

چگونه بهترین انكودر را انتخاب نماییم؟ فاکتور های مهم برای نحوه انتخاب انكودر چیست؟

به طور حتم شما نیز در فرآیند اتوماسیون کارخانجات و ماشین آلات صنعتی به این دسته سوالات مواجه شده اید که:

- چگونه می توانم از انكودر در کار خود استفاده و آن را به مرحله بهره برداری برسانم؟
- چه کنترلی را برای فرآیند کار انتخاب و نحوه اتصال آن به انكودر چگونه می باشد؟
- بهترین و کاربردی تری مدل انكوری که می توانم انتخاب کنم چیست؟
- آیا انكودر انتخابی از نظر محیطی با شرایط نصب سازگار می باشد؟
- ...

سوالاتی متعدد و مشابه این چالش هایی است که مهندسين در زمان طراحی خطوط کارخانجات و پروسه اتوماسیون خود با آن برمی خورند و باید بهترین راه را برای عدم مواجه مشکل، انتخاب کنند. در این مقاله ما به تمامی سوالات و نگرانی شما پاسخ خواهیم داد.



انكودرهای صنعتی با كارایی بالا

چگونه از انكودر استفاده کنم؟

کنترلر سازگار با انكودر انتخابی چیست؟

بهترین و کاربردی ترین انكودر برای کارخانه من چیست؟

آیا انكودر انتخابی من با شرایط کاری سازگار است؟



بازخورد یا همان فیدبک (Feedback) نقشی اساسی در کنترل حرکت دارد. تجهیزات اتوماسیونی همانند سرو موتورها و موتورهای پله ای برای کنترل دقیق سرعت و موقعیت از بازخورد انکودر استفاده می کنند. انکودر تبدیلی است که حرکت جسمی را که مورد نظر ما است، مانند شفت موتور یا بال اسکرو و ... را به خروجی آنالوگ یا دیجیتال متناسب با سرعت یا موقعیت آن ها تبدیل می کند. انکودرها ابزار موثری و در واقع قلب اصلی یک پروسه اتوماسیونی هستند. اما فقط در صورتی که برای پروژه و شرایط تعیین شده به درستی مشخص شوند. در اینجا، مرحله به مرحله نحوه انتخاب انکودر بهینه را مرور می کنیم. البته لازم می باشد در هر مرحله برای مشخص شدن مسیر فکری ما توضیحاتی را نیز خدمت شما اعلام نماییم تا شما با دید وسیع تر با این روند روبه رو شوید.

همچنین شما می توانید جهت مشاوره تخصصی تر با مهندسی زبده ما [تماس](#) حاصل نمایید.

ما در اینجا تعریف کلی از انکودر ها خواهیم داشت تا شما با اطلاعات کافی بتوانید بهترین انکودر مورد نیاز خود را انتخاب نمایید. نکاتی اولیه ای که باید در ابتدای این روند بدانید شامل موارد زیر می باشد:

- ✓ در اولین مرحله باید مشخص شود انکودر با شرایط محیطی و ادوات موجود، تطابق دارد یا نه. عوامل کلیدی مورد نظر عبارتند از:
 - ✓ شرایط محیطی از جمله دما ، رطوبت ، شوک و لرزش ، آلودگی محل مورد نصب انکودر
 - ✓ نوع حرکت و مسیر حرکت انکودر به صورت دورانی (Rotary Encoder) می باشد یا خطی (Linear Encoder) (یک جهت یا دو طرفه و غیره)
 - ✓ میزان اهمیت کنترل حرکت، حساسیت و تکرار پذیری کار و قابلیت اطمینان فرآیند
 - ✓ طراحی مکانیکی، از جمله انطباق انکودر در سیستم کنترل حرکت و تعیین موقعیت چه از نظر الکتریکی و سیگنالینگ و چه مکانیکی
 - ✓ انتخاب تجهیزات الکتریکی موجود جهت دریافت اطلاعات و پردازش سیگنال خروجی انکودر از جمله درایوها، کنترل کننده ها، PLC ها و ...
 - ✓ پیکربندی فیزیکی انکودر، از جمله فاکتور شکل ظاهری ، فاصله فیزیکی بین انکودر و کنترل کننده ها، نوع خروجی کابلی یا کنکتوری انکودر، نحوه اتصال به بدنه موتور، نحوه اتصال شفت انکودر و ...
 - ✓ بودجه موجود جهت اتوماسیون سازی خط

قبل از بررسی مدل ها با [تماس با ما](#)، تا آنجا که ممکن است اطلاعات دقیق جمع آوری نمایید تا آگاهانه تصمیم بگیرید.

۱. منظور از شرایط محیطی انکودر چیست؟

شرایط محیطی بهره برداری و عملکرد تجهیزات کنترلی، اساسی ترین فاکتور انتخاب انکودر را دارد. چرا که این شرایط بر نوع سنسینگ یا همان نوع ساختمان حسگر انکودر ها تاثیر بسزایی دارد. در زیر به بررسی اجمالی انواع انکودر براساس ساختمان آن ها و دسته بندی انکودر ها خواهیم پرداخت که از جمله متداول ترین آن ها انکودر نوری ، مغناطیسی، القایی و خازنی هستند.

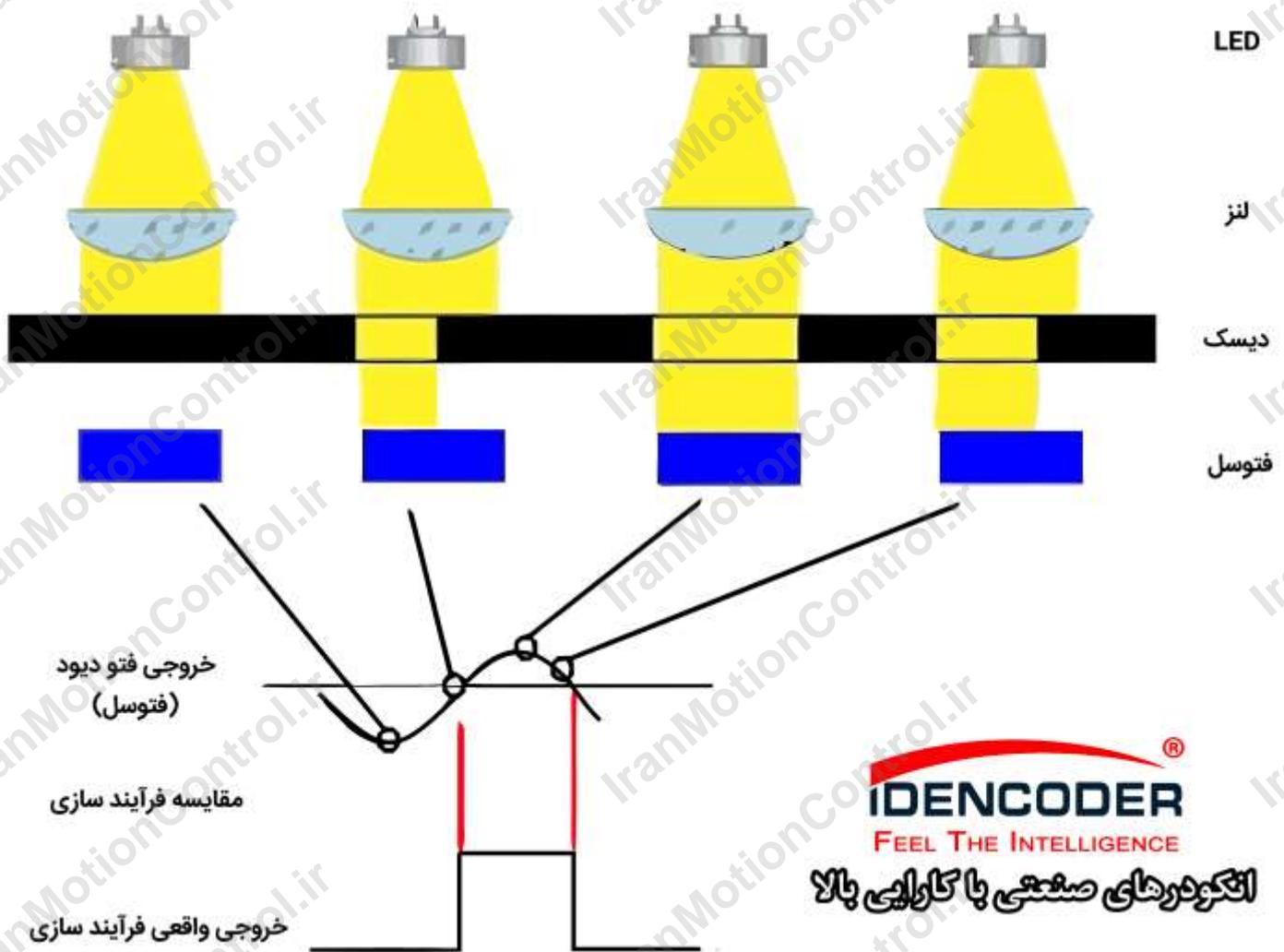
البته این توضیحات به صورت خلاصه می باشد و شما می توانید مقاله کامل تر را از [اینجا](#) با موضوع [انواع انکودر چیست؟ انکودر ها از نظر عملکرد و تکنولوژی ساختمان به چند گروه تقسیم بندی می گردند؟](#) مطالعه نمایید.

۱.۱. انکودر نوری (Optical Encoder) چیست؟

نحوه کارکرد یک انکودر نوری، شامل یک دیسک طرح دار یا مشبک که متصل به جسمی که تحت حرکت عامل پیش رو است (معمولا عامل پیش رو شفت موتور یا بار است). دیسک انکودر از بین یک منبع نوری (به طور معمول یک LED) و یک ردیاب نوری ثابت شده بر روی بدنه انکودر، عبور می کند. الگوی یا پترن دیسک شیشه ای با پرتو نوری برخورد و آن را قطع می کند تا قطاری از پالس های موج مربعی مطابق با تعداد قطاع روی دیسک ایجاد کند. البته براساس نوع انکودر ممکن است این سیگنال یک رشته صفر و یک از نوع باینری تولید کند. منظور از نوع ، نوع انکودر افزایشی (Incremental Encoder) و نوع مطلق (Absolute Encoder) می باشد. در هر صورت، داده های خروجی انکودر

تجهیزات کنترل حرکت ایران

برای کنترل حرکت، سرعت و تعیین موقعیت استفاده می شود. معمولا انکودر های نوری به صورت روتاری انکودر (Rotary Encoder Optical) ساخته و ارائه می شوند. در یک انکودر نوری خطی (Linear Encoder Optical)، هر دو منبع و آشکارساز به صورت خطی با بار حرکت می کنند؛ در حالی که مقیاس خطی تولید کننده بر روی قاب دستگاه ثابت می شود. شکل زیر تصویر کلی نمای انکودر خطی و نحوه آشکارسازی آن را نمایش می دهد.



در شکل بالا، یک دیسک مشبک به صورت قطاع های مساوی وجود دارد که از یک منبع نوری فرستنده و گیرنده عبور می کند تا پرتو را تعدیل نماید. برد الکترونیکی موجود در انکودر، سیگنال دریافتی فوتودیودها را پردازش کرده تا یک قطار پالس موج مربعی را ایجاد کند، این سیگنال پردازش شده، می تواند اطلاعات مهمی از جمله موقعیت و سرعت را به ما نشان دهد.

مزایا انکودر نوری :

انکودر های نوری بالاترین وضوح و رزولوشن (Resolution Encoder) را در انکودر ها دارا می باشند. بدین ترتیب ، آنها می توانند برای کاربردهای صنعتی، علمی و پژوهشی که دارای شرایط سخت کار بوده و نیاز به ردیابی موقعیت زاویه ای است، بسیار مناسب باشند.

معایب انکودر نوری :

انکودر های نوری به آلودگی حساس هستند و نباید از آنها برای محیط هایی که در معرض گرد و غبار، رطوبت یا مواد شیمیایی خورنده می باشند، استفاده گردند. چرا که اگر محیط دارای رطوبت باشد، بخار روی دیسک انکودر را گرفته و بر عملکرد آن تاثیر منفی می گذارد. همچنین

انکودر های نوری با دیسک شیشه ای، در برابر ضربه و لرزش آسیب پذیر هستند. در حال حاضر به روی جنس های پلاستیکی آزمایش های مختلفی می شود که جایگزین دیسک های شیشه ای شوند که در برابر ضربه و لرزش مقاومت بیشتری دارند. بهترین کاربرد انکودر نوری شامل موارد زیر می شود:

پروژه های علمی و کاربردهای صنعتی با عملکرد خروجی بسیار طاقت فرسا و سخت کار

۱.۲. انکودر مغناطیسی (Magnetic Encoder) چیست؟

نحوه عملکرد انکودر مغناطیسی همانند انکودر نوری می باشد با این تفاوت که در انکودر دوار مغناطیسی به جای دیسک کد نوری، از ساختار دیگری براساس میدان مغناطیسی استفاده می شود. ساختار اصلی انکودر مغناطیسی شامل چرخ دنده فلزی دندانه دار، یا درامز یا دیسک با دامنه مغناطیسی متناوب است. البته این برای انکودر های دورانی می باشد و برای مدل های خطی از مقیاسی مشابه ولی خطی استفاده می کنند. اساس کار بر پایه تناوب دامنه در یک میدان مغناطیسی است. سنسور تشخیص میدان متناوب بر پایه اثر هال (Hall-Effect) می باشد که از یک آرایه آشکارساز حالت جامد استفاده می کند. لذا این آشکارساز دارای حساسیت و وضوح بالایی می باشد که در مقابل تنش و لرزش دستگاه، ایمنی بالایی را به همراه دارد. به ازای حرکت انکودر و به طبع سنسور هال افکت در میدان مغناطیسی، خروجی به دست آمده تبدیل به رشته پالس یا بیت های دیجیتالی می شود که می توان از آن ها سیگنال الکتریکی دریافت نمود.

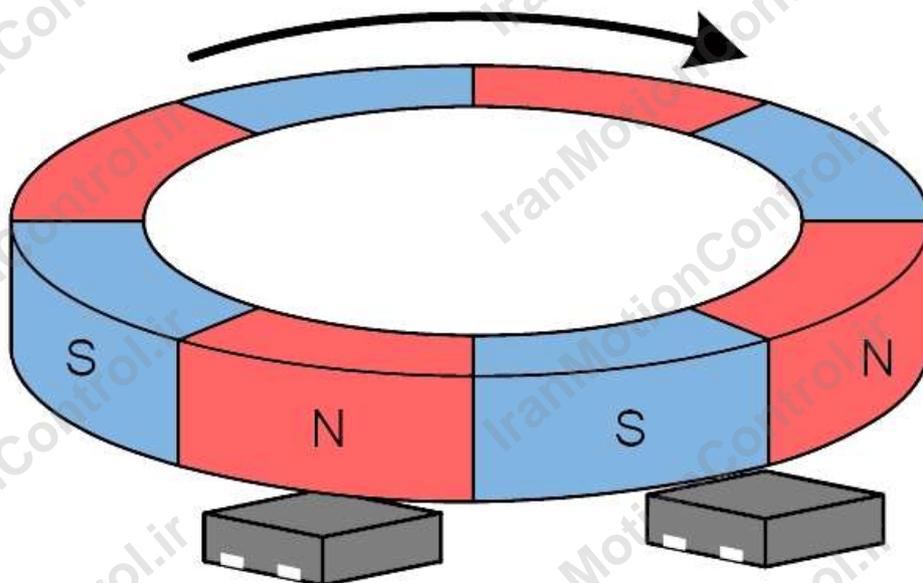
مزایا انکودر مغناطیسی:

انکودرهای مغناطیسی می توانند شرایط بسیار سختی را تحمل کنند لذا آن ها را برای کاربردهای صنعتی مناسب تر هستند. حتی این انکودر ها می توانند در زیر آب نیز به کارایی خود بپردازند. محیط هایی که پوشیده از گرد و غبار است و یا در معرض لرزش بسیار زیاد قرار دارند نیز تاثیری روی عملکرد این انکودر ها نمی گذارد. انکودر های مغناطیسی از نظر اقتصادی کاملاً مقرون به صرفه بوده و جهت بهینه نمودن هزینه یک پروژه مناسب هستند.

معایب انکودر مغناطیسی:

این انکودر ها به میدان مغناطیسی زیاد حساس هستند و ممکن است جهت عدم اختلال در عملکرد آن ها از پوشش های محافظ استفاده شوند. همچنین اگر محیط دارای دمای بسیار بالایی باشد ممکن است روی خاصیت مغناطیسی آن ها تاثیر بگذارد. همانطور که گفته شد، حسگرهای اثر هال در برابر شوک یا تنش آسیب پذیر نیستند. البته این تفکر سنتی وجود دارد که انکودرهای مغناطیسی دارای وضوح کمتری می باشند. لازم به توضیح می باشد که با پیشرفت تکنولوژی در ساخت سنسورهای اثر هال عملکرد آن ها از قبل بهتر شده و رزولوشن آن ها نزدیک به انکودر های نوری می باشد. برای محیط های سخت کار که دارای آلودگی و گرد و غبار و حتی بخار آب می باشد، سنسور اثر هال (هال افکت) ممکن است گزینه بهتری باشد.

جهت گردش انکودر مغناطیسی



سنسور های اثر هال

۱.۳ انکودر القایی (Inductive Encoder) چیست؟

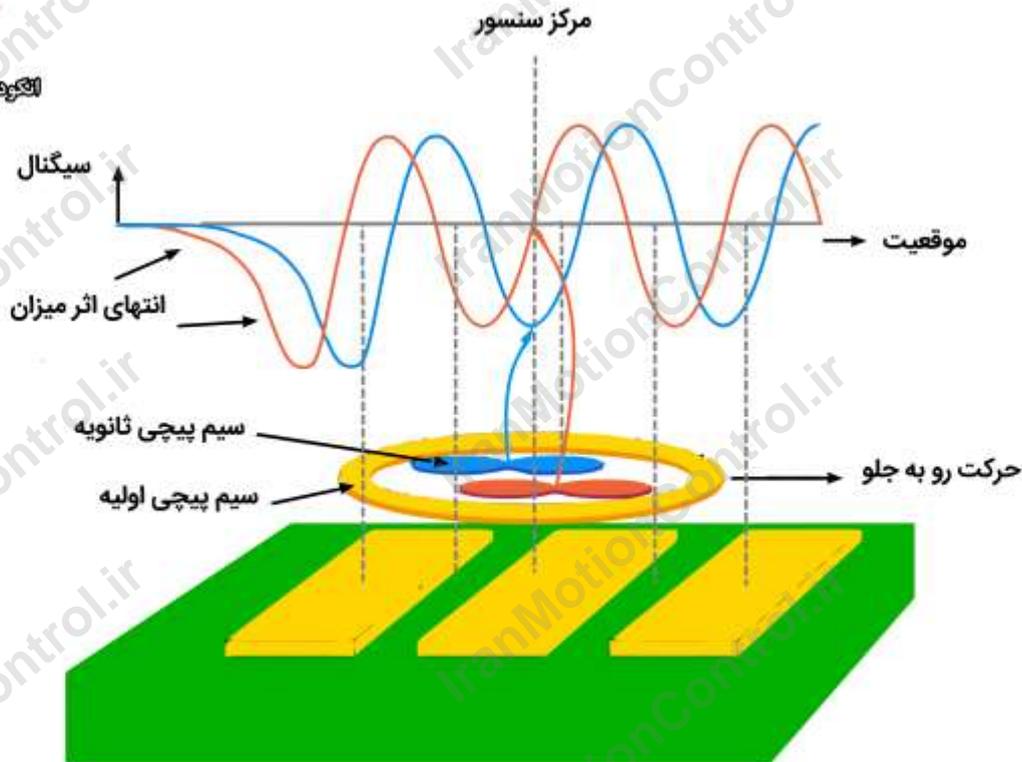
نحوه عملکرد انکودرهای القایی مشابه یک ریزولور یا رزولور (Resolver) است. این مدل انکودر ها در واقع دارای ترانسفورماتور دیفرانسیلی هستند که با ردیابی ولتاژهای القایی موجود در یک جفت سیم پیچ الکترونیکی، موقعیت زاویه ی مطلق را تعیین می کنند. سیم پیچ اولیه به روتور متصل می شود و با حرکت انکودر انرژی می گیرد، در حالی که سیم پیچ ثانویه به استاتور و با اختلاف فاز مکانیکی ۹۰ درجه (به صورت سینوس و کسینوس) متصل می شود. چرخش سیم پیچ اولیه باعث ایجاد جریان در سیم پیچ های ثانویه می شود. همانطور که در شکل زیر مشخص می باشد، این دو سیم پیچ به ترتیب سیگنال سینوسی و کسینوسی ایجاد می کنند. این مدل انکودر ها که به تازگی وارد عرصه شده اند جایگزین رزولور ها گردیده اند. در انکودر القایی به جای سیم پیچ های معمولی، از سیم پیچ ها عناصر مسطحی استفاده شده است که از نظر علم سنگ شناسی (lithographically) روی PCB قرار گرفته اند. هر دو سیم پیچ روی PCB یکسان و یک شکل هستند. یک دیسک رسانا نصب شده بر روی روتور یا شفت ، سیم پیچ ها را تحریک می کند. در شکل زیر توضیحات بالا قابل مشاهده می باشد.

تجهیزات کنترل حرکت ایران

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE

انکودرهای صنعتی با کارایی بالا

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE
انکودرهای صنعتی با کارایی بالا



مزایا انکودرهای القایی:

از جمله مزایای انکودر القایی، وضوح بسیار بالا، مقاوم در برابر آلودگی، مصون از نفوذ مایعات، عدم تاثیر پذیری در مقابل دمای شدید و ضربه و لرزش است. استفاده راحت تر نسبت به رزولور ها از بالاترین ویژگی این انکودر ها است به گونه ای که بعضی از سازندگان، در محصولات خود، انکودر های القایی را جایگزین ریزولور ها (Resolver) می دانند.

معایب انکودرهای القایی:

گرچه این انکودر ها دارای خاصیت سلفی قوی می باشد، دیسک رسانایی داخل آن می تواند مشکلاتی در عملکرد خود ایجاد کند. انتخاب صحیح دیسک رسانا جزء چالش های سازندگان است. در مواردی که حرارت بسیار بالا است، نباید از دیسک هایی با خاصیت آهن نرم استفاده شود. دیسک های آهنی یا فریتی ممکن است در میدان های مغناطیسی بالا استفاده شوند، اما ممکن است به محفظه و پوشش نیاز داشته باشند.

اما حال که انکودر ها را از نظر ساختمانی بررسی کردیم باید از نظر ویژگی خروجی نیز صحبتی کوتاه داشته باشیم. چرا که این ویژگی مربوط به رزولوشن و کارایی انکودر انتخابی می باشد.

انکودرها را می توان بصورت انکدر افزایشی (Incremental Encoder) و یا انکدر مطلق (Absolute Encoder) طبقه بندی کرد. انکودر افزایشی مبدلی الکترومکانیکی هستند که با روشن شدن قطعات الکتریکی آن از ابتدا شروع به پالس اندازی می نماید. در نتیجه، اگر خاموش گردد یا برق تغذیه آن قطع شوند یا از کار بیفتند، شمارش از ابتدا آغاز می گردد. اما کنترلر این نوع انکودر شیوه ساده ای دارد و حتی یک شمارنده ساده (Counter) نیز امکان کنترلر آن را دارد. لذا به دلیل ساده بود ساختمان انکودر افزایشی می تواند یک راه حل اقتصادی برای خرید باشد.

اما انکودر مطلق برعکس انکودر افزایشی، در هر موقعیت زاویه ای یک کلمه دیجیتالی منحصر به فرد در خروجی تحویل می دهد. به همین دلیل، انکودر مطلق می تواند در هنگام قطعی و وصلی تغذیه، یا حتی هنگام راه اندازی، موقعیت زاویه ای خود را ارائه دهد. بهترین زمان استفاده از انکودر مطلق برای دستگاه هایی است که باید در هر زمان موقعیت خود را در حافظه نگه داشته باشند. به عنوان مثال می توان به ربات های جراحی، ربات های اتومبیل سازی یا محورهایی که از دست دادن موقعیت آن ها خسارت جبران ناپذیری به عمل می



آورد. لذا این انکودر ها به دلیل ساختار پیچیده ای که دارند دارای قیمت بالاتری نسبت به انکودر افزایشی هستند. قیمت انکودر مطلق حدودا ۱/۵ الی ۲ برابر قیمت انکودر افزایشی با مشخصات رزولوشنی یکسان می باشد.



1 Incremental



2 Absolute

در شکل بالا دیسک کد برای یک انکودر افزایشی (سمت چپ) را مشاهده می نمایید. همانطور که از عکس پیدا می باشد این دیسک شامل مناطق متحدالمرکز شفاف و تیره متناوب می باشد که این الگو یا پترن (Pattern) باعث به وجود آمدن پالس های موج مربع به اقتضای تعداد این همبستگی ها می باشد. در سمت راست نیز دیسک انکودر مطلق را مشاهده می نمایید که برای ایجاد یک کلمه دیجیتالی منحصر به فرد در هر موقعیت زاویه ای طراحی شده است.

خب !!! بعد از این تعریف ها سوال اصلی برای انتخاب انکودر یا برجاست. شما نیاز دارید چه چیزی را اندازه گیری کنید؟ موقعیت؟ سرعت؟ جهت؟

ساختمان انکودر افزایشی چگونه می باشد؟

برای پاسخ به این سوال، ما با روتاری انکودر نوری افزایشی (Incremental Optical Rotary Encoder) شروع خواهیم کرد. البته از همین ابتدا توجه داشته باشید، انکودرهای نوری خطی افزایشی (Incremental Optical Linear Encoder) با این انکودر ها عملکرد یکسانی را دارند، همانطور که انکودرهای مغناطیسی افزایشی به صورت خطی و چرخشی کار می کنند. با عبور دیسک کد یک انکودر افزایشی با مناطق متحدالمرکز یکسان شفاف و تیره، از روبروی پرتو نوری، پالس های مربعی ایجاد می گردد که به ازای زاویه این قطاع ها، کانال های منحصر به فردی ایجاد می گردد. در نتیجه، این کانال ها بر روی آشکارسازهای الکترونیکی (Decoder) می تواند پالس را به تعداد شمارش کنترل کند. منظور از کنترل، کنترل موقعیت و یا سرعت می باشد.

اگر سیستم فقط نیاز به چرخش یک جهت یا مانیتور نمودن سرعت باشد، یک دیسک کد با یک کانال (کانال A) کافی است. مشکل تک کانال بودن یک انکودر در اینست که انکودر چه در جهت عقربه های ساعت (CW) بچرخد و چه در خلاف جهت عقربه های ساعت (CCW)، در خروجی فقط رشته قطار صفر و یک را مشاهده می نماییم و امکان دسترسی به جهت چرخش میسر نیست. لذا در کاربرد هایی که تشخیص جهت مورد نیاز باشد از انکودر تک کاناله استفاده نمی شود.

تجهیزات کنترل حرکت ایران

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE

انکودرهای صنعتی با کارایی بالا

انکودر دو کاناله شامل دو کانال A و B می باشد. این دو کانال با همدیگر دارای ۹۰ درجه اختلاف فاز هستند. به این روش که با چرخش انکودر دو سیگنالی که از نظر الکتریکی ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند تولید می شوند. اگر در آشکارسازی ابتدا کانال A و بعد کانال B ظاهر گردد می توان گفت که انکودر در جهت عقربه های ساعت (CW) در حال گردش می باشد. اما اگر ابتدا B و سپس A ظاهر گردد لذا انکودر در جهت خلاف عقربه های ساعت (CCW) در حال گردش می باشد. پس این آرایش دیسک انکودر به ازای کانال A و کانال B و تقدم و تاخر نسبت به همدیگر، جهت چرخش انکودر را به ما نشان می دهد.

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE

انکودرهای صنعتی با کارایی بالا

کانال A



کانال B



کانال Z



کانال A



کانال B



کانال Z



انکودرهای افزایشی همچنین می توانند شامل کانال هایی برای نمایش موقعیت موتور های AC باشند، که به طور معمول این مدل انکودر ها دارای کانال هایی با نام U و V و W می باشند. این مدل انکودر ها اکثرا در آسیا تولید و عرضه می گردند. انکودرها معمولاً شامل یک کانال دیگر به نام Z نیز می باشند که این کانال دارای یک پالس در هر دور می باشد. از کانال Z می توان برای شروع پالس اندازی و مرجه (Reference Pulse) استفاده کرد. همچنین هر بار که سیستم، پالس شاخص یا همان Z را می خواند از آن برای شمارش تعداد دور های زده شده نیز می تواند استفاده کند.

تجهیزات کنترل حرکت ایران

حال این سوال پیش می آید که وجود تمامی کانال های انکودر آیا باعث بالا رفتن قیمت آن نمی شود؟ پاسخ به این سوال مثبت می باشد. البته باید این را دانست که تنها تفاوت آن ها در دیسک انکودر و وجود LED های نوری و آشکار ساز های بقیه کانال ها است که بود و نبود آن ها از دید سازندگان انکودر افزایشی، تفاوت قیمتی بسیار زیادی ندارد. اما این نکته قابل ملاحظه می باشد که وجود بقیه پالس ها باعث بالا رفتن ضریب اطمینان کاری شما می گردد و ممکن می باشد با گسترش کار و محیط فعالیت به بقیه کانال ها نیاز داشته باشید. لذا در حال حاضر سازندگان مطرح دنیا همه کانال های مورد نیاز برای انکودر افزایشی را تولید و عرضه می کنند و مشتریان به اقتضا هر کدام از پالس هایی که نیاز دارند را استفاده می کنند.

ساختمان انکودر مطلق چگونه می باشد؟

ساختمان انکودر بعدی مربوط به انکودر مطلق (Absolute Encoder) است. در انکودر مطلق برای ردیابی مسیر و جهت حرکت نیاز به کانال یا معیار دیگر نیست؛ چرا که هر موقعیت زاویه ای یا خطی در انکودر مطلق با یک کلمه یا رشته صفر و یک دیجیتالی منحصر به فرد اختصاص داده شده است. این بدان معناست که از موقعیت زاویه ای شفت انکودر (Shaft Encoder) با یک عدد منحصر به فرد پوشش داده شده است که این عدد در یک زاویه دیگر مختلف است. با این وجود، آنها برای کنترل عملکرد چند چرخشی یا همان تعداد دور به یک دیسک جداگانه نیاز دارند. این دیسک با استفاده از مکانیزم چرخ دنده با دیسک اصلی وصل می شود و تعداد دور های چرخیده شده انکودر را همانند دیسک اصلی با یک رشته عدد صفر و یک نشان می دهد. هر کدام از این چرخ دنده ها با دیسک شیشه ای خود کوپل هستند که به دیسک اصلی تک دور یا (Single Turn) ST و به دیسک دوم چند دور یا (Multi Turn) MT می گویند. لطفا به عکس زیر توجه نمایید. در عکس زیر ساختمان انکودر مطلق به صورت ST و MT را مشاهده می نمایید.

دیسک انکودر مطلق از نوع مغناطیسی



نحوه انتخاب رزولوشن انکودر چگونه می باشد؟

سوال بعدی که در فرآیند انتخاب انکودر مناسب باید بررسی گردد، مقدار دقت انکودر یا رزولوشن انکودر (Resolution Encoder) می باشد. انتخاب وضوح احتمالاً بزرگترین مشکل در تعیین انکودر است. این فرضیه گسترده وجود دارد که انکودر با وضوح بالاتر به طور خودکار باعث افزایش دقت موقعیت یابی می شود. اما لزوماً اینگونه نیست. دقت در هر سیستم موقعیت یابی محدود به شرایط مکانیکی آن می شود. پیرو صحبت با مشاور ارشد شرکت IDEncoder سازنده انکودرهای صنعتی در چین، این پاسخ برای کارشناسان ما ارسال شد: "من فکر می کنم مشتریان گاهی اوقات مفاهیم را اشتباه می گیرند، زیرا تصور می کنند که وضوح بالاتر به این معنی است که سیستم آنها دقیق تر است، در حقیقت فقط به این معنی است که شما می توانید اطلاعات بیشتری را ببینید."

در بهترین حالت انتخاب رزولوشن بالا برای انکودر، هزینه اضافی برای پروژه شما به عمل می آورد و اگر سیستم شما نتواند اهداف موقعیت یابی را برآورده سازد کاری بیهوده انجام شده است.

برای تعیین وضوح با تعیین کمترین دقت مورد نیاز باید شروع کنیم. انتخاب رزولوشن واقعی مورد نیاز با ۴ برابر کردن این عدد می تواند به مقدار مناسب ما نزدیک تر شود. اما ما باید به دنبال فرمول عملی باشیم که این عدد را محاسبه و به ما اعلام کند. برای انکودرهای افزایشی چرخشی (روتاری انکودر افزایشی) میزان رزولوشن براساس مبنای PPR (Pulse Per Revolution) محاسبه می شود که مستقیماً به تعداد خطوط روی الگو دیسک نوری اشاره دارد. در انکودر خطی افزایشی این عدد براساس طول مترآژ سنجیده می شود.

تجهیزات کنترل حرکت ایران

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE

انکودرهای صنعتی با کارایی بالا

تفاوت زیادی بین رزولوشن مورد نیاز پروژه و وضوح در سیستم واقعی وجود دارد. اما فرمول محاسبه رزولوشن روتاری انکودر افزایشی دوار به صورت زیر می باشد:

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE

انکودرهای صنعتی با کارایی بالا

$$\text{max line count} = \frac{(\text{operating frequency} \times 60)}{\text{RPM}}$$

$$\text{حداکثر شمارش} = \frac{60 \times \text{فرکانس کاری موتور}}{\text{دور بر دقیقه موتور}}$$

در این فرمول مخرج سرعت زاویه ای موتور مینا بر حسب دور بر دقیقه (RPM) و صورت پهنای باند الکترونیکی یا فرکانس کار بر حسب هرتز (Hz) ضربدر عدد ۶۰ می باشد که از این طریق می توانید تعداد حداکثر شمارش موجود در پروژه خود را به دست آورید. همچنین شما می توانید از این طریق در نهایت رزولوشن انکودر افزایشی چرخشی را برای انکودر محاسبه نمایید.

فرکانس کاری این فرمول توسط سازنده انکودر مشخص می شود و معمولاً عدد آن در حالت عادی به صورت کیلوهرتز یا مگاهرتز است. اگر برای یک سیستم با سرعت بالا به طبع نیاز به پالس و رزولوشن بالا می باشد واضح می باشد که این فرکانس کاری نیز باید بالا انتخاب گردد.

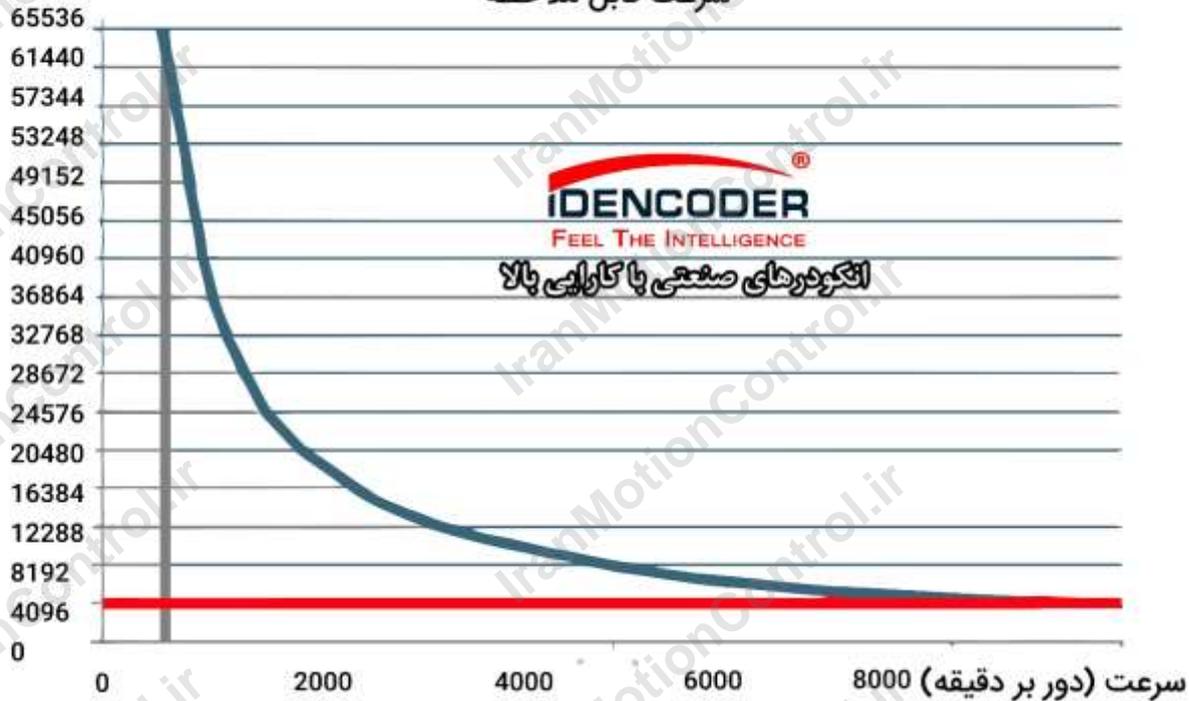
برای ساده سازی روند انتخاب انکودر مناسب، تولیدکنندگان و سازندگان انکودر، نمودارهای تفکیک داده را به عنوان تابعی از سرعت به همراه محصولات خود ارائه می دهند. به طور مثال نمودار داده خروجی زیر مربوط به یک انکودری است که ایجاد تعادل بین سرعت و عملکرد را ممکن ساخته است. براساس نمودار زیر در هر دور به عنوان تابعی از سرعت برای یک انکودر خاص ایجاد توازن بین شرایط عملیاتی و عملکرد را فراهم می کند.



تجهيزات کنترل حرکت ایران

بیشترین رنج چرخش

سرعت قابل ملاحظه



افزایش تعداد پالس تنها راه بالا بردن دقت یا وضوح کار نیست. اولین تابع رزولوشن انکودر وابسته به ساختمان انکودر است که آن براساس نحوه آشکار سازی و قرائت انکودر نوری سنجیده و با (Pulse Per Revolution) PPR مشخص می شود. دومین تابع بستگی به این دارد که سیستم دیکود کننده (که همان درایو، PLC، AVR و ... است) برای خواندن کد های دیجیتالی از چه بخش هایی استفاده نماید. در انتهای این بخش می بینید که می توان از یک انکودر معمولی با رزولوشن پایین، دقت بسیار بالایی را استخراج نمایید. البته این نکته نیز قابل ذکر می باشد که کنترلر پشت انکودر باید قابلیت برنامه پذیری (همانند نرم افزار Step7 در PLC های زیمنس یا نرم افزار CX-Programmer در PLC های Omron یا ARV های شرکت Atmel و ...) را داشته باشد.

چگونه از انکودر موجود دقت بالا تر استخراج نماییم؟

سه الگو جهت خواندن پالس انکودر و قابلیت بهره برداری روی رزولوشن های بالاتر وجود دارد که به طور معمول استفاده می شود.

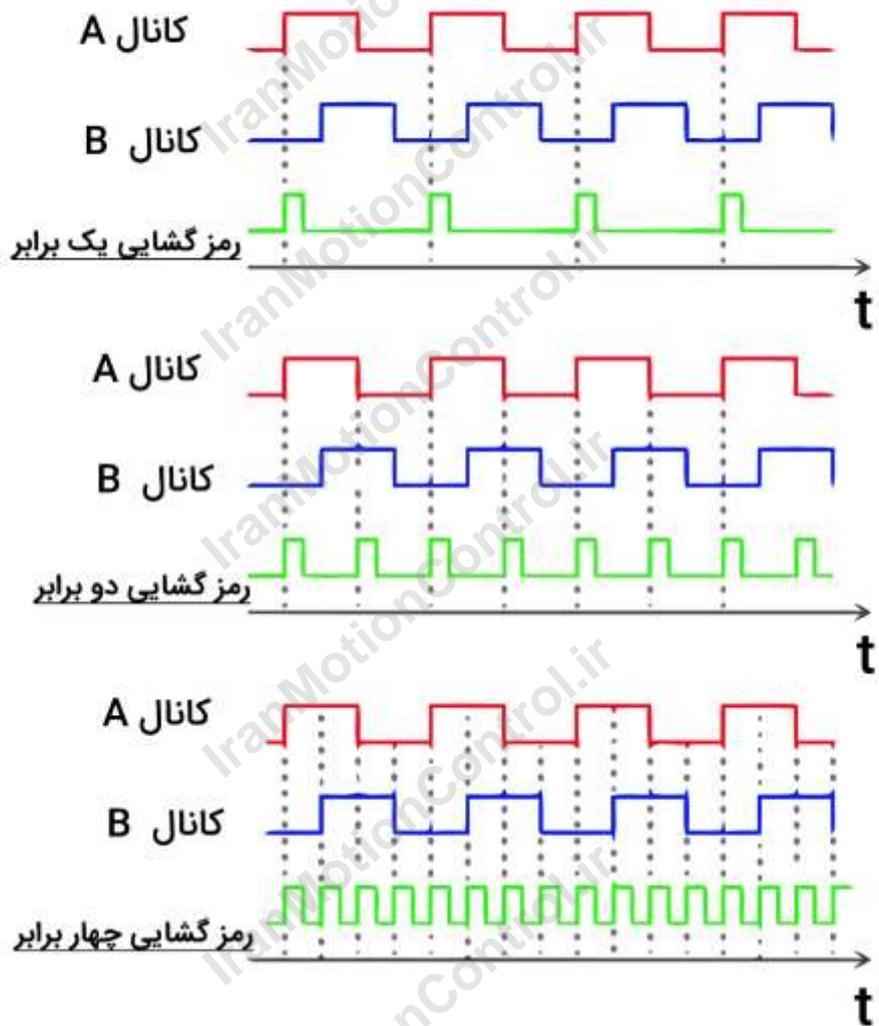
- الگو اول تریگ نمودن یا فعال کردن مثبت کنترلر با لبه بالارونده پالس A (رمز گشایی یک برابری) که در این حالت رزولوشن با PPR یکی می باشد. (شکل زیر بخش اول)
 - الگو دوم تریگ نمودن از لبه های بالا و پایین رونده A (رمز گشایی دو برابری) که در این حالت رزولوشن دو برابر PPR گردیده است. (شکل زیر بخش دوم)
 - الگو سوم، تریگ نمودن براساس لبه های بالا و پایین رونده کانال A و B (رمزگشایی ۴ برابری) که در این حالت رزولوشن چهار برابر PPR گردیده است. (شکل زیر بخش سوم)
- لذا بسته با کاربرد انکودر در صنعت و محیط این سه الگو می تواند با حداقل هزینه به رزولوشن انکودر مورد نیاز رسید.

تجهیزات کنترل حرکت ایران

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE

انکودرهای صنعتی با کارایی بالا

IDENCODER
FEEL THE INTELLIGENCE
انکودرهای صنعتی با کارایی بالا



روش توضیح داد شده براساس الگو های افزایشی پالس، روش قابل اطمینانی می باشد. از طریق این روش ها می توانید به طور حدودی به رزولوشن بالاتری دست بیابید. البته این نکته رو فراموش نکنید، مثلا اگر انکودر ۱۰۲۴ پالس دارید و می خواهید رزولوشن آن را با این الگو ها تغییر دهید، پالس هایی که می توانید اسخهراج نمایید، ۲۰۴۸ پالس و ۴۰۹۶ پالس می باشد و شما نمی توانید هر پالس بیشتری را داشته باشید. اکثر تولید کنندگان تجهیزات اصلی یا همان OEM ها (Original Equipment Manufacturers) به این قضیه واقف می باشند که به دست آوردن رزولوشن بالا از این طریق ممکن است در معرض خطا باشد. چرا که شاید استفاده از شمارش پالس درون یابی با شمارش لبه های بالا و پایین می تواند به طور کلی کارساز باشد اما این روش تابع کیفیت لبه های موج مربعی کانال های A و B می باشد و اگر در این فرآیند این لبه ها ظاهر نشود ممکن است کل پروسه دچار مشکل شود. به طور مثال اگر کابل طولانی تر شود (به طور مثال ۵۰ فوت یا بیشتر) ممکن است در انتهای کابل که خروجی انکودر وارد درایو می شود، سطح ولتاژ پالس انکودر کاهش یافته و از این طریق دیگر نتوان استفاده کرد. البته تکنیک و روش هایی وجود دارد که باعث برطرف شدن نویز یا کاهش سطح ولتاژ خروجی انکودر در انتهای خط انتقال داده شود. این روش ها باعث می شوند کنترلر به سیگنال بدون نویز و سالم را دریافت نماید که در ادامه به این منطقی ها خواهیم پرداخت.

الزامات الکتریکی سیستم کنترلی جهت بهره برداری از پروژه شما چیست؟

اگر در سیستم انکودری شما کنترلی انجام نشده باشد، به مصداق آنست که انگار هیچ نظارتی روی آن انجام نشده و آن سیستم در واقع بدون فایده می باشد. انکودر های افزایشی و انکودر های مطلق ذاتا دارای خروجی های متفاوتی می باشند. لذا طرح سیم بندی و انتقال داده آنها نیز متفاوت است. خروجی های انکودر افزایشی نیاز دارند که هر کانال مستقیماً به دستگاه کنترلر یا شمارنده مربوط به خود متصل شود.

الف. خروجی انکودر افزایشی (Incremental Encoder) چیست؟ تغذیه و پروتکل انکودر های افزایشی به چند دسته تقسیم بندی می شوند؟ سیم بندی انکودر افزایشی چگونه است؟

دو رویکرد اصلی برای سیم بندی انکودر افزایشی وجود دارد:

۱. **سیم بندی انکودر تکی (Single-Ended Wiring):**

به ازای هر کانال یک سیم به همراه تغذیه ولتاژ مثبت Vcc و زمین به کنترلر موجود متصل می شود.

مزایای روش سیم بندی تکی انکودر:

از محاسن این روش به رشته سیم های کمتر، هزینه کمتر، پیچیدگی کمتر، عیب یابی راحت تر می توان اشاره نمود.

معایب روش سیم بندی تکی انکودر:

در برابر نویز و افت ولتاژ آسیب پذیرتر هستند.

بهترین محل برای کاربرد این روش برای محیط هایی که دارای کابل بسیار کوتاه (فاصله بین انکودر و کنترلر بسیار کم) می باشد، است.

۲. **سیم بندی دیفرانسیلی (Differential Wiring):**

دو رشته سیم به هم تابیده شده از هر کانال به همراه تغذیه ولتاژ مثبت Vcc و زمین به کنترلر موجود متصل می شود.

مزایای روش سیم بندی دیفرانسیلی انکودر:

عدم تداخل نویز در فواصل زیاد، افزایشی اثر بخشی سیگنال انکودر به روی کنترلر

معایب روش سیم بندی دیفرانسیلی انکودر:

رشته سیم های بیشتر، افزایشی هزینه، پیچیدگی در سیم بندی، دسترسی سخت تر در صورت بروز مشکل

بهترین محل برای کاربرد این روش برای محیط هایی که دارای کابل های طویل و فاصله زیاد بین انکودر و کنترلر می باشد.

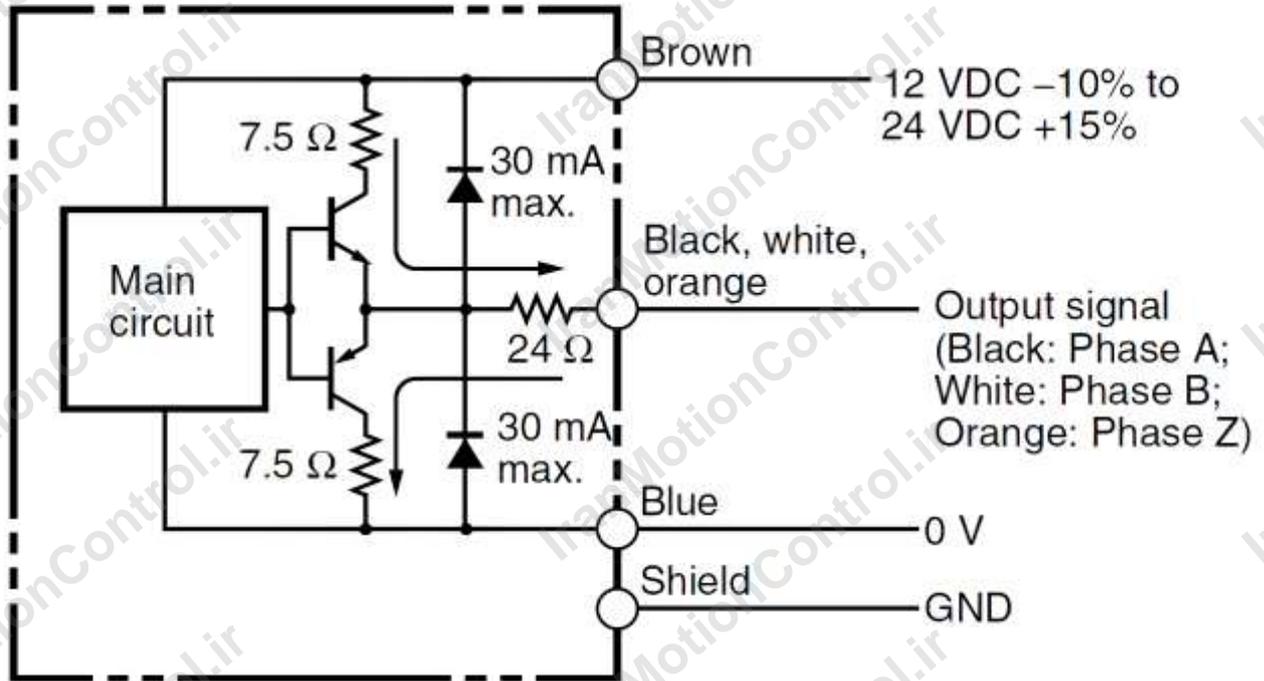
انکودر افزایشی برای انتقال سیگنال به دستگاه کنترلر به درایورهای خروجی در داخل انکودر یا روی برد خود نیاز دارند. انتخاب درایور خروجی باید با توجه به نیاز دستگاه گیرنده انجام شود. باید قبل از انتخاب بهترین انکودر به این سوال پاسخ دهید که سطح ولتاژ کنترل کننده یا نوع درایو شما چیست؟ برای جلوگیری از آسیب دیدن به انکودر لازم می باشد که با سایر دستگاههای مدار سازگار باشند. ولتاژ باید به اندازه کافی بالا باشد تا درایو آن را در محدوده ولتاژ ورودی خود تشخیص داده و به اندازه ای کافی قوی باشد در مسیر انتقال افت نداشته باشد. درایورهای خروجی انکودر ها را می توان به سه کلاس تقسیم کرد:

۱. **درایور خروجی Open-Collector**

درایورهای خروجی Open-Collector به صرفه ترین نوع خروجی در انکودر ها هستند. خروجی آن ها به صورت sinking می باشد، به این معنی که آنها زمین را برای مسیر مدار سیم بندی فراهم می کنند. آنها باید با کنترل کننده ها و درایوهای منبع، که جریان را برای آنها تأمین می کنند، مسیر خود را ببندند. وقتی مدار خاموش است، سطح سیگنال به صورت شناور تابع ولتاژ ورودی باقی می ماند. اما وقتی روشن می گردد، سیگنال کم می شود. درایورهای خروجی Open-Collector برای تأمین ولتاژ خروجی صحیح انکودر به کنترلر، به یک مقاومت کششی با اندازه مناسب نیاز دارند.

از مزایای استفاده از این مدار اینست که درایورهای خروجی Open-Collector ساده هستند و دامنه ولتاژ مورد آن ها وابسته به ورودی می باشد. اما عیب آن ها اینست که در برابر نویز آسیب پذیر هستند و فقط می توانند جریان های کم را کنترل کنند، که فاصله آنها را محدود می کند. بهترین شرایط استفاده از مدار درایور خروجی Open-Collector برای مسیر های با فاصله کم می باشد. البته باید در مورد این مدار درایور توضیح داد که منطق HTL جایگزین این مدل درایور خروجی شده است. در شکل زیر مدار خروجی این درایور را مشاهده می نمایید.

Complementary Output

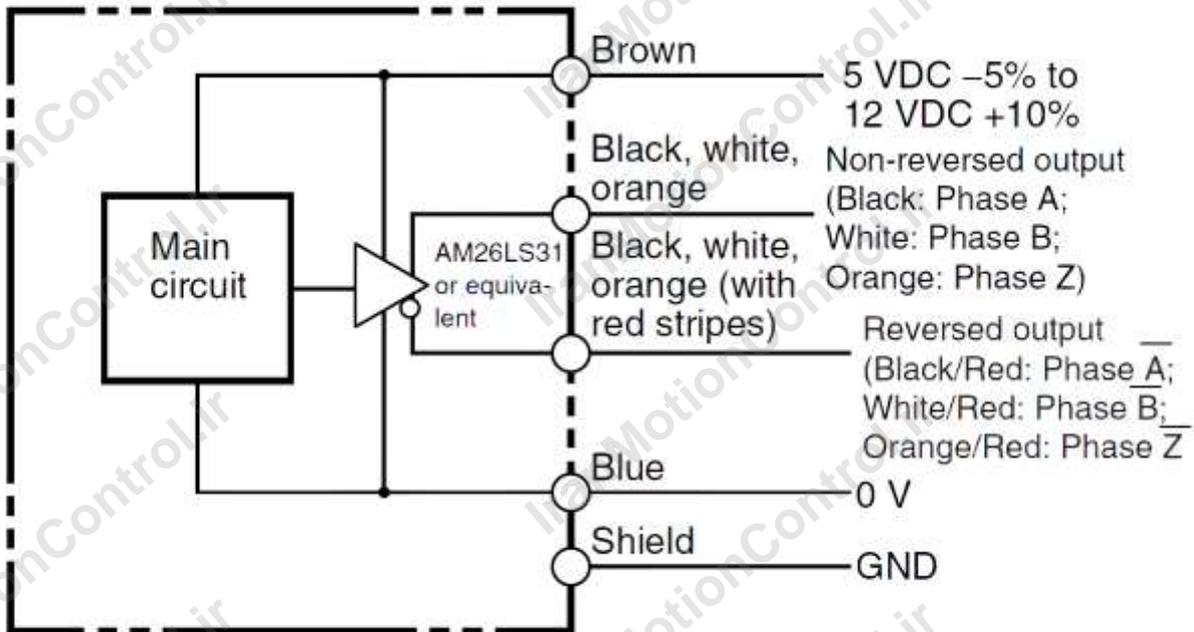


۲. درایور خروجی Line Drivers

برای مسیرهای طولانی تر و با نویز بیشتر، درایور Line Drivers راه حل بهتری نسبت به درایورهای دیگر می باشد. درایور Line Drivers ولتاژ مدار را تأمین می کند. این درایورها گزینه مناسبی برای کنترل کننده های sinking هستند. به طور کلی، آنها خروجی صفر الی ۵ ولت را فراهم می کنند. بنابراین کنترل کننده باید در آن محدوده کار کند. البته ناگفته نماند که در سال های اخیر دامنه سطح ولتاژ این درایورها افزایش یافته و به بازه ۴/۵ الی ۳۰ ولت رسیده است.

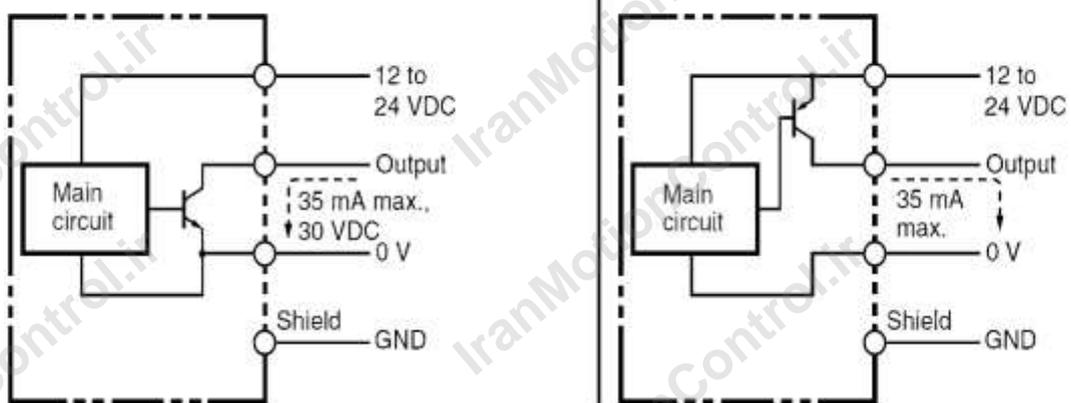
یکی از بزرگ ترین مزایای درایور Line Drivers، قابلیت حذف نویز است. در صورت وجود نویز در محیط و اتصال با سیم بندی دیفرانسیلی (یا همان کانال های معکوس در انکودر)، کنترلر جمع هر دو سیگنال را دریافت نموده و در نهایت فقط نویز در آن باقی می ماند که آن نیز قابل حذف می باشد. البته باید در مورد این مدار درایور توضیح داد که منطق TTL جایگزین این مدل درایور خروجی شده است. در شکل زیر مدار و نحوه اتصال آن مشخص می باشد.

Differential Line Driver

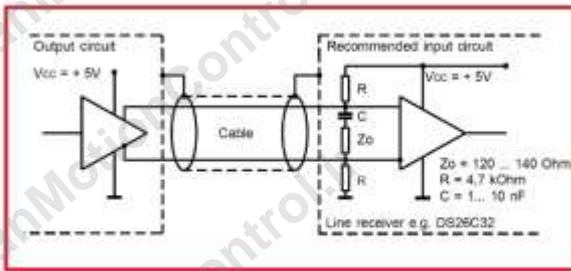


۳. درایور خروجی Push-Pull

سومین نوع درایور خروجی، درایور خروجی Push-Pull است. این نوع درایور می تواند به عنوان یک sourcing و sinking عمل کند. درایور Push-pull دارای انعطاف پذیری و قابلیت فاصله انتقال بالا را دارد. اما این درایور ها معمولا گران هستند. البته باید در مورد این مدار درایور توضیح داد که منطق HTL جایگزین این مدل درایور خروجی شده است. در شکل زیر مدار خروجی این درایور را مشاهده می نمایید.

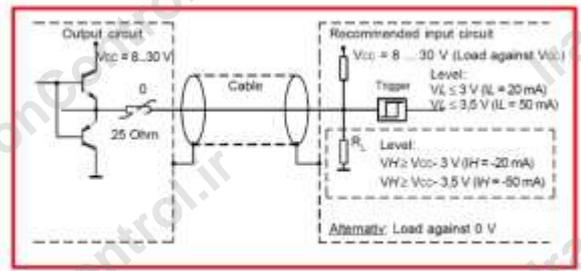
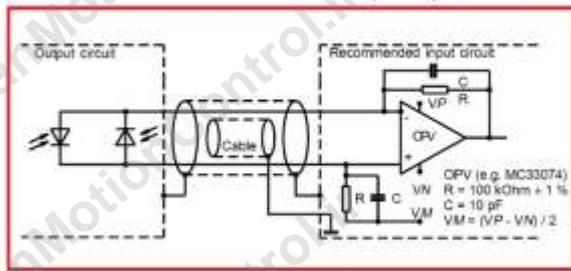


اگر بخواهیم تمامی پروتکل های انکودر افزایشی را در یک نگاه ببینیم، به تصویر زیر توجه نمایید:



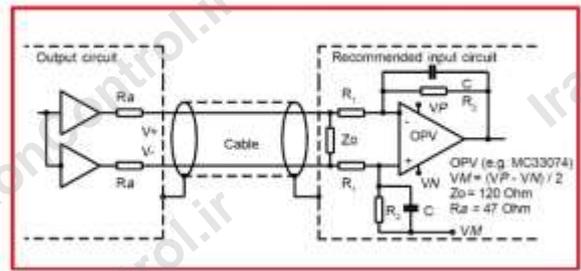
Line driver RS 422 A (TTL)

Current interface (TTL)



Push pull output (HTL)

Voltage interface (HTL)



ب. خروجی انکودر مطلق (Absolute Encoder) چیست؟ تغذیه و پروتکل انکودر های مطلق به چند دسته تقسیم بندی می شوند؟ سیم بندی انکودر مطلق چگونه است؟

از آنجا که انکودر مطلق کلمات دیجیتالی شامل صفر و یک یا سیگنال های آنالوگ (منظور سیگنال های مربوط به ورودی کارژول PLC همانند 4-20mA یا 0-10 V) را منتقل می کنند، انواع مختلفی از پروتکل های ارتباطی در انکودر مطلق را ارائه می دهد. آنها عبارتند از:

- پروتکل Parallel در انکودر مطلق:

در این پروتکل برای هر بیت دیتا، یک جفت سیم نیاز می باشد. در سیم بندی موازی (Parallel) به ازای حرکت شفت انکودر، هر بیت به طور همزمان ارسال دیتا منحصر به فرد خود را دارند. این نوع پروتکل اولین نسل خروجی انکودر های مطلق (First Protocol Absolute Encoder) بوده و به دلیل پیچیدگی و صرف هزینه بالا نسوخ گردیده است. جایگزین این پروتکل انکودر مطلق، پروتکل Synchronous (Serial Interface) SSI می باشد.

- رابط سریال انکودر مطلق (پروتکل SSI در انکودر مطلق):

این روش به عنوان جایگزین و راه حل های سخت افزاری / نرم افزاری رابط موازی (Parallel) می باشد. در این پروتکل همه بیت ها از طریق یک رابط، و به ازای فراخوانی یک باره ارسال می شود. در این پروتکل، هزینه سیم بندی کاهش چشم گیری دارد و درصد خطا به طور محسوسی نسبت با روش قبل کمتر می گردد.

- پروتکل های تحت شبکه باس (Bus Connection):

فیلد باس هایی همچون CAN, Profibus, Modbus و غیره همگی زیر مجموعه پروتکل تحت باس هستند. هر کدام از این شبکه ها دارای قابلیت های و محاسن و معایبی می باشند. این پروتکل ها قادر می سازند که انکودر یا حتی انکودر های یک خط تولید از طریق فیلد باس منحصر به فرد خود به یک master متصل گردند و با هم در شبکه به صورت سینکرونایز عمل و رصد شوند.

- اترنت صنعتی (Industrial Ethernet):

این شبکه صنعتی از اتصال همزمان تعداد بسیار زیادی انکودر با سرعت بسیار بالا پشتیبانی می کند. پروتکل هایی که زیر مجموعه این شبکه صنعتی می باشند شامل Ethernet / IP, EtherCAT, ProfiNET, DeviceNet, CANopen, IO LINK و غیره می باشند. از آن جا که پروتکل های انکودر های مطلق بسیار گسترده و متنوع می باشد، در بخش مقالات وبسایت ما می توانید در مورد هر کدام به تکفیک مطالعه داشته باشید.

اما بعد از تعریف های الکتریکی و سیگنالینگ انکودر ها سوال بعدی و آخر اینست: شرایط مکانیکی انکودر و محل مورد نصب شما چیست؟

انکودر قبل از ارائه فیدبک، باید به صورت مکانیکی با شرایطی مناسب روی سیستم نصب شود. فاکتورهای کلیدی و اساسی در این زمینه عبارتند از: فضای نصب انکودر، شکل مورد نیاز انکودر، عملکرد مکانیکی شفت یا هالو شفت و بار موجود روی دو سر موتور که با انکودر کوپل خواهد داشت.

انکودرها را می توان به دو صورت شفت انکودر (Solid Shaft Encoder) یا شفت توخالی یا بدون شفت یا هالو شفت (Hallow Shaft) طبقه بندی کرد. شفت انکودر باید به شفت موتور یا بار از طریق کوپلینگ مناسب متصل شود. در این حالت باید کوپلینگ هایی را انتخاب نمود که جبران گشتاور مقابل انکودر را خنثی نموده و باعث کاهش فرسودگی و در راستای افزایش تحمل یاتاقان های انکودر باشد. نگرانی که در این زمینه وجود دارد، به خطر انداختن سنکرون شدن انکودر با موتور می باشد که در فیدبک موقعیت تاثیر مستقیم می گذارد. اما در یک انکودر شفت توخالی یا بدون شفت یا هالو شفت، شفت انکودر به شفت موتور متصل نیست. شفت موتور براساس سایز هالو انکودر، به داخل آن وارد شده و از طریق کوپلینگ های تعبیه شده روی انکودر به آن متصل و فیکس می شود. بسته به کاربرد انکودر های هالو شفت گزینه بهتری برای انتخاب انکودر می باشد.

یکی دیگر از نکات مهم مکانیک، تعیین و انتخاب یاتاقان انکودر است. بلبرینگ ها رایج ترین نقاط خرابی انکودر هستند و می توانند محدودیت های زیادی را بر حسب محل نصب ایجاد کنند. اطمینان از اینکه یاتاقان انکودر نه تنها از پس اندازه بلکه نوع بار برآید بسیار ضروری است. به عنوان مثال بار شعاعی (Axial Load) نسبت به بار محوری (Radial Load) نیروهای بسیار متفاوتی را بر دو سر انکودر اعمال می کنند. هر بار اعمال شده، عملکرد و طول عمر انکودر را تحت تأثیر قرار می دهد. اکثرا این نیرو ها بر روی کاتالوگ انکودر ها نوشته شده است. البته این مورد هم قابل تامل می باشد که انکودر ها از این نظر به دو دسته انکودر های صنعتی (Industrial Encoder) و انکودر های سخت کار (Heavy Duty Encoder) دسته بندی می شوند. دسته اول برای کاربردهای معمولی و دسته دوم برای کاربردهایی که دارای شرایط نصب ویژه همچون فولاد، پتروشیمی، سیمان و... می باشند. سازندگان انکودر روش های نصب مختلفی را به همراه انکودر های خود ارائه می دهند. از جمله این ادوات فلنج انکودر در شکل و ابعاد مختلف، به صورت سینکرو یا مربعی می باشد. لذا در نهایت ادوات مختلفی که جهت بهره برداری سریعتر با انکودر ارائه می شود را باید در نظر داشت.

کلام آخر

انتخاب انکودر مناسب در پروژه ها باعث سهل نمودن روند پروژه شما می گردد. اگر بخواهیم در یک پاراگراف موارد بالا را بررسی نماییم باید به این چند سوال در ابتدای انتخاب انکودر پاسخ دهید:

انکودر از نوع افزایشی (Incremental Encoder) باشد یا مطلق (Absolute Encoder) ؟

انکودر از نوع چرخشی (Rotary Encoder) باشد یا خطی (Linear Encoder) ؟

نوع حسگر انکودر از نوع مغناطیسی باشد؟ انکودر نوری باشد؟ انکودر القایی باشد و غیره؟

رزولوشن یا دقت انکودر چقدر باشد؟

شرایط محیطی و الزامات مربوط به نصب چگونه باشد؟

مقدار هزینه و بودجه اختصاص داده شده چقدر می باشد؟

استراتژی برای اتصال انکودر به کنترلر چیست و باید چه نوع درایوری برای انکودر انتخاب گردد؟

در نهایت پیشنهاد می گردد انتخاب انکودر مناسب برای پروژه های خود را به دست کارشناسان خبره و با تجربه ای بسپارید که در این روند بهترین راه حل را در مسیر شما قرار می دهند.

گردآورنده و نویسنده :

مهندس پدram