که کم شدن بار را می توان براحتی با کم کردن سرعت متناسب نمود و نیروی کمتر یا همان گشتاور کمتری را ارایه داد که به معنای نیاز به جریان کمتر نیز می باشد.



- در بار با گشتاور ثابت بمانند اکسترودرها و جرثقیل ها تغییر در سرعت موتور الزاماً هیچگونه تغییری در میزان گشتاور ایجاد نمی کند. در واقع گشتاور مستقل از سرعت است و میزان آن در زمان ثابت می باشد. در چنین مواردی موتور برای کنترل بار خود به نیرویی ثابت احتیاج دارد. میزان جریان در این بارها بطور کامل باید تامین شود و با کاهش سرعت موتور جریان کشی آن کاهش نمی یابد.



- در بار با توان ثابت بمانند تسمه نقاله ها و نخ پیچ های دوک های نخ ریسی تغییر در سرعت باعث کاهش میزان گشتاور مورد نیاز می گردد و در انجام کار زمان اجرا مهم است و این خود در واقع توان ثابت را نشان می دهد که این توان با تغییر در گشتاور دچار کاهش و یا ازدیاد نشده و مقدار کار انجام شده در زمان می بایستی که ثابت بماند. جریان کشی در این موارد با کاهش گشتاور کاهش یافته و در مواردی که گشتاور بیشتری نیاز باشد افزایش می یابد.



### محیط

محیط از عوامل بسیار تاثیر گذار در انتخاب درایو می باشد، برای مثال درایوی که در داخل اتاقی با تهویه مناسب و فشار مثبت و نیز دمای مطبوع کار می کند عمر و عملکرد بسیار بالاتری نسبت به همان درایو در همان کاربرد در دمای بالای ۴۰ درجه و گرد و خاک خواهد داشت. درایو ها نیز بمانند تمامی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به گرما حساس هستند، افزایش دما بیش از مقدار استاندارد که معمولا ۴۰ درجه سانتیگراد می باشد باعث کاهش درمیزان جریان دهی آنها خواهد شد. گرد و خاک بویژه گرد و خاک هادی ( بمانند خاک آهن ) و همچنین رطوبت اثرات سوء غیر قابل انکاری بر بازدهی و توان عملکردی درایو ها می گذارند.

استفاده از درایوهایی با IP بالاتر برای حفاظت بخش های الکتریکی از گرد و خاک ، توجه به تاثیر دما بر بازدهی درایو و انتخاب درایوی با جریان دهی بالاتر برای پوشش افت ناشی از دما و نیز توجه به سیستم تهویه محل نصب از جمله موارد الزامی انتخاب درایو مناسب با محیط می باشد.

ارتفاع سطح جغرافیایی محل نصب درایو اگر بیش از ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد باشد، با کاهش جریان دهی مواجه می گردد لذا باید با لحاظ نمودن ضریب جریان دهی به نسبت ارتفاع و سیستم خنک کنندگی درایو که توسط توسط کارخانه سازنده ارائه شده است ، درایو صحیح را بر مبنای جریان دهی آن انتخاب کرد.

## منبع تغذیه

سطح ولتاژ ورودی و خروجی درایوها عموماً با سطح ولتاژ منبع و موتوری که آنرا کنترل می کنند، یکسان می باشند. کلمه عموماً از آنجا ارایه شده است که برخی از درایوهای فشار متوسط دارای ترانسفورماتور های داخلی برای کاهش ولتاژ ورودی به درایو و سپس افزایش ولتاژ خروجی از آن می باشند و یا در استفاده درایو فشار ضعیف برای کنترل موتور فشار متوسط با بکارگیری فیلتر سینوسی می توان از درایوی با سطح ولتاژ پائین تر نیز استفاده نمود که این موارد عمومیت ندارند.

ضمناً نوع سربندی ترانس منبع تغذیه درایو و کیفیت ولتاژ آن در کارایی درایو تاثیر گذار هستند. درایوهای ۶ پالسه ، ۱۲ و ۱۸ و ۲۴ پالسه هر کدام به ترانسفورماتور مناسب احتیاج دارند. لازم به ذکر است که افزایش پل های یکسوساز ورودی درایوها به کاهش میزان هارمونیک تولیدی آنها کمک می کند.

ضمناً تغییرات سطح ولتاژ ورودی نباید از میزان تحمل درایو خارج گردد.

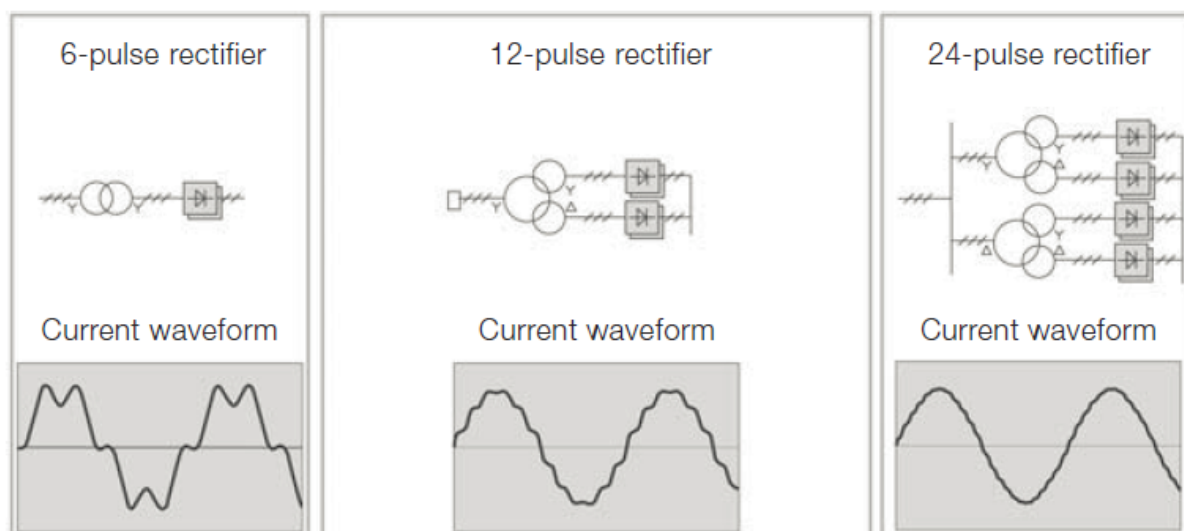


Figure 7.2 Harmonics in line current with different rectifier constructions.

## اثرات منفی درایو

تمامی انواع درایوها به صورت ساختاری دارای اثرات نامطلوب زیر می باشند:

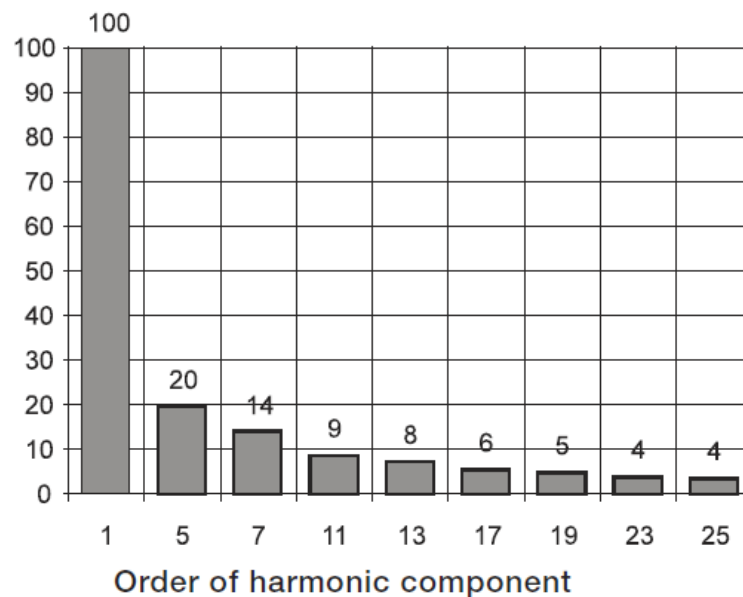
1. ایجاد ولتاژ ضربه ای
2. ایجاد هارمونیک ها در هر دو سمت ورودی و خروجی
3. ایجاد جریان بیرینگ مخرب
4. افزایش دمای موتور
5. ایجاد صدای آکوستیک در موتور
6. محدودیت در فاصله موتور تا درایو
7. ایجاد نویز الکترومغناطیسی

## ایجاد ولتاژ ضربه ای در خروجی

خروجی درایوها چه از نوع مدولاسیون پهنای باند PWM و چه از نوع کنترل مستقیم گشتاور DTC باشند دارای عملکرد کلید زنی یا همان سوئیچینگ می باشند. در هنگام بسته شدن و باز شدن کلید ولتاژ لحظه ای ضربه ایجاد می گردد که تا ۲ یا ۲/۵ برابر ولتاژ نامی درایو نیز می رسد یعنی اگر درایو ۴۰۰ ولت داشته باشیم، میزان ولتاژ ضربه به ۱۰۰۰ ولت می رسد. با توجه به فرکانس سوئیچینگ که معمولاً ۴ کیلوهرتز می باشد این میزان ولتاژ، ایجاد کننده ضربه ای است که در هر ثانیه ۴ هزار بار بر سر عایق موتور وارد شده و آنرا تحت فشار الکتریکی مخربی قرار می دهد.

## ایجاد هارمونیک ها در هر دو سمت ورودی و خروجی

هرگونه فرآیند و یا مداری که شکل موج را از حالت سینوسی خارج کند ایجاد هارمونیک می کند. درایو با توجه به دارا بودن یکسوساز در ورودی و مبدل یا همان اینورتر در خروجی چنین هارمونیک هایی را ایجاد می کنند. هارمونیک ها هم برای مدار تغذیه بالادستی و هم برای موتورهای پائین دستی درایوها آسیب زننده هستند. در مدارات بالا دستی باعث ایجاد اختلال در عملکرد رله ها و داغ شدن خازن ها می گردند و در موتورها باعث ایجاد گشتاور مخالف، صدای سوت ممتد و نیز گرمای بسیار و فشار الکتریکی بر عایق موتور می گردند.



## ایجاد جریان بیرینگ مخرب

جریان بیرینگ یک فرآیند طبیعی در داخل بیرینگ ها می باشد که از اختلاف سطح ولتاژ مابین استاتور و روتر حاصل می گردد. سطح رینگ بیرونی که متصل به بدنه می باشد با سطح ولتاژ استاتور هماهنگ می باشد و رینگ داخلی بیرینگ که به شافت و روتر متصل است با سطح ولتاژ روتر که کمی عقب تر از استاتور است هماهنگ است. این اختلاف ولتاژی باعث تخلیه جریان در بیرینگ مابین ساچمه ها و رینگ داخلی می گردد. در حالت اتصال به منبع سینوسی این تخلیه به آرامی و بدون تخریب انجام می شود اما در حالتی که موتور به درایو متصل است بعلت وجود اختلاف سطح ولتاژی ناگهانی و بالا، تخلیه مابین ساچمه و رینگ داخلی به صورت جرقه انجام می گردد که خود باعث خوردگی و از بین رفتن بیرینگ می گردد.

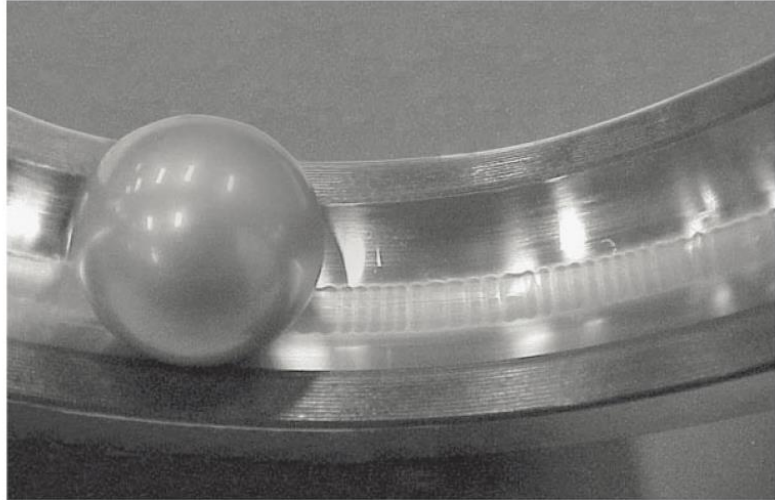


Figure 1: Bearing currents can cause “bearing fluting”, a rhythmic pattern on the bearing's races.

### افزایش دمای موتور

دمای موتوری که با درایو کار می کند هم بعلت هارمونیک ها و هم بعلت نوسان سرعت موتور، افزایش می یابد. در هنگامی که شما از موتورهای استاندارد خنک شونده با فن متصل به شفت IC411 برای کار با درایو استفاده می کنید، کاهش سرعت چرخش روتور، کاهش میزان سرعت چرخش فن خنک کننده موتور را به همراه خواهد داشت که بر کارای سیستم خنک کنندگی موتور تاثیر منفی می گذارد.

در چنین مواردی موتور نه تنها در زیر بار ناشی از گرمای هارمونیک بلکه از خنک شوندگی معمول خود نیز محروم می باشد و خوب می دانیم که افزایش هر ۱۰ درجه بیش از دمای نامی موتور باعث نصف شدن عمر موتور می گردد.

### ایجاد صدای آکوستیک در موتور

موتورهایی که با درایو کار می کنند صدای خاصی از خود تولید می کنند که به صدای زوزه تیزی شبیه است. این صدا از تلف شدن و استهلاک هارمونیک ها در موتور حاصل می شود. میزان آن با فرکانس سوئیچینگ تناسب مستقیم دارد. اگر فرکانس سوئیچینگ را به ۲ کیلو هرتز پایین بیاوریم صدای کمتری تولید می گردد اما میزان تلفات افزایش میابد و بلعکس اگر فرکانس به ۸ کیلو هرتز افزایش یابد صدا بیشتر اما تلفات و گرمای حاصل از آن کاهش می یابد.

### محدودیت در فاصله موتور تا درایو

ساختار کابل باعث ایجاد حالت خازنی مابین سیم های هادی داخلی و نیز این سیم ها با زمین می گردد، ضمناً حالت سلفی نیز برای هر متر کابل قابل سنجش می باشد بنابراین کابل ها بعنوان رابط تغذیه درایو و موتور خود با مقاومت اهمی و ایجاد حالت خازنی و نیز سلفی ایجاد کننده تلفاتی می باشند که معمولاً در انتخاب کابل های قدرت مدنظر گرفته می شود اما باید توجه داشت که کابل قدرت مابین درایو و موتور، بعلت انتقال ولتاژ پالسی، دامنه آنرا افزایش می دهد و این یعنی افزایش زیاد سطح ولتاژ در انتها و بر سر ورودی موتور لذا مقدار کابل باید با توجه به نوع درایو، سیستم کنترلی و نیز وجود و یا عدم وجود فیلترها حداقل مطابق کاتالوگ شرکت سازنده انتخاب گردد و نمی توان همانند انتخاب کابل برای راه اندازی مستقیم و یا ستاره مثلث موتور از جداول معمول استفاده نمود.

همچنین برای از بین بردن و یا به حداقل رساندن حالت خازنی، زمین کردن دو سر کابل الزامیست و باید توجه داشت که کابل مورد استفاده از نوع شیلددار باشد تا ضمن امکان زمین نمودن پوسته برای مقابله با حالت خازنی، از انتشار نویز الکترومغناطیسی در محیط اطراف کابل جلوگیری شود.

### ایجاد نویز الکترومغناطیسی

انتشار امواج الکترومغناطیسی از تمامی درایوها باید در محدوده استاندارد قرار داشته باشند که بدان سازگاری الکترومغناطیسی EMC می گویند. درایوها بسته به اینکه در زمان نصب به کدام شبکه بالادستی متصل باشند باید از فیلترهای مناسب برای سازگاری الکترومغناطیس استفاده کنند. شبکه بالادستی به دو بخش شبکه خانگی و شبکه صنعتی تقسیم می شوند.

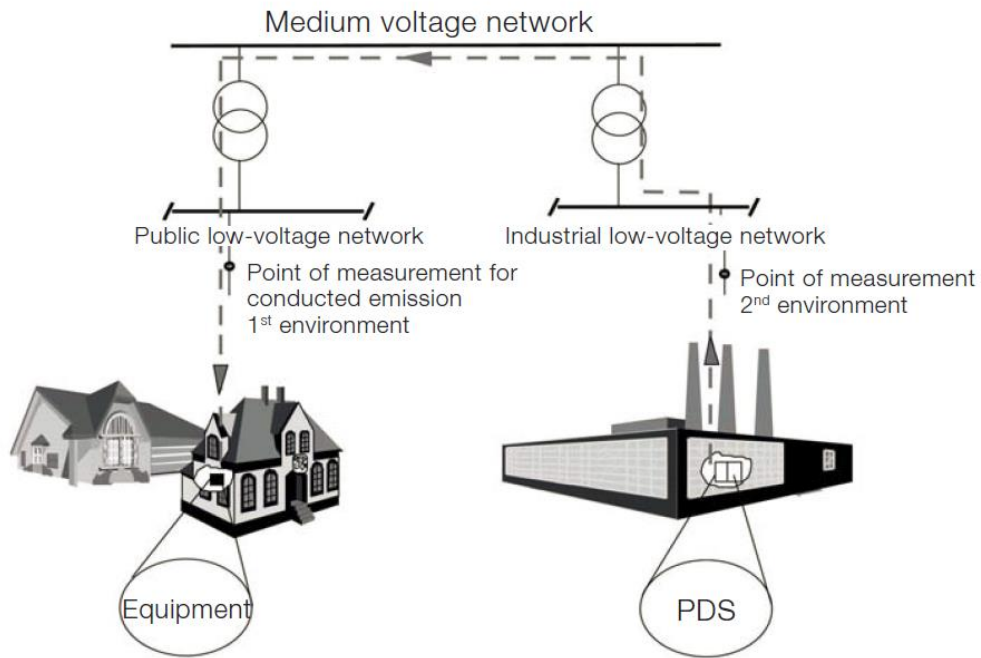


Figure 2-4 Illustration of environment classes.

استفاده از کابل های مناسب و اتصال به زمین نمودن دو سر انتهایی آنها نیز از شرایط انطباق با استاندارد EMC می باشد.



## آپشن های درایو

درایوها برای سازگاری با نوع کاربرد و یا برقراری ارتباط مناسب با کاربر و یا سیستم های کنترل بالا دستی دارای آپشن های مختلفی می باشند همچون:

- فیلتر du/dt
- فیلتر سینوسی
- ماژول های انکودر و اتصال به شبکه های صنعتی
- نرم افزارها و اینترفیس های خاص ( بمانند نرم افزار کنترل جرثقیل و یا پمپ )
- درایوهای بازتولید کننده ( Regenerative )
- ترمز و چاپر

## انتخاب موتور

انتخاب صحیح درایو، ۹۵% وابسته به انتخاب صحیح موتور است

اگر موتوری با استاندارد پایه بدون لحاظ نمودن تمامی شرایط محیطی و کاربردی انتخاب گردد قطعاً انتخاب درایو مناسبی انجام نخواهد شد. برای کاربرد های گوناگون باید به موارد زیر توجه داشت :

- دمای محیط و ارتفاع از سطح دریا ( برای لحاظ نمودن تاثیر آن بر توان و گشتاور موتور )
- رژیم کاری ( Duty Cycle ) موتور ( وابسته به نوع جرثقیل و میزان کارکرد قلاب )
- گشتاور نامی و سرعت چرخش پایه موتور
- گشتاور حداکثر و میزان گشتاور در شروع به کار درایو
- میزان و نوع گرد و خاک و رطوبت محیط ( برای انتخاب IP مناسب و هیتر داخلی )
- نوع موتورها، ضد انفجار یا ایمن ( در انتخاب فرکانس سوئیچینگ تاثیرگذار است )
- نوع بیرینگ و گریس ( در کار با درایو باید تمهیداتی برای حفاظت از بیرینگ ها از جمله بیرینگ ایزوله را در نظر گرفت )
- سیستم خنک شوندگی موتور ( در کار با درایو حتماً IC416 )
- کلاس دمایی و کلاس عایقی
- طول عمر موتور
- سرویس فکتور
- بازخورد سرعت ( بمانند انکودر و یا تاکوژنراتور )
- نوع جانمایی و تک شفت بودن یا دوسر شافت بودن ( اتصال از شفت دوم به ترمز مکانیکی )
- راندمان موتور ( موتوری با راندمان پایین تر جریان کشی بالاتری نسبت به همان موتور با راندمان بالا دارد و این یعنی درایو قوی تر برای جریان کشی بالاتر )

## تنظیم برنامه دقیق و صحیح درایو

درایوها دارای نرم افزارها، پارامترها و امکانات کنترلی و ارتباطی مختلفی هستند که حتی در یک برند نیز می تواند از درایوی به درایو دیگر متغییر باشد برای نمونه در نرم افزار استاندارد پارامترهای قابل تنظیم و کنترلی کمتری نسبت به نرم افزار مخصوص جرتقیل وجود دارد.

انتخاب درایو صحیح با نرم افزار متناسب کاربردی که درایو را برای آن تهیه کرده اید و نیز تنظیم دقیق و حرفه ای کلیه پارامترهای درایو بر عملکرد آن بسیار موثر است و می توان گفت در صورت انتخاب درایوی با امکانات استاندارد برای کاربردی سخت و دقیق همچون جرتقیل، کاربر خود را از ۶۰٪ کارایی درایو محروم کرده است

## جمع بندی

درایو تجهیززی ظریف و دقیق است که باید برای کار در محیط سخت صنعت با امکانات مناسب تجهیز شود، شناخت مهندسی و فنی از کاربردی که درایو را می خواهید برای آن بکار برید، انتخاب صحیح موتور با امکانات مناسب و متناسب با کاربرد آن و محیط نصب و لحاظ کردن آپشن های مناسب برای سازگاری با درایو و نیز انتخاب صحیح درایو با لحاظ نمودن کلیه عوامل موثر بر عملکرد آن اعم از عوامل محیطی، مکانیکی، الکتریکی و نرم افزاری، تماماً برای بکارگیری مهندسی این تجهیز الزامی است.

تالیف

هانی ادیب آزاد

مدیر فنی شرکت ویستا جم صنعت

تیرماه ۹۶