

## فصل ۲

### نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی



امروزه با رشد روز افزون کارخانجات و مراکز صنعتی، استفاده از سیستم برق سه فاز، ماشین‌های الکتریکی در به حرکت در آوردن چرخ صنعت جایگاه ویژه‌ای یافته است. به همین دلیل راه‌اندازی موتورهای الکتریکی و کنترل دور آنها برای بهینه‌سازی مصرف انرژی الکتریکی و کاهش استهلاک مکانیکی موتورها مورد توجه قرار گرفته است. لذا با توجه به اهمیت این موضوع، برای راه‌اندازی موتورها از تجهیزاتی نظیر اینورتر و راه‌انداز نرم (Soft Starter) استفاده می‌شود.

## شایستگی انتخاب سافت استار و اینورتر مناسب جهت

### راه اندازی نرم موتورهای الکتریکی

هدف‌های این شایستگی عبارت‌اند از:

- بررسی معایب راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کنتاکتورالکترو مکانیکی؛
- بررسی رلهٔ حالت جامد (SSR) و استفاده از آن جهت راه‌اندازی موتورهای الکتریکی؛
- بررسی راه‌انداز نرم (Soft Starter) از نظر مدل‌ها و سخت‌افزار؛
- بررسی ترمینال‌ها و کاربرد هر کدام جهت راه‌اندازی موتور؛
- تنظیمات راه‌انداز نرم؛
- بررسی روش‌های کنترل سرعت موتورهای آسنکرون و مزایا و معایب این نوع موتورها؛
- بررسی اینورتر از نظر سخت‌افزار و مدل‌ها؛
- بررسی ترمینال‌های اینورتر و کاربرد هر کدام در کنترل موتور؛
- بررسی پارامترها و تنظیمات اینورتر؛
- بررسی روش‌های مختلف تغییر سرعت توسط اینورتر در موتورهای القایی.

## استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی، هنرجویان می‌توانند نحوهٔ انتخاب سافت استار مناسب را برای راه‌اندازی نرم موتورها یا انتخاب اینورتر مناسب را جهت کنترل سرعت موتورهای القایی و تنظیم پارامترها، با توجه به شرایط فرایند، انجام دهند. امروزه خیلی از دستگاه‌های صنعتی و خانگی و وسایل نقلیه الکتریکی یا ترکیبی (هیبریدی) انرژی الکتریکی را به انرژی حرکتی تبدیل می‌کند. چیزی که ما کمتر به آن توجه می‌کنیم چگونگی به حرکت در آوردن موتور آنها از صفر تا دور نامی است. هدف ما در این پودمان راه‌اندازی موتورهای اسنکرون به صورت الکترونیکی و امکان کنترل سرعت است. با توجه به اینکه مطالب این کتاب برای صنعت بیان شده ما هم فقط انواع روش‌هایی که برای به حرکت در آوردن و یا راه‌اندازی موتورهای صنعتی استفاده می‌شود را بیان می‌کنیم.

اکثر موتورهای الکتریکی در صنعت از نوع موتورهای القایی اسنکرون سه فاز می‌باشد.

آبایمی‌دانید



## فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

اساتید و هنر آموزان با ایجاد بازدید از کارخانجات صنعتی و آشنا شدن هنرجویان خواهند دید که حدود ۹۰ درصد موتورهای استفاده شده از نوع اسنکرون است.

### پرسش



آیا از مراکز صنعتی بازدید نموده‌اید؟  
 آیا تا به حال در این فکر بوده‌اید که در این مراکز از چه نوع موتوری استفاده می‌شود؟  
 همچنین ابتدا هنرآموزان باید با ایجاد سؤال از هنرجویان دلیل استفاده زیاد از موتورهای القایی چیست؟ بررسی مزایا و معایب انواع موتورهای الکتریکی در کلاس بحث شود و دلیل انتخاب موتورهای القایی بیان شود.

### جدول مقایسه انواع موتور الکتریکی

نوع موتور	مزایا	معایب
اسنکرون	اتصال آسان به منبع سه فاز خود راه‌انداز هستند عدم نیاز به تعمیر و نگهداری ارزان قیمت هستند سادگی ساختمان و استحکام هزینه نگهداری پایین	سرعت ثابت نیست کنترل دور آن به نسبت به موتورهای دیگر سخت‌تر است ضریب قدرت نسبتاً پایین و ثابت جریان راه‌اندازی بالا (۳-۷ برابر جریان نامی). گشتاور استارت پایین در بار کم ضریب قدرت کم دارد حساس به ولتاژ ورودی (کاهش ولتاژ افزایش جریان)
سنکرون	دارای ضریب قدرت مناسب و قابل تنظیم بازده بسیار بالا به نوسان ولتاژ حساس نیست استفاده در ولتاژ بالا می‌توان به عنوان مولد استفاده کرد.	برای راه‌اندازی به راه‌انداز خارجی دارد نیاز به منبع DC برای روتور و برق سه فاز تحمل بار ناگهانی و بالا رو ندارد. در هنگام راه‌اندازی باید محور توسط یک نیرو یا انرژی خارجی به حرکت درآید و علاوه بر آن روتور آن هنگام کار نیاز به بوق DC دارد موتور در برابر همه بارهای ناگهانی ممکن است متوقف شود.
DC موتور	دقت قابل قبول در کنترل سرعت گشتاور یکنواخت کنترل و راه‌اندازی آسان تأمین مناسب گشتاور در سرعت‌های پایین امکان کنترل مستقل دور از گشتاور تنظیم سرعت با تغییر ولتاژ	استهلاک بالا و هزینه تعمیر و نگهداری بالا قیمت نسبتاً بالا نیاز به جریان DC برای راه‌اندازی پاسخ سرعت نه چندان مناسب راندمان نسبتاً پایین تغییر سرعت نسبت به بار

<p>توان خروجی محدود دوران با پله ثابت قادر به تغذیه بار با اینرسی زیاد نیست. پرش و نوسان زیاد راندمان کم بازدهی پایین: موتور بدون بار، جریان قابل توجهی را می‌کشد. گشتاور با سرعت نسب عکس دارد. نیاز به درایور برای حرکت نرم عدم فیدبک عدم گشتاور بالا در نسبت اینرسی داغ شدن موتور صدای موتور در سرعت‌های بالا توان خروجی پایین درایورهای نسبتاً گران</p>	<p>کنترل دیجیتالی ساده توقف ناگهانی بدون آسیب بدون جاروبک بدون نیاز به فیدبک ساختمان مکانیکی ساده راه‌اندازی ساده و ارزان</p>	<p>استپ موتورها</p>
<p>نیاز به انکودر حداکثر گشتاور محدود به ۱٪ پهنای باند است. موتور تحت بار دائم صدمه می‌بیند. انتخاب سخت موتور، انکودر و سرو درایور مناسب. در گشتاور ماکزیمم، جریان تغذیه ۱۰ برابر جریان میانگین می‌شود. حداکثر توان موتور در حداکثر سرعت رخ می‌دهد. بنابراین استفاده از گیربکس ضروری به نظر می‌رسد. خنک‌کاری موتور ضعیف می‌باشد قیمت بالا راه‌اندازی و کنترل نسبتاً پیچیده</p>	<p>توان بالا نسبت به حجم قدرت لحظه‌ای بالا راندمان بالا گشتاور بالا. جریان مصرفی وابسته به بار صدای آرام موتور حتی در سرعت‌های بالا ارتعاش و رزونانس پایین</p>	<p>سرو و موتورها</p>

با توجه به انواع موتورهای الکتریکی موتورهای القایی سه فاز نسبت به دیگر موتورها دارای ساختمان ساده‌تر و نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارد. با بررسی انتخاب موتور القایی چگونگی راه‌اندازی آن را شروع می‌کنیم. با توجه به فصل قبل راه‌اندازی با کلیدها و کنتاکتور اشاره می‌شود و سپس فعالیت کلاسی مورد بحث قرا می‌گیرد.

معایب استفاده از کنتاکتور را برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی بررسی کنید.  
قطع و وصل با صدا  
خرابی بر اثر گرد و غبار  
خوردگی کنتاکت‌ها  
ایجاد قوس الکتریکی در هنگام قطع و وصل

فعالیت



سرعت کم برای قطع و وصل  
ایجاد لرزش و ضربه هنگام قطع و وصل  
ایجاد جریان القایی در قسمت سیم‌پیچ بوبین برای مدارات کنترل

انجام فعالیت با کمک هنرآموز با استفاده از روش تفحص گروهی:  
هدف از این فعالیت ایجاد یک فضای تبادل نظر مابین هنرجویان برای ارائه راه  
کارهایی بابت حل مشکل کنتاکتور  
کشف واکنش:

در این مرحله هنرآموز تلاش می‌کند هنرجویان خود را برای واکنش در برابر رفع  
عیب‌های کنتاکتور پیشنهاداتی بیان شود که بررسی آنها برای دانش‌آموزان جالب  
خواهد بود.

مثال چگونگی اندازه‌گیری سرعت قطع و وصل یک کنتاکتور در شرایط ایدئال  
(در کارگاه تیغه بسته را با بوبین کنتاکتور سری کرده و با دستگاه‌های اندازه‌گیری  
فرکانس یا تعداد قطع و وصل آن را اندازه‌گیری می‌کنیم)  
نمایش فیلم یا تست کنتاکتور با یک جریان بالا در یک محیط تاریک برای دیدن  
قوس الکتریکی کنتاکت‌ها  
اتصال یک کنتاکتور بزرگ به بدنه تابلو آموزشی و خاموش روشن کردن آن و تست  
ایجاد لرزش و ایجاد صدا در هنگام قطع و وصل

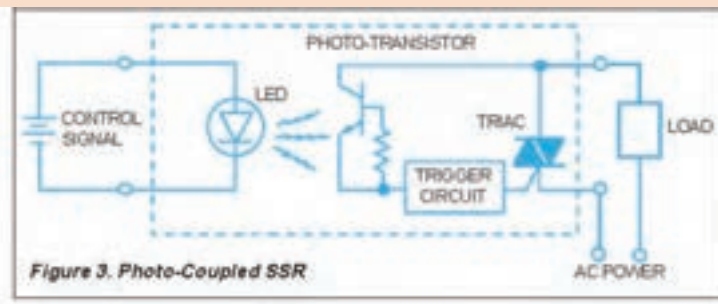
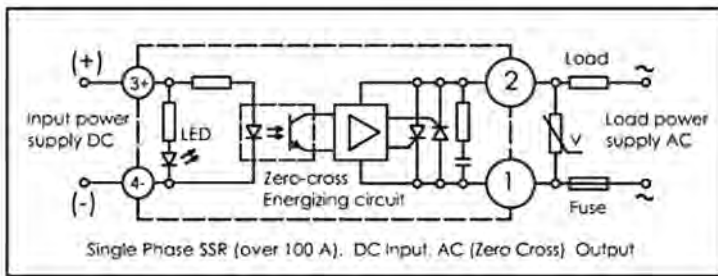
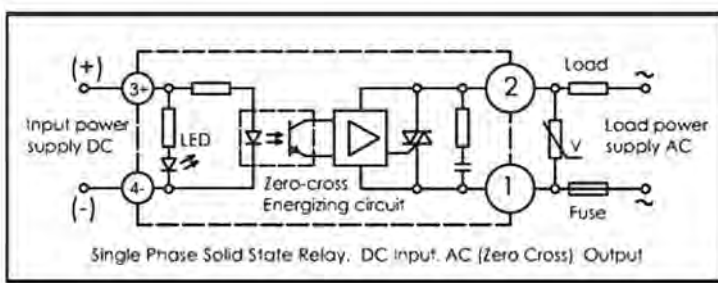
## روش پیشنهادی تدریس برای آموزش و شناسایی SSR

برای درک بهتر دانش‌آموزان یادآوری مدارات الکترونیکی و ترانزیستوری که در  
سال‌های قبل آشنا شده‌اند و هیچ کدام یک از عیب‌های کنتاکتور را نداشته و  
سپس اشاره به قطعات الکترونیکی که در برق متناوب استفاده می‌شود. مثل  
ترایاک و تریستورها

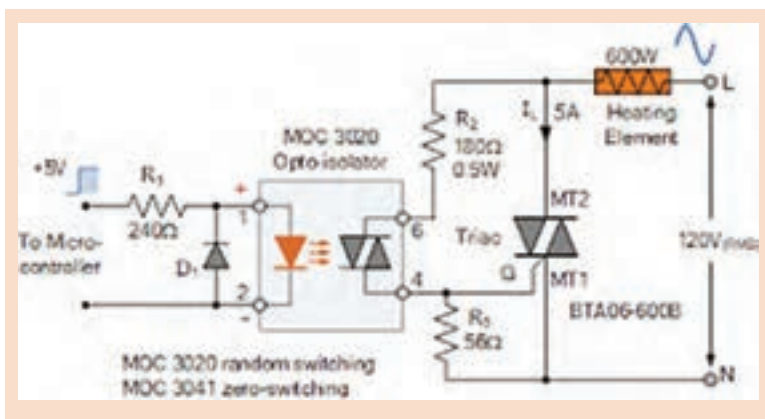
### دانستنی‌های هنرآموز

SSR مجموعه‌ای از قطعات الکترونیکی هستند شامل یک ترایاک یا دو عدد  
تریستور در نوع تک فاز و در مدل‌های سه فاز سه عدد ترایاک و یا ۶ عدد  
تریستور که توسط قطعه‌ای به نام اپتوترایاک (اپتو کوپلر) ایزوله نوری شده که  
قسمت فرمان و قسمت قدرت در این قطعه هیچ ارتباط الکتریکی ندارد  
شکل‌های زیر دیاگرام داخلی یک SSR تک فاز را نشان می‌دهد.  
می‌توان در قالب یک پروژه و یک نقشه ساده دانش‌آموزان یک SSR تک فاز

ساخته و سپس با ۳ عدد آن یک SSR سه فاز ساخته و در کارگاه تست کنند.



می توان برای ساخت کار عملی با استفاده از چند قطعه یک SSR تک فاز و سه فاز ساخت.



#### فعالیت کلاسی



۱ مزایای استفاده از رله حالت جامد (SSR) را نسبت به کنتاکتور بررسی کنید.  
 ۲ کاتالوگ یک رله حالت جامد (SSR) را انتخاب و ساختمان داخلی، ولتاژ فرمان، ولتاژ و جریان قدرت را بررسی کنید.

زمان پاسخگویی رله‌های الکترونیکی SSR بسیار سریع‌تر از رله‌های الکترومکانیکی و کنتاکتورها بوده و زمان سوئیچینگ آنها، در حد میکروثانیه یا میلی ثانیه است. رله الکترونیکی SSR در هنگام سوئیچینگ قوس ایجاد نمی‌کند (این رله الکترونیکی مناسب برای مکان‌های قابل انفجار است). رله الکترونیکی SSR به دلیل نداشتن قطعات متحرک دارای عمر بالاتری است. رله SSR، در برابر ضربه و لرزش مقاوم‌تر می‌باشد. در قسمت کنترل، جریان القایی ایجاد نمی‌کند. عملکرد رله الکترونیکی SSR، بدون صدا می‌باشد. ابعاد فیزیکی رله الکترونیکی SSR از کنتاکتورها کوچک‌تر است. عایق اپتیکال بین مدار کنترل و مدار مصرف طول عمر بسیار بالا (حدود یک میلیارد بار عملکرد) سرعت عمل بسیار بالا، در زمان قطع و وصل خروجی (۸۰ بار در ثانیه) عایق‌بندی مناسب جهت استفاده در مکان‌های مرطوب و پر گرد و غبار دارای قطعات متحرک نبوده، بنابراین جرقه نمی‌زند، ایجاد نویز نمی‌کند و سر و صدای مکانیکی ندارد قطع و وصل‌های غیر مکانیکی احتمال جرقه‌زدن را از بین برده و مناسب محیط‌های قابل احتراق می‌باشد حداقل توان لازم جهت قطع و وصل خروجی (۳۲ - ۳ ولت DC) یا (۲۶۵ - ۲۰ ولت AC/DC) با جریان کمتر از ۱۳ میلی آمپر SSRها با توجه به برند و شرکت سازنده کاتالوگ متفاوتی دارند که در انتهای کتاب و CD چند نوع آن مثال زده شده است.

Rated current	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
No.	3-22 VDC	40-485 VAC	25 A	ES1ADP032DC480025R
			40 A	ES1ADP032DC480040R
	60 A		ES1ADP032DC480060R	
	120 A		ES1ADP032DC480100R	
	33 A		ES1ADP280AC480033R	
	40 A		ES1ADP280AC480040R	
	60 A		ES1ADP280AC480060R	
	100 A		ES1ADP280AC480100R	

در جدول بالا شماره SSR و جریان قابل تحمل آن و ولتاژ قطع و وصل و ولتاژ کنترل آن ذکر شده است.

آیامی‌دانید



در رله حالت جامد (SSR) تیغه فرمان وجود ندارد. به همین جهت برای روشن ماندن آن لازم است تغذیه فرمان دائماً وصل باشد. در عین حال می‌توان از روش‌های مختلفی مانند فرمان از طریق رله و بردهای الکترونیکی (میکروکنترلر و کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی) استفاده نمود. برای آموزش راحت‌تر می‌توان گفت SSR همانند یک شاسی استارت و یک کنتاکتور عمل می‌کند و تازمانی که استارت فشرده شود کنتاکتور برق قدرت را وصل می‌کند و برای روشن ماندن نیاز به تیغه‌های کمکی دارد و در SSR تیغه کمکی وجود ندارد بنابراین به تجهیزات جانبی نیاز دارد. به عبارت دیگر SSR همانند یک اپتوکوپلر قوی است.

### روش پیشنهادی تدریس برای فعالیت کارگاهی این پودمان

برای تدریس فعالیت‌های کارگاهی این پودمان از روش تدریس کارگاهی استفاده می‌کنیم.

کارگاه برای هنرجویان، محیطی است که اطلاعات جدید از طریق بینش، توسعه ایده‌ها و تفسیر اطلاعات، رشد می‌یابند. و کار عملی، فعالیتی است که در جریان آن، فراگیران با به کار بردن وسایل و مواد به خصوصی درباره مفهومی خاص، عملاً تجربه کسب می‌کنند. کار عملی معمولاً در کارگاه انجام می‌گیرد، اما نداشتن کارگاه مجهز یا وسایل مناسب در مدرسه، نباید دلیلی برای انجام ندادن کار عملی باشد. در بعضی موارد، برای انجام دادن کار عملی در کلاس، وسایل بسیار ساده‌ای لازم است که معلم و حتی دانش‌آموز می‌تواند به آسانی آنها را تهیه کند.



\*روش کارگاهی هنرجویان را مستقیماً با موضوع آموزشی درگیر می‌کند؛ زیرا این روش بر این تأکید دارد که خود هنرجو به کمک ابزارهای آموزشی، درس مربوطه را عملاً تجربه کند.

\* روش کارگاهی بسیاری از قوای حسی هنرجویان را به فعالیت وا می‌دارد و این کار خود سبب تقویت یادگیری انفرادی می‌شود برای مثال، هنگامی که هنرجو یادگیری را به روش کارگاهی تجربه می‌کند، می‌تواند اشیا را لمس کند، ببیند، بو کند، بچشد و به صداها گوش دهد. هنرجو حتی قادر است برخی مواد را شخصاً کار کند.

\* وقتی هنرجو با استفاده از وسایل و ابزارها، مهارتی را کسب می‌کند و یا کاری را انجام می‌دهد و یا درصد کشف محیط جدیدی بر می‌آید، عملاً احساس مسئولیت می‌کند.

\* هنگامی که هنرآموز و هنرجویان، به روش کارگاهی در کنار هم کار می‌کنند، حس تعاون و مشارکت در میان آنان تقویت می‌شود.

\* روش کارگاهی زمینه‌ساز یادگیری سایر مباحث مشابه است؛ زیرا تجربیات حاصل در کسب مهارت‌ها و شناخت‌های خارج از مدرسه بسیار مؤثرند. و بالاخره اینکه:

\* روش کارگاهی سبب رشد و گسترش مهارت‌هایی می‌شود که در مجموع هنرجویان را به سوی مطالعه و تحقیق بیشتر سوق می‌دهد.

### مراحل روش کارگاهی

#### الف) مرحله آماده‌سازی

هر آزمایش سه مرحله دارد. در اولین مرحله، مسئله مورد آزمایش برای هنرجویان مطرح می‌شود تا پیرامون کشف راه‌های حل آن مسئله فکر کنند. مثلاً اگر قرار باشد که راجع به اتصالات SSR آزمایشی انجام شود، هنرآموز مسئله را به صورت سؤال مطرح می‌کند:

آیا مقدار جریان مصرف‌کننده برای SSR اهمیت دارد؟

دومین مرحله، انجام آزمایش است که در آن هنرجویان با وسایلی که در اختیار دارند، آزمایش‌های لازم را انجام می‌دهند.

در گام دوم: با خواندن جریان نامی موتور از روی پلاک و جریان قابل تحمل SSR و مقایسه کردن هردو آیا می‌توان موتور موجود در کارگاه را با SSR راه‌اندازی کرد یا نه.

#### ج) مرحله جمع‌بندی

سومین مرحله این است که هنرجویان جریان و نتیجه آزمایش‌هایی را که انجام داده‌اند یادداشت می‌کنند. برای اینکه یادداشت کردن جریان و نتیجه آزمایش بهتر صورت گیرد، از رهنمودهای صفحه بعد استفاده کنید:

۱ هرگز اجازه ندهید که هنرجو جریان و نتیجه آزمایش را از روی تابلو یا نوشته‌ای رونویسی کند؛ زیرا رونویسی مانع از این می‌شود که هنرجو فکر خود را پیرامون آزمایش متمرکز کند.

۲ نحوه یادداشت کردن را برای هنرجویان مشخص کنید؛ زیرا ممکن است لازم باشد که هنرجویان در یادداشت خود چگونگی را شرح دهند و یا آزمایش طوری باشد که یادداشت مختصر کافی باشد. یا ممکن است لازم شود که هنرجویان در یادداشت، شکل و نمودار هم رسم کنند.

۳ ضمن اینکه از هنرجویان می‌خواهید که در یادداشت نتیجه آزمایش از الگوی مشخصی استفاده کنند، در تنظیم آن برای دانش‌آموز آزادی عمل قائل شوید.

۴ از نظر دستوری بهتر است از حالت معلوم فعل‌ها استفاده شود و جمله‌ها به صورت مجهول (ابهام) بیان نشوند. مثلاً اگر بنویسیم: بعد از اندازه‌گیری مقاومت‌ها، مشاهده شد (با اهم متر) که مقاومت حالت ستاره، از مقاومت حالت مثلث بیشتر است، بهتر است تا اینکه بنویسیم «مقاومت ستاره از مثلث بیشتر است.»

۵ چون هنرجویان آزمایش را به‌طور گروهی انجام می‌دهند، بهتر است در یادداشت خود از هم‌کلاسان خود نیز نام ببرند. مثلاً بنویسند: «من و حسن، مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کرده و متوجه شدیم که مقاومت حالت ستاره بیشتر از مثلث می‌باشد...» این کار موجب می‌شود که یادداشت برای دانش‌آموز خاطره‌انگیز باشد و روح جمعی در آنان تقویت شود. ولی اگر آزمایش را شخصاً انجام می‌دهند، در یادداشت، از اول شخص مفرد استفاده کنند. مثلاً بنویسند: «مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کردم...»

برای اینکه دانش‌آموزان دلیل استفاده از رله را متوجه شوند بهتر است که با یک منبع خارجی با ولتاژ برابر با ولتاژ کنترل SSR، SSR را روشن و خاموش کنند تا حس کنند که این قطعه همانند یک کنتاکتور بدون تیغه‌های کمکی موتور را روشن و خاموش می‌کند بر این اساس اهمیت رله فرمان در این کار عملی بهتر درک می‌شود.

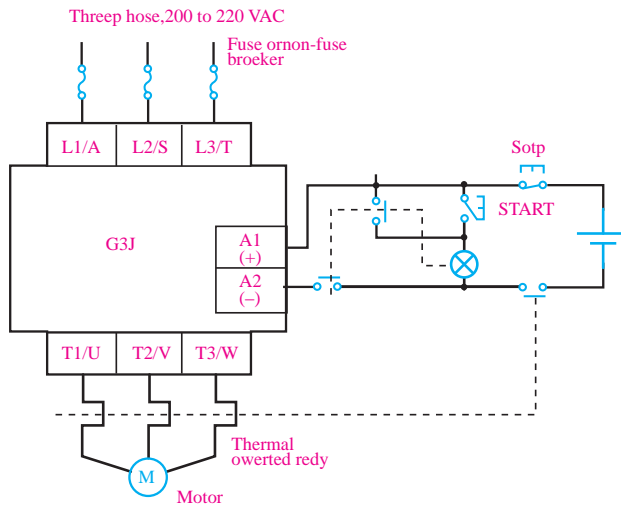
مطابق شکل زیر، با استفاده از یک رله فرمان، یک عدد شاسی استارت، یک عدد شاسی استپ و یک رله حالت جامد (SSR)، مدار را ببینید و اساس کارکرد مدار را توضیح دهید.

فعالیت  
کارگاهی

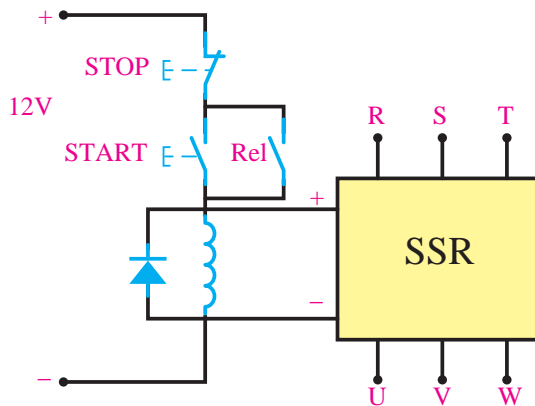


فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

با توجه به مطالب صفحه قبل برای روشن ماندن SSR یک رله در مدار نیاز است. مدار (دیگرام) که در کاتالوگ برای راهنمایی استفاده شده است.



در تصویر بالا از استاندارد قدیم برای نمایش استوپ استارت استفاده شده است.



مدار بالا همانند مدار قبلی است فقط با استاندارد جدید ترسیم شده. حتماً در مدار دیود هرز گرد استفاده شود (برخی رله‌ها دارای دیود هرز گرد داخلی هستند) چون ممکن است در لحظه خاموش شدن ولتاژ خود القایی بوبین رله به تغذیه SSR آسیب وارد کند.

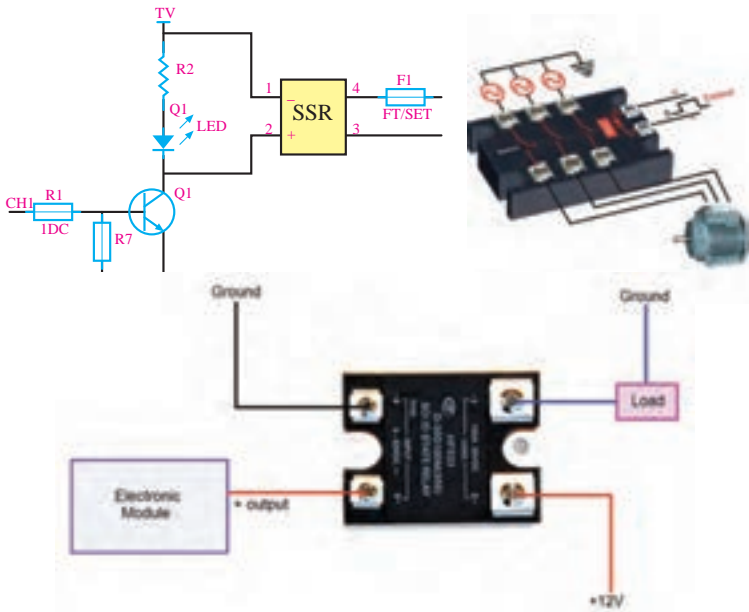
حتماً ولتاژ بوبین رله‌های فرمان با تغذیه SSR برابر باشد.



با استفاده از رله حالت جامد (SSR)، یک موتور الکتریکی را توسط میکروکنترلر خاموش و روشن کنید. مدار را به نحوی طراحی کنید که فرمان خاموش و روشن شدن آن توسط حسگرهای مختلف امکان پذیر باشد.



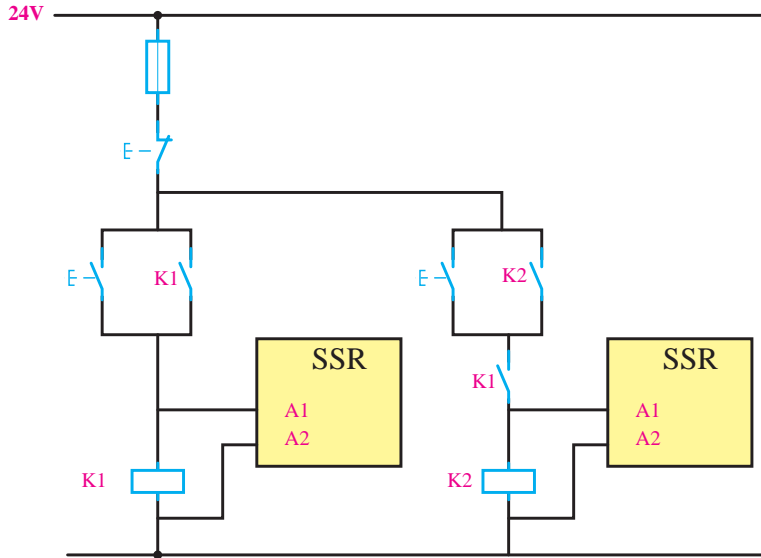
برای اینکه یک یادآوری و تمرین برای برنامه‌نویسی باشد به جای استفاده از رله فرمان دانش‌آموزان از برد اردینو یا میکرو برای این کار عملی استفاده کنند.



مدار یکی پس از دیگری را با استفاده از رله حالت جامد (SSR) پیاده‌سازی کنید.



مدار یکی پس از دیگری را با رله‌های فرمان مونتاژ کرده و تغذیه SSR را با بوبین رله‌های فرمان موازی می‌کنیم.



#### روش تدریس:

در ابتدای این مبحث بهتر است هنرآموز محترم با طرح سؤالات زیر ذهن هنرجو را جهت ورود به مبحث جریان راه‌اندازی موتورهای القایی به صورت مستقیم و یا ستاره مثلث آماده کند و شروع به تدریس و انجام فعالیت‌ها نماید:

- ۱ چرا موتورهای القایی زیاد استفاده می‌شوند؟
- ۲ علت افت ولتاژ هنگام راه‌اندازی موتورهای القایی چیست؟
- ۳ در مورد موتورهای با توان بالا، چنانچه موتور مستقیم به شبکه وصل شود چه اتفاقاتی ممکن است رخ بدهد؟
- ۴ چگونه نوسانات ولتاژ بر روی مدارات فرمان تأثیر می‌گذارد؟

#### دانستنی‌های هنرآموز:

با توجه به مزایای موتورهای القایی، اکثر موتورهای استفاده شده در صنعت موتورهای القایی رتور قفسی هستند در هنگام راه‌اندازی ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور جریان از شبکه دریافت می‌کنند که این امر مشکلات زیادی به همراه دارد. از جمله ایجاد افت ولتاژ در شبکه در حدی که ولتاژ مدار فرمان توانایی روشن نگه داشتن کنتاکتور را نداشته باشد و باعث می‌شود کنتاکتورها خاموش شوند (اگر بوبین ۲۲۰ ولتی ولتاژی کمتر از ۱۸۰ ولت وصل کنیم بوبین جذب نمی‌کند و اگر

افت ولتاژ به این حد برسد کنتاکتورهای که قبلاً روشن بودند خاموش خواهند شد). یکی دیگر از مشکلات جریان راه‌اندازی گرم شدن کابل‌ها و تجهیزات انتقال برق است و برای جبران باید تجهیزات بیش از قدرت نامی موتور و مصرف‌کننده‌ها انتخاب شود، گرم شدن سیم‌پیچی موتور و هزینه‌های بالا برای ایجاد یک شبکه قوی که در برابر جریان‌های زیاد مقاوم باشد.

که در روش‌های راه‌اندازی کنتاکتوری از راه‌اندازی ستاره و مثلث استفاده می‌شود. ولی در توان‌های بالا راه‌انداز دو ضرب هم جواب‌گو نیست و در حالت استارت و یا تبدیل از حالت ستاره به مثلث باعث می‌شود که ولتاژ از حد مشخص کمتر شود و بوبین کنتاکتورها ضعیف شده و کنتاکتور خاموش شود (قطع شود). بر این اساس با استفاده از تجهیزات الکترونیک صنعتی توانسته‌اند مشکل جریان راه‌اندازی را حل کنند.

روش دیگری نیز استفاده از موتورهای مخصوص (روتور سیم‌پیچی) است که تقریباً با ورود تجهیزات الکترونیکی کمتر استفاده می‌شود. علاوه بر اینکه کنترل جریان راه‌اندازی موتور انجام می‌شود مزیت‌های مکانیکی زیادی برای افزایش عمر تجهیزات موتور و دستگاه‌ها دارد.

#### آیا می‌دانید



از راه‌انداز نرم برای راه‌اندازی موتورهای القایی سه فاز قفس سنجابی و مخصوصاً در توان‌های بالا استفاده می‌شود.

به چند علت در توان‌های بالا از راه‌انداز نرم استفاده می‌شود

۱) موتورهای کوچک به صورت یک ضرب راه‌اندازی می‌شوند

۲) جریان راه‌اندازی موتورهای کوچک زیاد بالا نیست و در صنعت مقرون به صرفه نیست.

۳) قیمت راه‌انداز نرم برای موتورهای کوچک و اینورتر تفاوت چندانی ندارد و مقرون به صرفه نیست.

۴) در موتورها به جای اتصال برق به موتور به جای ۶ سیم برای ستاره و مثلث از ۳ سیم استفاده می‌شود که در مسیرهای طولانی مثل شناورهای پمپاژ آب ارزش اقتصادی استفاده از راه‌انداز نرم بیشتر می‌شود.

#### بحث کنید



مزایای راه‌انداز نرم را نسبت به راه‌اندازی موتور با کنتاکتور SSR بررسی کنید. با توجه به اینکه راه‌اندازی با SSR مزایایی دارد ولی همانند کنتاکتور عمل می‌کند و جریان راه‌اندازی آن با کنتاکتور برابر است.

### مزایای استفاده از راه‌انداز نرم:

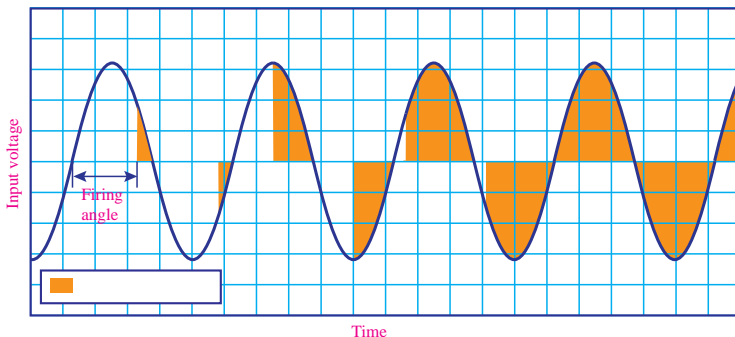
مصرف کمتر انرژی الکتریکی در هنگام راه‌اندازی الکتروموتور. نظارت دیجیتالی بر جریان الکتروموتور با دقت بالا. (در مدل‌های نمایشگردار و دیجیتالی ولی برخی مدل‌ها ساده با پتانسیومتر تنظیم می‌شوند نظارت بر جریان ندارد) نظارت دیجیتالی بر ترتیب فاز، ولتاژ و فرکانس برق شبکه قبل از راه‌اندازی و چه در زمان راه‌اندازی و در هنگام کار الکتروموتور. (با استفاده از سافت استارت نیاز به کنترل بار، بی‌متال، کنترل فاز نمی‌باشد) کنترل تغییرات احتمالی بار مکانیکی الکتروموتور در حین عمل راه‌اندازی و تشخیص آن و حفظ ایمنی و سلامت ماشین. استفاده از روش بای‌پس در مدار الکتریکی برای حفظ ایمنی و افزایش عمر ادوات مدار راه‌انداز و کم شدن استهلاک آنها.

### اصول کار راه‌انداز نرم

برای تدریس این قسمت از روش تدریس کلاس معکوس استفاده می‌کنیم. ابتدا به ساختمان موتور اشاره می‌کنیم و سؤال می‌کنیم که چه چیز باعث حرکت روتور می‌شود. با جواب دادن میدان دوار با توجه به پودمان گذشته ادامه می‌دهیم. این میدان دوار از چه چیزی تشکیل شده است؟ جواب: مشخص است میدان مغناطیسی دوار است. پس یک میدان مغناطیسی باعث به حرکت در آوردن موتور می‌شود جزئیات را بررسی کنیم. چه پارامتری در موتور مستقیم با میدان مغناطیسی در ارتباط است؟ جواب: جریان سیم‌پیچ‌ها است. هرچه جریان بیشتر باشد میدان مغناطیسی بیشتر است. حال با توجه به اشاره به قطعات نیمه‌هادی برق متناوب ادامه می‌دهیم چگونه می‌توان جریان را در یک سیم‌پیچ کنترل کرد؟ جواب: با کنترل ولتاژ خواهیم توانست کنترل جریان انجام دهیم و با بررسی شکل صفحه بعد نحوه کنترل روشن و خاموش شدن یک فاز توسط تریستورها، کنترل سطح ولتاژ را آموزش خواهیم داد. در این شکل نشان می‌دهد با کنترل زمان روشن بودن یک قسمت از شکل موج میانگین ولتاژ کنترل می‌شود.

بر این اساس با داشتن یک جریان ثابت یک میدان مغناطیسی ثابت خواهیم داشت که مزیت‌های الکتریکی و مکانیکی خوبی برای موتور دارد.

TYPICAL SOFT- START FIRING ANGLE SEQUENCE



دانستنی‌های هنر آموز:

## کنتاکتور بای پس

علت استفاده از کنتاکتور بای پس کاهش تلفات حرارتی است. همان‌طور که می‌دانیم با عبور جریان از نیمه‌هادی‌ها، نیمه‌هادی‌ها گرم می‌شوند حال این گرما ناخواسته و به‌صورت تلفات است و عمر مفید نیمه‌هادی رو کاهش خواهد داد و حتی اگر گرما بیش از حد شود سوختن نیمه‌هادی را به همراه خواهد داشت. در راه‌انداز نرم هنگام راه‌اندازی و توقف ما به کنترل کردن برق موتور نیاز داریم و در هنگام کار برق شبکه به‌طور مستقیم به موتور وصل است. با توجه به نکات بالا در هنگام کار عادی موتور یک کنتاکت دوسر نیمه‌هادی‌ها قرار می‌گیرد تا از عبور جریان از نیمه‌هادی‌ها جلوگیری کند. به کنتاکتوری که با نیمه‌هادی‌ها موازی می‌شود کنتاکتور بای پس می‌گویند. در برخی مدل‌ها این کنتاکتور در داخل دستگاه قرار دارد و در برخی دیگر ترمینال‌هایی روی دستگاه تعبیه شده که کنتاکتور بیرون از دستگاه قرار گیرد به راه‌انداز نرم با کنتاکتور داخلی سافت استارت بای پس دار گویند.

Some soft starters can also provide a soft-stop function in applications where an abrupt stop can cause problems. Examples include pumps where a quick stop can bring on water hammering and conveyor belts where material can get damaged if belts stop too quickly. The soft-stop sequence uses the same power semiconductors employed for soft.

ترجمه کنید





### ترجمه گوگل

برخی از نرم‌افزارهای Startup همچنین می‌توانند عملکرد نرم‌افزاری را در برنامه‌های کاربردی اجرا کنند که در آن یک توقف ناگهانی می‌تواند مشکلاتی ایجاد کند. نمونه‌هایی از جمله پمپ‌هایی هستند که در آن توقف سریع می‌تواند بر روی چکش‌های آب و تسمه‌های نقاله که در آن مواد می‌توانند آسیب ببینند، اگر کمربندهای بیش از حد به سرعت گیر می‌کنند، توالی توقف نرم‌افزاری از نیمه‌هادی قدرت مشابه برای نرم استفاده می‌کند.

### مفهومی

برخی از راه‌اندازها می‌توانند یک تابع و شرایط برای خاموش کردن تهیه کند برای توقف‌های ناگهانی که باعث مشکل می‌شود. نمونه آن پمپ‌هایی که دارای توقف سریع است و هنگام خاموش شدن مثل چکش ضربه می‌زند (پمپ‌هایی که آب را عمودی هدایت می‌کنند و هنگام خاموش شدن فشار آب داخل لوله محور را سریع متوقف و جهت را عکس می‌کند) و مثل نوار نقاله‌ها برای انتقال مواد که برای خاموش شدن همانند راه‌انداز نرم آرام متوقف شود و از پرتاب شدن مواد روی آن جلوگیری می‌کند.

### فعالیت کلاسی



مشخصات فنی در مورد شرایط محیطی راه‌انداز نرم (Soft Starter) را بررسی کنید.

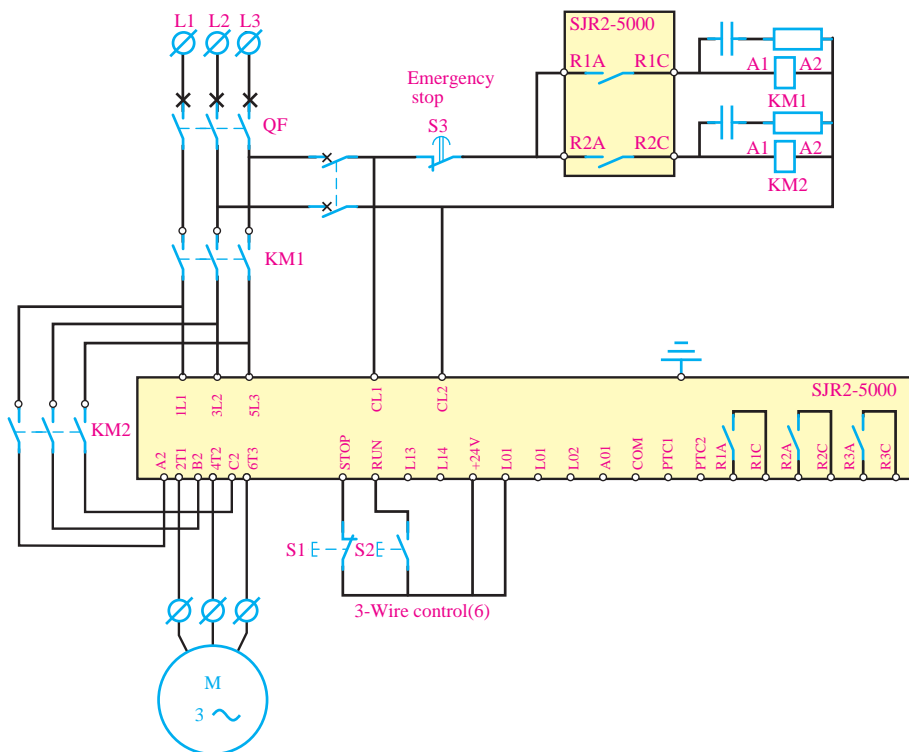
عوامل محیطی مثل گرد و غبار و رطوبت و بخارات اسیدی باعث خوردگی در مدارات می‌شوند که بر این اساس بردهای الکترونیکی آن را عایق می‌کنند. در برخی بردها فقط برد مسی را با یک لایه روکش (معمولاً سبز) می‌پوشانند ولی بردهای صنعتی را با یک لایه رزین یا روکش پلیمری برد و پایه قطعات را می‌پوشانند.

### فعالیت کارگاهی



سیم‌کشی مدار راه‌انداز نرم (Soft Starter) «بدون بای‌پس» را طبق شکل صفحه بعد انجام دهید. با استفاده از اهم متر بر روی تخته کلم موتور، اتصال سر و ته موتورها را بررسی کنید.

بهترین دیاگرام برای اتصالات و سیم‌بندی کاتالوگ خود دستگاه می‌باشد چون براساس مدل و مشخصات ولتاژ تغذیه داخلی و ترمینال‌های فرمان آن متفاوت است.

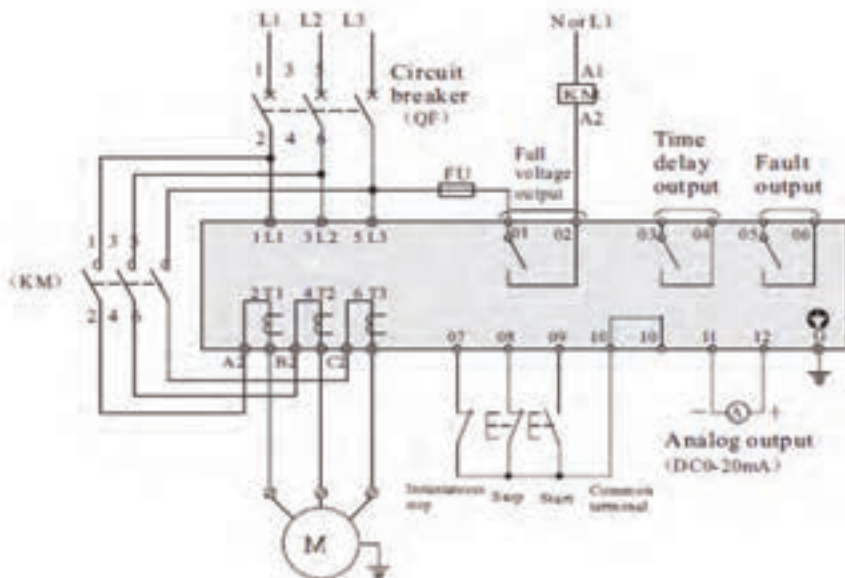


چرا خروجی کنتاکتور بای پس، مستقیم به سرهای موتور وصل نمی‌گردد؟ چون برای اندازه‌گیری جریان موتور و حفاظت در برابر نوسانات ولتاژ و جریان باید جریان الکتریکی از داخل ترانس‌های جریان داخل سافت استارت عبور کند بر این اساس حتماً کنتاکتور بای پای باید با نیمه‌هادی‌ها موازی شود نه با کل دستگاه، بر این اساس ترمینال‌هایی جدا برای کنتاکتور بای پس قرار می‌دهند.

پرسش



## فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی



در شکل بالا ترانس‌های جریان در خروجی مشخص شده است برای اندازه‌گیری جریان موتور برای اضافه بار و اتصال کوتاه و کنترل جریان راه‌اندازی و توقف.

### فعالیت کلاسی



دیگرام سیم‌کشی یک راه‌انداز نرم (Soft Starter) همراه بای پس را رسم کنید. در راه‌انداز نرم با آی پس داخلی کنتاکتور را در داخل راه‌انداز نرم قرار داده‌اند و نیازی به استفاده از کنتاکتور خارجی نمی‌باشد و در خروجی فقط سه ترمینال دارد.

### پژوهش کنید



با توجه به کاتالوگ دستگاه مربوطه، کدهای نمایش داده شده بر روی کی پد چه پیغام‌هایی را شامل می‌شود؟  
\* کاتالوگ سانپو - سافت استارتر سانپو

SJR 2000

SJR 5000

مقدار نمایش داده شده	وضعیت
۱- NLP ۲- RDY	سافت استارتر هنوز فرمان راه‌اندازی را دریافت نکرده است: ۱- مدار قدرت وصل است. ۲- مدار قدرت وصل نیست.

TBS	تأخیر در نظر گرفته شده برای راه‌اندازی هنوز سپری نشده است.
HEA	سافت استارتر در حال تحریک موتور می‌باشد.
	سافت استارتر با فرمان شروع پارامترهای انتخاب شده جهت نمایش روی صفحه نمایشگر (منوی SUP). این پارامتر در کارخانه به صورت پیش فرض روی جریان موتور تنظیم شده است.
BRL	ترمز سافت استارتر
STB	سافت استارتر منتظر دریافت پیام استارت/استپ در حالت Cascade می‌باشد.

نکاتی که هنگام تدریس و انجام این فعالیت باید مد نظر قرار گیرد.

ترمینال‌ها در هنگام سیم‌کشی باید بدون برق باشد.  
 ترمینال CL<sub>1</sub> و CL<sub>2</sub> برای تغذیه داخلی سافت استارت است و باید برای شروع به کار آن این دو ترمینال برق دار باشد.  
 در مدار یک کلید اصلی وجود دارد QF که برق کل مدار را قطع و وصل می‌کند.  
 دو عدد کنتاکتور وجود دارد که یکی برق قدرت ورودی راه‌انداز را کنترل می‌کند که در مواقع خاموشی ولتاژ مدارات الکترونیکی قدرت قطع باشد، این کار عمر قطعات را افزایش می‌دهد زیرا نوسانات ولتاژ شبکه ممکن است نیمه‌هادی‌ها را در حالت خاموش هم آسیب بزند.  
 کنتاکتور دوم کنتاکتور بای پس است که پس از راه‌اندازی موتور کنتاکتور بای پس وارد مدار شده و جریان موتور را از خود عبور می‌دهد.

هر دو کنتاکتور توسط خود سافت استارت کنترل می‌شود.

نکته



کنتاکتور اول با روشن کردن جذب می‌شود و کنتاکتور دوم موقع کار مداوم موتور جذب می‌شود.  
 کلیدهای فرمان نیز برای استارت کردن و دیگری برای استوپ و استوپ اضطراری استفاده می‌شود.

فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

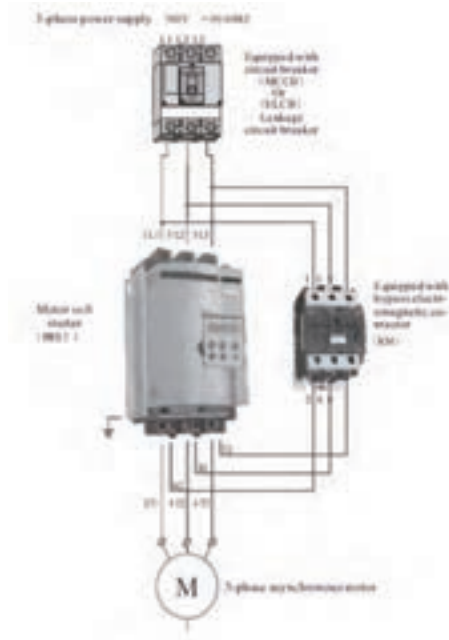
فعالیت  
کارگاهی



با توجه به سیم‌کشی فعالیت بالا، تنظیمات راه‌انداز نرم (Soft Starter) را طبق موتور موجود در کارگاه باخیز زمانی ۱۰ ثانیه برای راه‌اندازی و با تأخیر زمانی ۵ ثانیه برای توقف با توجه به جریان مجاز راه‌انداز نرم (Soft Starter) و موتور راه‌اندازی کنید.

Code	Description	Setting range	Factory setting
1	<i>I<sub>n</sub></i> Nominal motor current	0.4 and 1.3 ICL	1 ICL
2	<i>I<sub>LE</sub></i> Limiting current	150 to 100% of I <sub>n</sub> , limited to 300% of ICL	400% of I <sub>n</sub>
3	<i>A<sub>CC</sub></i> Acceleration ramp time	1 to 60 s	15s
4	<i>T<sub>90</sub></i> Initial starting torque	0 to 100% of T <sub>n</sub>	20%
5	<i>S<sub>TY</sub></i> Selection of the type of stop	0, 1, F	F
6	<i>d<sub>EC</sub></i> Deceleration ramp time	1 to 60 s	15s
7	<i>E<sub>0C</sub></i> Threshold for changing to free-wheel stop mode at the end of deceleration	0 to 100%	20%
8	<i>b<sub>0C</sub></i> Internal braking torque level	0 to 100%	50%
9	<i>E<sub>bR</sub></i> Pseudo-continuous braking time	20 to 700%	20%

مدار قدرت راه‌انداز با کنتاکتور بای پس



## تنظیمات در مدل دیگری از راه اندازها

F1378	Time of soft start	2-60S	F1376	Effective under voltage range mode; when code FB is set 1, the modification is effective.
F2078	Time of soft stop	0-60S	F2074	When it is set at 0, it is the stop, N is one set at 0.
F2080	Current limiting when starting	50-500%	F5400	Effective under current limiting mode; when code F1 is set at 0, the modification is effective; and set at 1, the max current limiting value 400%.
F2000	Max working current	50-200%	F2100	The input mode of parameter F6 and F7 is distributed by F9.

با توجه به مدل سافت استارت و کاتالوگ مربوطه زمان راه اندازی ACC می باشد و زمان توقف DEC که طبق جدول بالا قابل تنظیم می باشد.

با توجه به کاتالوگ، دیگر گروه تنظیمات مانند PRO – DRC – I/O را بررسی کنید.

PRO

تنظیمات مربوط به حفاظت از جمله گرما و زمان زیر بار ماندن یا بار جریان کمتر از حد مصرف کند و...

DRC

تنظیمات پیشرفته مثل گشتاور و ولتاژ و.....

I/O

تنظیمات برای ورودی ها و خروجی های فرمان

فعالیت کلاسی



با توجه به کاتالوگ، خطاها و عمل های ایجاد خطا و روش های رفع خطا را بررسی کنید.

فعالیت کلاسی



با توجه به کاتالوگ راه انداز نرم مربوطه خطاها بررسی شود. با توجه به مدل این راه انداز در جدول شکل زیر انواع خطاها مورد بررسی قرار گرفته:

کد خطا	دلیل احتمالی	طریقه رفع خطا
INF	خطای داخلی	تغذیه سافت استارتر را یکبار قطع و دوباره وصل نمایید.
OCF	خطای اضافه جریان	سافت استارتر را خاموش نمایید.
PIF	خطای توالی فاز	دو فاز ورودی را با یکدیگر عوض کنید و یا پارامتر PHR را تغییر دهید.

## فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

EEF	خطای حافظه داخلی	تغذیه کنترل سافت استارتر یعنی $CL^1$ و $CL^2$ را یکبار قطع و دوباره وصل نمایید.
CEF	به هنگام برقرار شدن سافت استارتر فاقد تنظیم معتبر است.	تنظیمات را به تنظیمات کارخانه برگردانید.
CF <sup>1</sup>	وضعیت نامعتبر	تنظیمات را به تنظیمات کارخانه برگردانید.
PHF	یک فاز قطع شده است	برق ورودی را بررسی نمایید.
FRF	فرکانس تغذیه مشکل دارد.	برق ورودی را بررسی نمایید.
USF	خطای برق ورودی به هنگام راه‌اندازی	ولتاژ و جریان برق تغذیه را بررسی نمایید.
CLF	خطای برق تغذیه کنترل برد سافت استارتر	برق تغذیه یعنی $CL^1$ و $CL^2$ بیش از ۲۰۰ میلی ثانیه قطع شده است
SIF	خطای پورت ارتباطی	پورت ارتباطی RS ۴۸۵ را بررسی نمایید.
ETF	خطای خارجی	خطاهای خارجی احتمالی را بررسی نمایید.
STF	خطای طولانی شدن زمان راه‌اندازی	مکانیسم تنظیمات را بررسی نمایید.
OLC	خطای افزایش جریان	مکانیسم تنظیمات را بررسی نمایید.
OLF	خطای حرارتی موتور	مکانیسم تنظیمات را بررسی نمایید.
OHF	خطای حرارتی سافت استارتر	مکانیسم تنظیمات را بررسی نمایید.
OTF	خطای حرارتی موتور که توسط پورت PTC تشخیص داده شده است.	مکانیسم تنظیمات را بررسی نمایید.
ULF	خطای افت جریان	مدارات مربوطه را بررسی نمایید.
LRF	خطای قفل شدن موتور در حالت عملکرد طبیعی موتور	مکانیسم تنظیمات و عملکرد موتور را بررسی نمایید.

برای تدریس این قسمت از روش تدریس تسلط‌یاب استفاده می‌کنیم.

۱] در مرحله آماده‌سازی درس، هنرآموز اهداف این بخش، رابطه بین محتوای درس با یادگرفته‌های پیشین را تعیین می‌کند.

به‌طور مثال می‌توان با سؤالاتی از قبیل اینکه :

الف) معایب سافت استارتر چیست؟

ب) آیا موتورها در صنعت همیشه نیاز به یک سرعت یکسان دارند؟

ج) چون که در محیط پیرامون خود به‌طور ساده سرعت را کنترل می‌کنند؟

۲] راه حل دیگری برای کنترل سرعت چیست؟

چقدر صنعت به کنترل سرعت نیاز دارد؟

چند مثال کاربرد برای کنترل سرعت اطراف خود بزنید.



راه‌انداز نرم چه معایبی دارد؟  
 برای رفع این معایب چه پیشنهادی دارید؟  
 راه‌انداز نرم فقط برای کاهش جریان راه‌اندازی استفاده می‌شود.  
 راه‌انداز نرم فقط در هنگام راه‌اندازی در مدار قرار می‌گیرد و بعد وارد شدن کنتاکتور بای پس قطعات الکترونیک قدرت از مدار خارج می‌شوند.  
 راه‌انداز نرم تأثیری در ضریب توان ندارد.  
 راه‌انداز نرم فقط ولتاژ را می‌تواند کنترل کند در هنگام راه‌اندازی.  
 برای افزایش عمر سافت استارت استفاده از کنتاکتور الزامی است.  
 راه‌انداز نرم نوسان ولتاژ شبکه را نمی‌تواند کنترل و جبران کند (نامتقارن بودن ولتاژها).  
 استفاده از اینورتر.  
 هنرآموز باید به نکات زیر دقت کند:  
 در کاهش سرعت به روش مکانیکی افزایش قدرت نیر انجام می‌شود ولی در دستگاه‌های اینورتر گشتاور و قدرت ثابت خواهد ماند.  
 با توجه به نوع کاربرد دستگاه‌ها ممکن است هم از روش‌های مکانیکی و هم از روش الکتریکی استفاده شود.



□ اصول کار موتورهای الکتریکی  
 □ کتاب مرجع سیم‌پیچی شرکت سیم‌واکی فارس  
 □ کتاب سیم‌پیچی هنرستان نظام قدیم  
 □ سیم‌پیچی موتورهای الکتریکی  
 اصول عملکرد موتور دالاندر و دو سرعت چیست؟  
 در موتور دالاندر و دو سرعت با تغییر در اتصال سیم‌پیچ‌ها قطب‌های استاتور تغییر می‌کند و باعث تغییر سرعت می‌شود.  
 در موتور دالاندر یک سیم‌پیچ قرار دارد که اتصالات موتور را تعویض کنیم سرعت آن نیز تغییر می‌کند.  
 نسبت سرعت در موتور دالاندر ضریب ۲ است یا سرعت دو برابر می‌شود یا نصف در موتور دو سرعت دو سیم پیچ قرار دارد.  
 نسبت سرعت در موتور دو سرعت هیچ قانونی نداشته و بر اساس نیاز طراحی و سیم‌پیچی می‌شود.  
 در برخی موارد برای به دست آوردن چند سرعت ممکن است موتور دو سرعت سیم‌پیچی شود که یک سیم‌پیچ یا هر دو دالاندر باشد که حداکثر ۴ سرعت را می‌تواند داشته باشد.



## روش تدریس فصل اینورتر

هنرآموز با بیان مشکلات تغییر دور به روش مکانیکی و سیم‌پیچی موتور و تغییر سرعت به صورت پله‌ای و عدم کنترل بر سرعت راه کار جدید ارائه می‌دهد تا بتواند سرعت را کنترل کرد

براین اساس تغییرات ولتاژ و فرکانس مثال زده می‌شود که به صورت واقعی جواب نمی‌دهد و سبب سوختن موتور می‌شود.

اگر فقط ولتاژ تغییر کند در صورتی که ولتاژ از حدی کاهش پیدا کند جریان در سیم پیچی موتور کاهش یافته و میدان مغناطیسی دوار ضعیفی تولید می‌کند که باعث می‌شود موتور در زیر بار متوقف شود.

با متوقف شدن موتور و عدم حرکت روتور و عبور جریان از سیم‌پیچی موتور سوختن سیم‌پیچ را به همراه دارد.

اگر فرکانس به تنهایی تغییر کند مشکلات بیشتری به همراه دارد.

کاهش فرکانس در نتیجه راکتانس سلفی سیم‌پیچی کاهش یافته جریان زیادی از سیم‌پیچی عبور می‌کند که منجر به سوختن سیم‌بند می‌شود.

بر این اساس راهنمایی هنرآموز به این سمت می‌رود که باید هم‌زمان ولتاژ و فرکانس کنترل شود. (در این حالت جریان سیم‌پیچی تغییر نمی‌کند و قدرت موتور حفظ می‌شود)

### فعالیت کلاسی



مزایای استفاده از اینورتر را برای کنترل سرعت موتورهای الکتریکی بنویسید.

کاهش انرژی مصرفی و لذا کاهش هزینه برق

کنترل و کاهش جریان راه‌اندازی در کنار داشتن گشتاور راه‌اندازی بالا و در نتیجه طولانی شدن عمر موتور

امکان تنظیم شتاب‌ها در زمان افزایش یا کاهش سرعت

کاهش چشم‌گیر هزینه‌های مکانیکی و خواب خط تولید به دلیل کم شدن تنش‌های مکانیکی در زمان‌های راه‌اندازی و توقف

امکان تغییر سرعت موتور

امکان پرش از فرکانس‌هایی که باعث نوسان مکانیکی سیستم می‌شود.

امکان داشتن سرعت‌های از پیش تعریف شده از جمله حالت Jog یا Inching

که در زمان سرویس و تعمیرات ماشین استفاده می‌شوند

امکان تغییر جهت حرکت موتور

اضافه شدن امکانات نرم‌افزاری برای مدیریت عملکرد کنترل دور

عدم نیاز به بی‌متال و کنتاکتورهای اصلی، چپ‌گرد، راست‌گرد، ستاره مثلث و کنتاکتور و مدارات ترمز DC یا ترمز الکترومکانیکی موتور

امکان استفاده از کابل‌های با سطح مقطع کمتر به خاطر کاهش جریان راه‌اندازی امکان کار موتور در شرایطی که ولتاژ ورودی متغیر است امکان کنترل از راه دور تغییر سرعت موتور بر اساس عوامل فیزیکی (سنسورها) افزایش راندمان موتور ایجاد سرعت بیشتر از سرعت نامی موتور و برنامه‌ریزی کردن حرکت از ویژگی‌های استفاده از اینورتر می‌باشند. اینورتر به صورت هوشمند میزان بار وارده به موتور را تشخیص داده و متناسب با همان بار، به موتور جریان می‌دهد و این جریان در بسیاری از مواقع از جریان نامی موتور کمتر است. در نتیجه باعث صرفه‌جویی در مصرف برق خواهد شد.

پژوهش کنید



تفاوت عملکرد اینورترهای جرثقیل و پمپ و فن‌ها را پژوهش کنید. بارهایی مثل جرثقیل و یا بالابرها و نوار نقاله‌ها و... بارهای سنگین نامیده می‌شوند چون از همان ابتدا نیروی زیادی را می‌خواهند تا بار حرکت کند ولی در مورد فن‌ها و پمپ‌ها این نیروی ابتدایی زیاد نیاز نیست و موتور با انرژی و قدرت کمی می‌تواند شروع به حرکت کند. بر این اساس در اینورترهای جرثقیل از قطعات با تحمل جریان بالاتری استفاده می‌شود تا در شروع به کار موتور قدرتی تا  $1/5$  برابر قدرت موتور جریان به موتور تحویل دهد تا شروع به کار کند.

- انواع مدل یک اینورتر در یک برند
- تفاوت بین اینورترهای یک شرکت
- بررسی کاتالوگ چند مدل اینورتر یک برند

آبایم‌دانیید



با توجه به اینکه جریان متناوب در این قسمت به جریان مستقیم تبدیل می‌شود، فرکانس و شکل موج ورودی اینورتر اهمیتی نخواهد داشت.

در مواردی که ولتاژ ناپایدار است و یا فرکانس نوسان دارد مثل ژنراتورهای معمولی و... یا استفاده اینورتر سرعت موتور یکنواخت خواهد بود. و نکته قابل ذکر این است که اینورتر در برق ۵۰ یا ۶۰ هرتز می‌تواند سرعت خروجی یکنواخت تحویل دهد. سؤالی که ممکن است پرسیده شود این است که به چه علت فرکانس ورودی تأثیر گذار نیست در سرعت موتور؟ پاسخ: شرکت‌های تولید دستگاه‌های صنعتی هدف تولید دستگاهی را دارند که

## فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

در تمام شرایط کار ایدئال و بدون تغییرات داشته باشد بر این اساس از اینورتر استفاده می‌کند.

مثلاً یک موتور در ایران سرعت ۱۴۵۰ دور دارد و در آمریکا ۱۷۵۰ دور که استفاده از اینورتر باعث می‌شود سرعت یکنواخت باشد.

در قسمت رکتیفایر و خازن‌ها هر شکل موجی وارد شود یکسو شده و با خازن‌ها به یک برق کاملاً dc تبدیل می‌شود.

لازم به ذکر است با توجه به مدل و نوع اینورترها قسمت رکتیفایر متعلقاتی دارد از جمله قسمت شارژ اولیه خازن‌ها برای جلوگیری از کشیدن جریان زیاد در لحظه وصل برق (چون خازن‌ها در زمان وصل شدن به برق جریان زیادی برای شارژ شدن می‌کشد) و سپس فقط برای گرفتن ریپل ولتاژ استفاده می‌شود.

در برخی دستگاه‌ها از تریستورها برای کنترل شارژ و یکسوسازی استفاده می‌شود.

### آزمایش برای تست جریان کشیدن اینورتر:

یک اینورتر را توسط یک لامپ سری به برق وصل کنید.

لامپ از نوع رشته‌ای ۱۰۰ وات استفاده شود.

هنگام وصل برق لامپ پر نور روشن می‌شود و پس از شارژ خازن نور لامپ کم می‌شود.

#### تذکر



این آزمایش نشان می‌دهد در لحظه اول جریان زیادی اینورتر نیاز دارد تا خازن شارژ شود ولی برای روشن ماندن جریان زیادی نمی‌خواهد و موتور به اینورتر متصل نباشد و یا راه‌اندازی نشود.

#### آیا می‌دانید



برای دیدن شکل موج‌ها و طول موج‌ها از دستگاهی به نام اسیلوسکوپ استفاده می‌کنند.



برای آموزش نمایش شکل موج اسیلوسکوپ استفاده می‌کنند. تقریباً تمام اسیلوسکوپ‌های آنالوگ دارای کایدهای مشابهی می‌باشند که کلیدهای آن را به اختصار بیان می‌کنیم.

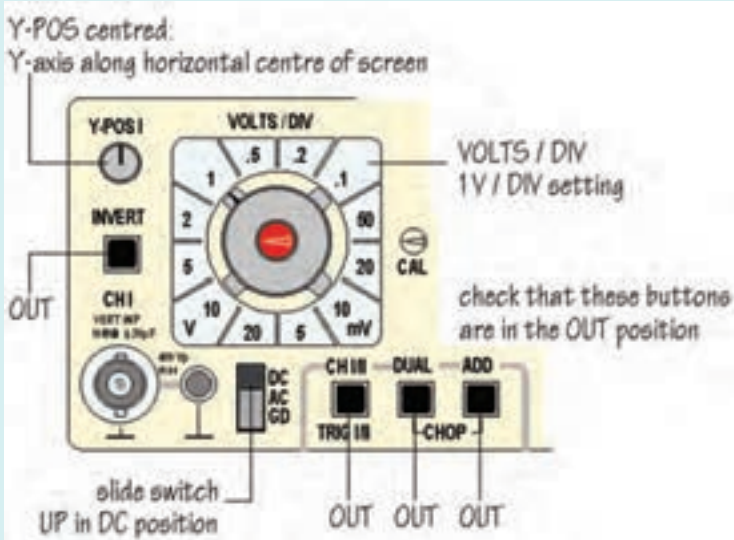
پژوهش کنید



- کار با اسیلوسکوپ
  - طرز استفاده از اسیلوسکوپ
- وظیفه هر کلید و مراحل نمایش یک شکل موج بر روی اسیلوسکوپ را شرح دهید.

کلیدهای روی اسیلوسکوپ در سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود. اگرچه کلیدهای کنترلی اسکوپ‌های مختلف کمی با هم فرق می‌کند ولی در مجموع در اسکوپ‌های آنالوگ یک سری کلیدهای اساسی وجود دارد که اگرچه در ظاهر تفاوت‌هایی وجود دارد ولی در نهایت وظیفه آنها در مدل‌های مختلف یکسان است و در شکل زیر یکی از ساده‌ترین مدل‌ها رو می‌بینید.

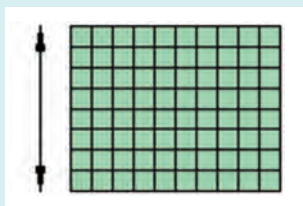
1 قسمت vertical:



- ۱-۱) CH1 : ورودی شماره یک اسیلوسکوپ
- ۲-۱) CH2 : ورودی شماره دو اسیلوسکوپ
- ۳-۱) کلید (AC\_GND\_DC)
- ۱-۳) مدار AC: اگر کلید روی این قسمت قرار گیرد فقط سیگنال جریان متناوب وارد اسیلوسکوپ می‌شود و از نمایش ولتاژ DC جلوگیری می‌شود.

۱-۳-۲) مدار DC: اگر کلید روی این حالت تنظیم شود سیگنال ورودی هر چه باشد (اعم از DC یا AC یا ترکیبی از هر دو) روی صفحه نمایش داده می‌شود. ۳-۳-۱) مدار GND: اگر این حالت انتخاب شود، ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل می‌شود و ارتباط الکتریکی بین پروپ و اسیلوسکوپ قطع می‌شود. این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد.

۴-۱) ولوم VARIABLE: که بر روی سلکتور VOLT/DIV قرار دارد و برای کالیبره کردن دستگاه به کار می‌رود که باید همیشه در انتها علیه سمت راست قرار گیرد (جهت عقربه‌های ساعت بچرخونیم) تا ضریب ۱ داشته باشد. (برای صفر کردن خطای ولتاژ)



۵-۱) ولوم POSITION: با این ولوم می‌توان شکل موج روی صفحه نمایش را عمودی حرکت داد.

۶-۱) کلید mode: این کلید چهار وضعیت دارد: الف) CH۱ (ب) CH۲ (ج) DUAL (د) ADD بسته به اینکه بخواهیم از کدام یک از ورودی‌های اسکوپ استفاده کنیم می‌توانیم کلید MODE را تنظیم کنیم که به ترتیب از بالا به پایین اسکوپ، روی صفحه نمایش، کانال یک، کانال دو، دو موج را هم‌زمان و در وضعیت ADD، جمع ریاضی دو موج را نشان خواهد داد. ۷-۱) ولوم VOLT/DIV: با تغییر این پتانسیومتر دامنه موجی که در صفحه نمایش ظاهر می‌شود، تغییر می‌کند.

نکته: با تغییر مقیاس (مقدار VOLT/DIV) می‌توان هر شکل موجی را بر روی صفحه نمایش نشان داد. اسیلوسکوپ هیچ نوع دخل و تصرفی در (مقدار دامنه یا پریود) موج نمی‌کند و تنها مقیاس را تغییر می‌دهد. (صحیح‌ترین انتخاب مقیاس برای نشان دادن موج این است که شکل موج در ماکزیمم دامنه قابل دید (بزرگ‌ترین حالت پیک تو پیک) و داشتن ۱ یا ۲ پریود می‌باشد). ۸-۱) دکمه فشاری ALT: با فشار دادن این دکمه هر دو کانال با هم موج به اسیلوسکوپ داده و موج هر دو کانال با هم رسم می‌شود ولی شکل موج‌های آن در تمام لحظات با هم در صفحه اسیلوسکوپ دیده نمی‌شود. بلکه یک در میان روی صفحه حساس ظاهر می‌شوند.

۹-۱) دکمه فشاری CHOP: با فشار دادن این دکمه کانال ۱ و ۲ هر دو روشن شده و می‌توان دو موج جداگانه را توسط ورودی‌های این دو کانال به‌طور مجزا در صفحه اسیلوسکوپ مشاهده نمود.

نکته: یک دوره تناوب از یک موج را به طور کامل و بسیار سریع نمایش داده و بعد موج کانال دیگر را. اما این تغییر آنقدر سریع انجام می شود که ما آن را حس نمی کنیم. اما وضعیت CHOP به صورت انتخابی بریده هایی از یک موج و بریده هایی از یک موج دیگر را هم زمان نشان می دهد که ممکن است شکل موج در فرکانس های پایین با نقطه هایی خالی نشان داده شود.

۱- قسمت TRIGGER:

۱-۲) SOURCE: برای نمایش یک شکل موج پایدار در صفحه اسیلوسکوپ لازم است شکل موج جاروب کننده (SWEEP) با شکل موج ورودی سنکرون (هم زمانی) داشته باشد لذا برای سنکرون کردن لازم است یک شکل موج به آن اعمال شود که نوع این سیگنال سنکرون کننده در محل SOURCE به صورت زیر تعیین می شود.

۱-۲) CH<sub>1</sub> و CH<sub>2</sub>: اگر در یکی از این دو وضعیت باشد، باید برای پایدار بودن موج هر کانال در قسمت vertical در وضعیت مشابه source باشد یعنی اگر CH<sub>1</sub> بود، SOURCE هم CH<sub>1</sub> و اگر CH<sub>2</sub> بود، SOURCE هم باید CH<sub>2</sub> باشد (در این صورت اگر موج ثابت نشد از کلید LEVEL برای نگه داشتن موج استفاده می کنیم).

۲-۱) EXT: اگر در این وضعیت قرار گیرد می توان سیگنال جاروب کننده را از خارج توسط ترمینال (EXT-TRIG) راه انداز خارجی موج با فرکانس لازم را به صفحات افقی داد.

۳-۱) اگر فرکانس سیگنال همان فرکانس برق شهر باشد از دکمه INE برای تأمین سیگنال جاروب کننده استفاده می کنیم.

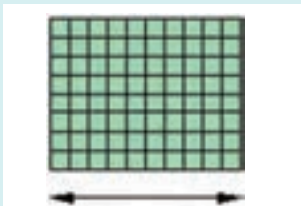
۲-۲) HEVEL: برای نگه داشتن موج به کار می رود.

۲-۳) SLOP: نمودار را نسبت به محور V قرینه می کند.

۲-۴) TRIC: تحریک کننده مدار می باشد.

۲- قسمت HORIZONTAL:

۳-۱) ولوم POSITION: با این ولوم می توان شکل موج روی صفحه نمایش گر را در جهت افقی حرکت داد.



۳-۲) سلکتور TIME/DIV: با تغییر این کلید پررود موج تغییر می کند. در نتیجه واحد زمان بر روی محور Tها عوض می شود. برای خواندن مقدار



پریود واقعی یک موج تعداد واحدهای دیده شده را در عدد TIM/DIV می‌کنیم. ذ ۰۶۳۳ در روی این سلکتور سه دسته تنظیمات برحسب ثانیه (S) میلی ثانیه (MS) و میکرو ثانیه ( $\mu$ S) وجود دارد که در موقع تبدیل باید به این واحدها توجه نمود.

۳-۳) ولوم SWP VAR: با این ولوم می‌توان تعداد بیشتری شکل موج را روی صفحه منعکس کرد. (برای صفر کردن خطای فرکانس)  
 ۳-۴) کلید فشاری  $10^{\circ}$  MAG: با فشار دادن این کلید موج  $10^{\circ}$  برابر می‌شود. پروب (PROBE): برای مشاهده شکل موج اعمال به اسیلوسکوپ در ابتدا با پروب سیگنال الکتریکی را به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم. سیم رابط اسیلوسکوپ از سه قسمت تشکیل شده است ۱- مغزی فلزی که به کانال اسیلوسکوپ وصل می‌شود و B.N.C نامیده می‌شود ۲- پروب که به مدار متصل می‌شود ۳- و سیم shield که پروب را به b.n.c متصل کرده است. در روی پروب کلید  $(\times 1)$  و  $(\times 10)$  وجود دارد. چنانچه دامنه سیگنال ورودی کم باشد از حالت  $\times 1$  و چنانچه دامنه سیگنال ورودی بزرگ باشد از حالت  $10^{\circ}$  استفاده می‌شود. (در حالت ورودی  $10^{\circ}$  سیگنال ورودی  $10^{\circ}$  برابر تضعیف می‌شود).

مدار داخلی پروب

نحوه اندازه‌گیری با اسیلوسکوپ:

قبل از شروع کار با اسیلوسکوپ باید دو کار انجام دهیم:

الف) تنظیمات اولیه: کلیدهای Gain Variable Control را که به صورت کلیدی کوچک‌تر بر روی کلیدهای Volt/DiV و Time/Div (طوسی رنگ) وجود دارد تا انتها در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید. در اسیلوسکوپ‌های آنالوگ کلیدهای کشویی روبه بالا و کلیدهای فشاری همه بیرون باید باشد. ب) کلید سه حالت AC- GND- DC را برای هر دو کانال در حالت GND قرار بدهید و با دستگیره Position محور عمودی را روی صفر قرار بدهید.

به وسیله کلیدهای Intensity و Focus به ترتیب شدت نور و نازکی موج رو تنظیم کنید و بعد از تنظیم زمین کلیدها رو در وضعیت DC قرار بدهید. **۱** اندازه گیری ولتاژ (دامنه):

تعداد خانه‌های عمودی محصور شده را از قله تا پایین ترین نقطه موج بشمارید و در Volt/Div آن کانال ضرب کنید. عدد به دست آمده اندازه دامنه P-P موج خواهد بود. به عنوان مثال اگر در حالتی که VOLT/DIV روی عدد ۲ و تعداد خانه‌های محصور شده توسط موج در راستای عمودی برابر ۳/۴ باشد آنگاه برای به دست آوردن مقدار ولتاژ از ضرب این دو عدد داریم:  
دامنه (ولتاژ) = عدد volt/div × تعداد خانه‌های عمودی  
$$6/8 \text{ V} = 3/4 \times 2$$

**۲** اندازه گیری پریود یا فرکانس:

الف) تعداد خانه‌های افقی را که در امتداد یک دوره تناوب قرار گرفته‌اند در واحد Time/Div ضرب کنید و عدد به دست آمده را معکوس کنید تا فرکانس موج به دست بیاید. مثلاً عدد time/div روی ۵۰ ms و تعداد خانه‌های افقی در یک دوره برابر ۵/۲  
پریود = T = عدد time/div × تعداد خانه‌های افقی  
$$260 \text{ ms} = 50 \text{ ms} \times 5/2$$
  
$$F = 1/T = 1/260 \text{ ms} = 3/8 \text{ Hz} \Rightarrow$$
 فرکانس  
ب) روش تطبیق:

در این روش تطبیق موجی را که فرکانسش را می‌خواهیم به دست آوریم را با موجی که می‌توانیم فرکانسش را اندازه بگیریم مقایسه می‌کنیم، فرکانس معلوم را آنقدر تغییر می‌دهیم تا با فرکانس مجهول برابر شود به این ترتیب می‌توانیم مقدار فرکانس مجهول را بخوانیم.

**۳** اندازه گیری جریان:

همان‌طور که می‌دانیم از اسیلوسکوپ فقط برای اندازه گیری ولتاژ می‌توان استفاده کرد و نمی‌توانیم جریان را با آن اندازه بگیریم، برای این کار یک مقاومت اهمی در مدار سری می‌کنیم و طبق قانون اهم در این حالت داریم  $V=RI$  و  $R=1\Omega$  پس داریم  $I \times 1 = V$  (یعنی  $V$  با  $I$  برابر خواهد بود) و با اندازه گیری ولتاژ در واقع جریان را هم اندازه گرفته‌ایم.

**۴** اندازه گیری اختلاف پتانسیل:

کلید INV این کلید سیگنال را معکوس می‌کند و برای محاسبه اختلاف پتانسیل استفاده می‌شود. به این صورت که اگر  $V_1$  ورودی CH۱ و  $V_2$  ورودی CH۲ باشد برای اختلاف پتانسیل  $V_2-V_1$  به صورت زیر عمل می‌کنیم:



CH<sub>1</sub> را با معکوس CH<sub>2</sub> جمع می‌کنیم (یعنی روی مد ADD قرار می‌دهیم و برای کانال دو دکمه INV زده می‌شود).

$$CH_1 [ADD] ([INV] CH_2) = CH_2 - CH_1 = V_2 - V_1$$

اندازه‌گیری اختلاف فاز:

الف) روش حوزه زمانی: در این روش اسیلوسکوپ را در مدار DUAL قرار داده و سیگنال‌های کانال ۱ و ۲ را با هم نمایش می‌دهیم سپس از روی نمودار و با توجه به مقادیر T و T<sub>0</sub> و از روابط زیر اختلاف فاز را محاسبه می‌کنیم.

ب) روش لیسازور: در روش لیسازور برای محاسبه اختلاف فاز، اسیلوسکوپ را در مدار Y-X قرار می‌دهیم و بعد از ظاهر شدن شکل موج لیسازور پایدار با توجه به شکل ظاهر شده و رابطه زیر اختلاف فاز را محاسبه می‌کنیم. (بعد از وصل دو سیگنال به کانال‌ها ابتدا هر دو کانال را روی مد GND قرار می‌دهیم تا نقطه نورانی ایجاد شده را در وسط محور مختصات تنظیم کنیم. و سپس روی مدار DC قرار داده تا اختلاف فاز را به دست آوریم).

فعالیت  
کارگاهی



یک ولتاژ متناوب سه فاز با دامنه ۱۲ ولت را به صورت نیم موج و تمام موج یکسوسازی کنید. شکل موج خروجی را در دو حالت با خازن صافی و بدون خازن در محیط نرم‌افزار، (شبیه‌سازی کنید یا در صورت امکان آن را با اسیلوسکوپ نمایش دهید).

برای انجام این فعالیت استفاده از اسیلوسکوپ آموزش داده شود و سپس کار عملی انجام دهند.

ابتدا نحوه تست سیگنال اسیلوسکوپ آموزش داده شود.

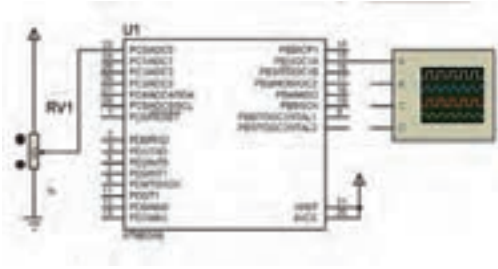
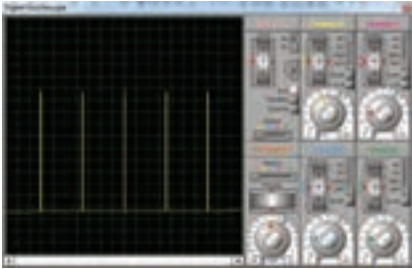
اسیلوسکوپ‌های آنالوگ برای کالیبره کردن کلید ولتاژ و زمان و تست پراپ و... یک پین خروجی دارد که یک شکل موج مربعی با فرکانس ۱ کیلو هرتز تولید می‌کند. حتماً برای نمایش شکل موج از ترانس هسته آهنی (سوئیچینگ نباشد) و یا سیگنال ژنراتور استفاده شود.

برای درک بهتر یک پل دیود و خازن را وصل کنند و شکل موج‌های آن را در چند مرحله ببینند.

برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار پروتئوس استفاده کنید.

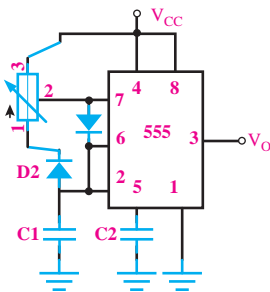


با استفاده از یک میکروکنترلر و یک ولوم، مداری بسازید که پالس‌های مربعی با سطح پالس متغیر از صفر تا صد درصد جهت سوئیچ‌زنی اِلمان‌های قدرت تولید کند.



در این پروژه می‌توانند از میکرو اتمگا ۸ و یا ۱۶ و یا ۳۲ استفاده کنند. با خواندن مقدار آنالوگ از پین آنالوگ ورودی میکرو و انجام یک عملیات ساده مقدار را بر ۴ تقسیم کرده و جایگزین مقدار پهنای پالس می‌کنیم البته با انتخاب نوع pwm شرایط مختلفی را می‌توان ایجاد کرد. در فایل ضمیمه برنامه کد ویژن و شبیه‌ساز پروتئوس قرار دارد. مدارهای داده مثل ۵۵۵ را می‌توان در برد امتحان کرد و نحوه تغییر پهنای پالس را می‌توان در اسیلوسکوپ مشاهده کرد.

این مدار را می‌توان با هزینه و زمان کم آماده نمود. خروجی ای سی شکل موج مربعی با پهنای پالس متغیر خواهد داشت با تغییر ولوم می‌توان پهنای پالس خروجی را تغییر داد.



با توجه به ساده بودن این مدار کارایی آن زیاد می‌باشد.

با تقویت خروجی آنکه بتواند جریان بیشتری را تحمل کند می‌توان برای کنترل نور لامپ‌های LED و موتورهای DC استفاده کرد.

هنرجویان این مدار را ساخته و با اضافه کردن یک ترانزیستور قدرت خروجی جریان را افزایش دهند.

با تغییر خازن C1 فرکانس خروجی ای سی تغییر می‌کند.

حتما یک موتور DC را آزمایش کرده در دو فرکانس مختلف آزمایش کنند و نتیجه را اعلام کنند.

مثل ۱ کیلو هرتز و ۱۰ کیلو هرتز (ظرفیت خازن را ۱۰ برابر کنند)

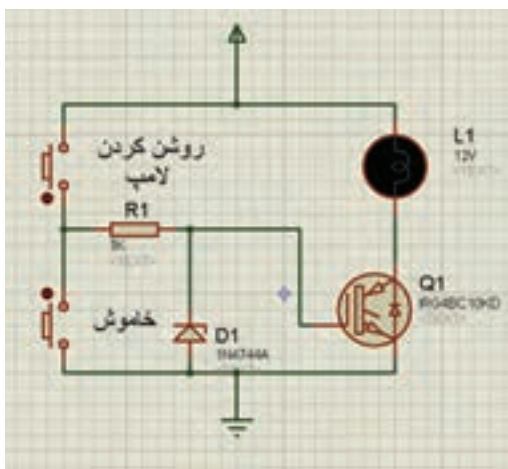
## فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

فعالیت  
کارگاهی



پایه‌های یک IGBT را از روی کاتالوگ، شناسایی کنید و روش تست سالم بودن آن را مطابق با مدار زیر تشخیص دهید.

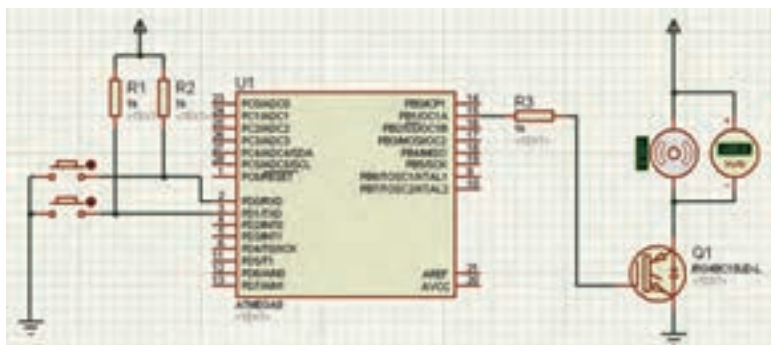
چون ترانزیستورهای MOSFET & IGBT گیت عایق هستند حتماً این مدار تست شود.  
سؤال شود از هنرجویان : دلیل استفاده کردن از یک میکروسوئچ برای خاموش کردن چیست؟  
جواب: چون گیت عایق هست و حالت خازنی دارد گیت آن نسبت به سورس با یک بار رون شون خازن شارژ می‌شود و روشن باقی می‌ماند و برای خاموش کردن باید این خازن تخلیه شود برای همین منظور از یک میکرو سوئچ برای تخلیه استفاده می‌شود.  
در عمل از یک مقاومت به جای میکروسوئچ استفاده می‌شود.



فعالیت  
کارگاهی



در فعالیت کارگاهی ابتدای صفحه ۷۰، یک IGBT در خروجی مدار اضافه کنید و توسط دو عدد شستی، پهنای پالس (PWM) و ولتاژ DC دو سر بار را کنترل کنید. (بار، یک موتور ۱۲VDC انتخاب شود).



این مدار برای کنترل ولتاژ خروجی یا تغییر سرعت موتور با دو عدد میکرو سویچ است. از هنرآموزان درخواست داریم به عنوان پروژه هنرجویان این مدار را تکمیل کنند و به صورتی باشد که دو عدد شاسی برای کنترل سرعت و دو عدد شاسی برای جهت چپ و راست و چهار عدد ماسفت برای پروژه تخت بیمارستان. در فایل ضمیمه برنامه کد ویژن و شبیه ساز پروتئوس قرار دارد.

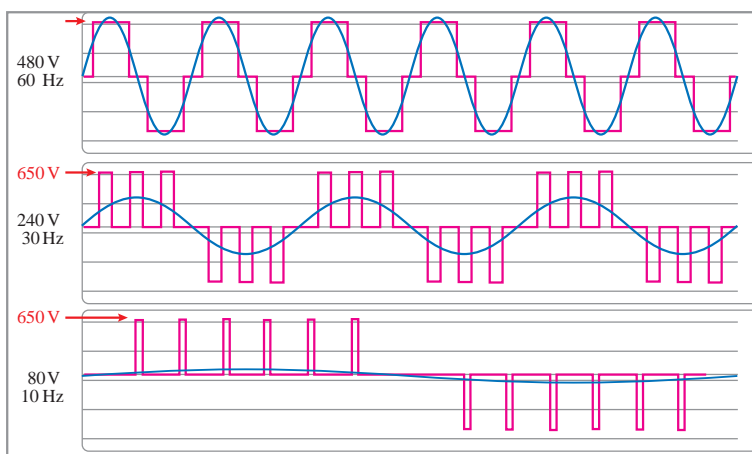
ولتاژ دو سر بار در مدارات PWM طبق رابطه زیر به دست می آید.

$$V_{out} = V_{in} \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

آیا می دانید



انتظار می رود هنرجویان با کار عملی این فرمول را متوجه شده باشند. به طور کلی با کنترل سطح روشن بودن پالس - سیگنال مقدار ولتاژ مؤثر تغییر می کند. در شکل موج های مربعی خیلی ساده می توان ولتاژ مؤثر را به دست آورد ولی در شکل موج های متناوب روابط ریاضی بیشتری دارد. حال برای درک بهتر می توان این چنین مثال بیان کرد. اگر طول یک شکل موج برابر با یک ظرف (تشت) باشد و مقدار شکل موج را با ماسه داخل ظرف درست کنیم. هرچه شکل موج سطح بیشتری داشته باشد ماسه بیشتری برای ساختن آن نیاز است. حال اگر قسمتی از شکل موج را قطع کنیم مثل این است که همان مقدار ماسه را از شکل اولیه برداشت کرده ایم. در نهایت مقدار مؤثر را می خواهیم بیان کنیم. ظرف را حرکت می دهیم تا ماسه ها هم سطح شوند. مقدار ضخامت یا سطح ماسه بیانگر ولتاژ مؤثر است. هرچه شکل کامل تر باشد به همان نسبت بعد تکان دادن ظرف ضخامت ماسه ها بیشتر است.



این شکل کمک می‌کند مطالب بالا بهتر درک شود. حال هنرآموز با سؤال پرسیدن از هنرجویان برای اینکه چگونه در اینورتر با برق DC خروجی متناوب تولید می‌شود؟ هنرجو درگیر این مطلب خواهد شد. می‌توان با کار عملی با ای سی ۵۵۵ مثال زد: موج متناوب یعنی ولتاژ متغیر باشد. حال اگر ما ولوم کار عملی را به سرعت بتوانیم تغییر دهیم در خروجی با تغییر سریع پهنای پالس توانسته‌ایم یک موج متناوب تولید کنیم. برای بهتر نشان دادن با وصل یک لامپ به خروجی و تغییر شدت نور می‌توان به‌طور عملی مثال زد. در قسمت بعد ما اگر با برنامه‌نویسی همین کار را انجام دهیم به صورتی که سطح پالس به سرعت تغییر کند می‌توانیم برق DC را به AC تبدیل کنیم. یک مثال در فایل ضمیمه قرار دارد با برنامه‌نویسی و شبیه‌ساز.

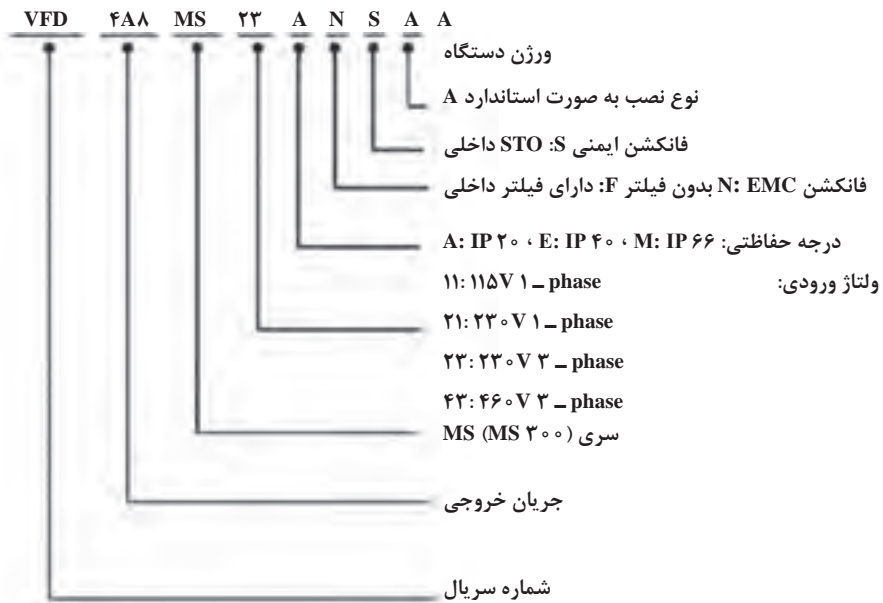
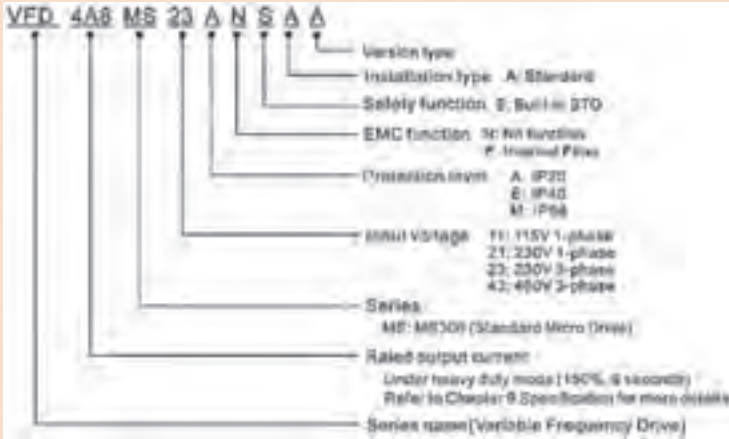
پژوهش کنید



**اصول تغییر سرعت الکترونیکی - اصول کار یک اینورتر**  
 در صورتی که فرکانس کم شود ولی ولتاژ ثابت بماند، چه مشکلی برای موتور و اینورتر به وجود می‌آید؟  
 همان‌طور که می‌دانید سیم‌پیچ در برق متناوب همانند مقاومت عمل می‌کند و با توجه به ولتاژ متناوب جریانی از آن عبور می‌کند.  
 حال با کاهش فرکانس راکتانس سیم‌پیچ‌ها کاهش یافته و جریان زیادی از آنها عبور می‌کند و منجر به افزایش گرما و سوختن سیم‌بندی موتور می‌شود.



کد مدل زیر را ترجمه کنید



پژوهش کنید



### کاربرد ترمینال‌های قدرت، شرح ترمینال قدرت در اینورتر

از ترمینال B<sub>1</sub> و B<sub>2</sub> در قسمت ترمینال‌های قدرت به چه منظوری استفاده می‌شود؟

در اینورترها در هنگام توقف‌های سریع (ترمز) محور موتور باعث می‌شود موتور آسنکرون همانند یک ژنراتور عمل کند که تولید انرژی می‌کند به صورت ولتاژ در دو سر ترانزیستورها تولید می‌شود حال اگر این انرژی دفع نشود باعث سوختن igbt اینورتر می‌شود  
به همین منظور ترمینالی قرار داده‌اند که هنگام ترمز ولتاژ اضافی روی یک مقاومت دفع شود.

فعالیت کلاسی



از اینترنت دو نمونه کاتالوگ اینورتر از شرکت‌های دیگر دریافت کنید و ترمینال‌های فرمان و قدرت آنها را در این مدل‌ها مورد بررسی قرار دهید.  
حتما هنرآموزان بر این فعالیت نظارت کنند.

با بررسی این کاتالوگ‌ها بر نحوه انتخاب اینورتر مهارت بیشتری کسب می‌کنند. تمام اینورترها دارای ترمینال قدرت یکسان هستند ولی ترمینال‌های فرمان براساس طراحی و مدل اینورتر دارای ترمینال‌های متفاوتی است. که هر کدام کارایی مختلفی می‌تواند داشته باشد  
به طور مثال اینورترهای هومت ایرانی ترمینال فرمان کم و منوی محدود دارد. ولی مدل انتخابی این کتاب یک ترمینال حدود ۸۰ کاربرد مختلف می‌تواند داشته باشد.

برخی مدل‌ها فقط کنترل سرعت و راه‌انداز نرم دارد و برخی دیگر امکانات نرم‌افزاری همراه با اینورتر دارد. در برخی مدل‌ها plc داخلی دارد.

فعالیت کلاسی



با بررسی کاتالوگ اینورتر پارامترهای انتخابی از گروه‌های

Parameters Drive ... و مشخصات و...  
تنظیمات خود درایو مثل قدرت اینورتر و مشخصات و...  
Parameters Basic تنظیمات استفاده از درایو  
Parameters Digital Input/Output تنظیمات ترمینال‌های فرمان  
Parameters Analog Input/Output تنظیمات سیگنال‌های آنالوگ درایو  
را با نظر دبیر ترجمه نموده و کاربرد هر یک را بررسی کنید.



سیم‌های برق ورودی و موتور را به درایو متصل کنید. زیرا قرار است با تنظیم پارامتر مناسب اینورتر موتور را از طریق کلید RUN روشن و با کلید STOP خاموش کند.  
حال این فعالیت را مطابق مراحل زیر انجام می‌دهیم.  
درایو را روشن کنید. برای این کار با توجه به کاتالوگ در پارامتر ۰۲۱-۰۰ عدد صفر را انتخاب می‌کنیم.

۰۰-۲۱	Source of the operation command (AUTO)	0: Digital keypad 1: External terminals 2: communication RS-485 input 3: CANopen communication card 5: communication card (not includes CANopen card)  [Note] Need to use with MO setting as 42, or use with KPC-CC01	0
-------	--	--	---

برق ورودی اینورتر را وصل کنید. سپس کلید «ENTER» را بزنید تا وارد تنظیمات شود. در مرحله اول، گروه تنظیمات با کلیدهای مکان نما انتخاب می‌شود. کد ۰۰ را انتخاب می‌کنیم و کلید «ENTER» را می‌زنیم تا وارد پارامترهای زیر گروه شویم. با کلیدهای مکان نما زیرگروه ۲۱ را انتخاب کرده و مجدداً با زدن کلید «ENTER» وارد زیرگروه پارامتر ۲۱ می‌شویم (می‌توان اعداد ۰ تا ۵ را برای آن انتخاب نمود). و عدد ۰ را انتخاب می‌کنیم با زدن کلید «ENTER» و نمایش «END»، پارامتر با موفقیت ذخیره و تنظیم شده است.

هنرآموز برای اینکه توضیحات کاملی را در مورد کلیدها و ترمینال‌ها و اتصالات بیان کند بهتر است اولین کار عملی با اینورتر را در مقابل هنرجویان انجام دهد همراه با توضیحات مرحله به مرحله‌ای تا استرس هنرجو برای کار کمتر شود.



با استفاده از کی‌پد جهت چرخش موتور را به صورت زیر تغییر دهید:  
پس از زدن کلید «MODE»، جهت چرخش موتور می‌توان کلیدهای مکان نما را به صورت «FWD\_REV» انتخاب نمود. با زدن کلید «ENTER»، موتور تنظیم می‌شود.



کلید MODE را زده و سپس کلیدهای مکان‌نما می‌توان REV-FWD را انتخاب نمود. با زدن کلید ENTER تنظیم می‌شود.

پژوهش کنید



بررسی کاتالوگ یک اینورتر - کاتالوگ عملکرد ترمینال‌های ورودی - خروجی با توجه به اینورتر موجود در کارگاه، انواع عملکردهایی را که ترمینال ورودی می‌تواند داشته باشد، تعیین کنید.

با توجه به مدل انتخابی MS300

- Settings 0: No function
- 1: Operation indication
- 2: Operation speed attained
- 3: Desired frequency attained 1 (Pr. 02-22)
- 4: Desired frequency attained 2 (Pr. 02-24)
- 5: Zero speed (Frequency Command)
- 6: Zero speed, include STOP (Frequency Command)
- 7: Over torque 1 (Pr. 06-06~ 06-08)
- 8: Over torque 2 (Pr. 06-09~ 06-11)
- 9: Drive is ready
- 10: Low voltage warning (LV) (Pr. 06-00)
- 11: Malfunction indication
- 13: Overheat warning (Pr. 06-15)
- 14: Software brake signal indication (Pr. 07-00)
- 15: PID feedback error
- 16: Slip error (oS<sub>L</sub>)
- 17: Count value attained (Pr. 02-20; not return to 0)
- 18: Count value attained (Pr. 02-19; returns to 0)
- 19: External interrupt B.B. input (Base Block)
- 20: Warning output
- 21: Over voltage warning
- 22: Over-current stall prevention warning
- 23: Over-voltage stall prevention warning
- 24: Operation source
- 25: Forward command
- 26: Reverse command
- 29: Output when frequency  $\geq$  Pr.02-34 ( $\geq$  02-34)
- 30: Output when frequency  $<$  Pr.02-34 ( $<$  02-34)
- 31: Y-connection for the motor coil
- 32:  $\Delta$ -connection for the motor coil

- 33: Zero speed (actual output frequency)
- 34: Zero speed include stop (actual output frequency)
- 35: Error output selection 1 (Pr. 06-23)
- 36: Error output selection 2 (Pr. 06-24)
- 37: Error output selection 3 (Pr. 06-25)
- 38: Error output selection 4 (Pr. 06-26)
- 40: Speed attained (including Stop)
- 42: Crane function
- 43: Motor actual speed output < Pr. 02-47
- 44: Low current output (Pr. 06-71 to Pr. 06-73)
- 45: UVW magnetic contactor ON / OFF switch
- 46: Master dEb signal output
- 50: Output for CANopen control
- 52: Output for communication card control
- 66: SO output logic A
- 67: Analog input level reached output
- 68: SO output logic B
- 73: Over torque 3

فعالیت  
کارگاهی



با استفاده از ترمینال‌های فرمان، فعالیت‌های زیر را انجام دهید.

۱ در یک پروسه صنعتی با روشن شدن یک کنتاکتور می‌خواهیم از یک تیغه باز فرمان، اینورتر موتور مربوط به خود را روشن کند و موتور در حالت راست‌گرد به حرکت در آید.

۲ در یک دستگاه می‌خواهیم با یک کلید دو طرفه فرمان ۲-۰-۱، هم‌زمان اینورتر را روشن و خاموش کنیم و جهت آن را تغییر دهیم.

۳ می‌خواهیم در یک دستگاه انتقال مواد، با یک کلید، اینورتر را در جهت راست‌گرد روشن کنیم ولی در مواقعی که مواد در جداره دستگاه گیر می‌کند جهت حرکت موتور را با یک پدال، عکس کنیم.

برای این حالت راه‌اندازی درایو را با استفاده از ترمینال خارجی انتخاب کرده یعنی گزینه ۱

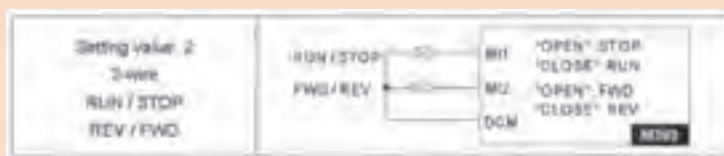
۰۰-۲۱	Source of the operation command (AUTO)	0: Digital keypad 1: External terminals 2: communication RS-485 input 3: CANopen communication card 5: communication card (not includes CANopen card)	۰
		[Note] Need to use with MO setting as 42, or use with KPC-CC01	

ترمینال ورودی را راه‌اندازی در حالت راست گرد انتخاب می‌کنیم یعنی گزینه اول در شکل زیر



۲ برای این حالت یک کلید دو طرفه انتخاب کرده و سپس مشترک را به ترمینال DCM و دو طرف کلید را به MI1، MI2 متصل می‌کنیم.

۳ در این حالت کلید خاموش روشن را به ترمینال MI1 وصل کرده و پدال را به ترمینال MI2 متصل می‌کنیم و تنظیمات ۰۰-۲ را عدد ۲ انتخاب می‌کنیم.



پژوهش کنید



**کاربرد اینورتر در صنایع مختلف - شرایط کار اینورتر در بارهای مختلف**

چرا در بعضی از کاربردهای راه‌اندازی اینورترها، شروع فرکانس راه‌اندازی اینورتر را بالاتر از صفر انتخاب می‌کنند؟

چون در بارهای سنگین فرکانس پایین قدرت لازم (گشتاور) برای راه‌اندازی ندارد و ممکن است به درایور آسیب وارد کند بر این اساس فرکانس راه‌اندازی را بالاتر در نظر می‌گیرند.

در برخی موارد فرکانس راه‌اندازی از صفر شروع می‌شود ولی در فرکانس ۳ الی ۵ هرتز موتور کار می‌کند که ما باید با توجه به حرکت موتور فرکانس استارت را تغییر دهیم.

در برخی مدل‌ها برای کارهای سنگین انتخاب می‌شود گشتاور در فرکانس پایین یک آیتم و مزیت برای درایو به حساب می‌آید.



### حد مجاز فرکانس موتور

چرا نمی توان فرکانس اینورتر را برای موتورهای معمولی بیش از حد مشخص شده بر روی پلاک آن افزایش داد؟  
 افزایش فرکانس بیش از حد باعث افزایش راکتانس سلفی سیم پیچ ها می شود و با بالا رفتن مقاومت سلفی آنها در نتیجه جریان کاهش پیدا می کند و موتور قدرت زیادی ندارد و در برخی موارد موتور دیگر حرکت نمی کند.  
 دلیل دیگر می توان مشکلات و محدودیت مکانیکی بلبرینگ ها و یاتاقان ها را نام برد.



در اینورتر، فرکانس کمینه، فرکانس راه اندازی، فرکانس اصلی و فرکانس بیشینه را به ترتیب ۵، ۱۰، ۵۰ و ۶۰ هرتز تعیین کنید.  
 ابتدا باید مشخص کرد که تنظیم فرکانس با چه روشی انجام می شود  
 در این کار عملی با کی پد باشد بهتر است در تنظیمات زیر پارامتر اول انتخاب می شود.

00-20	Source of the master frequency command (AUTO)	0: Digital keypad 1: communication RS-485 input 2: External analog input (Refer to Pr. 03-00) 3: External UP/DOWN terminal 4. Pulse input without direction command (Refer to Pr. 10-16 without direction) 6: CANopen communication card 7. Digital keypad dial 8: communication card (not includes CANopen card)  [Note] Need to use with MO setting as 42, or use with KPC-CC01	0
-------	---	---	---

تنظیم حداکثر فرکانس عدد ۶۰ انتخاب شود

01-00	Max. operation frequency of motor 1	0.00 ~ 599.00 Hz	60.00/ 50.00
-------	-------------------------------------	------------------	-----------------

حداقل فرکانس عدد ۵ انتخاب شود

01-03	Mid-point frequency 1 of motor 1	0.00 ~ 599.00 Hz	3.00
-------	----------------------------------	------------------	------

از این دو گزینه هم می‌توان این تنظیمات را استفاده کرد.

01-10	Output frequency upper limit	0.00 ~ 599.00 Hz	599.00
01-11	Output frequency lower limit	0.00 ~ 599.00 Hz	0.00

و از طریق کی‌پد فرکانس ۵۰ هرتز را برای کار موتور انتخاب کرد.

فعالیت  
کارگاهی



۱ برای راه‌اندازی یک نوار نقاله از یک اینورتر استفاده کرده‌ایم و می‌خواهیم دستگاه به صورتی کار کند که فرکانس اینورتر در حالت سریع ۵۰ هرتز تنظیم شود و در زمانی که می‌خواهند سرعت را کم کنند فرکانس اینورتر ۱۰ هرتز شود.

۲ در صورتی که بخواهند نوار نقاله در دو جهت کار کند و شرایط بالا را داشته باشد، با دو عدد کلید دو طرفه ۲-۰-۱ تنظیمات لازم را انجام دهید.

در برخی شرایط ما چند فرکانس برای کار کرد موتور در نظر داریم. در حالتی که چندین فرکانس انتخابی داشته باشیم از گزینه‌های مولتی استپ استفاده می‌شود ولی در این فعالیت می‌توان از دو ترمینال استفاده کنند که یکی حالت JOC و دومی حالت معمولی باشد

برای راه‌اندازی درایو از حالت ترمینال خارجی استفاده شود و برای فرمان دادن به ترمینال‌ها گزینه ۲-۰-۰ را عدد ۱ انتخاب می‌کنیم.

و ترمینال MI۳ را در تنظیمات ترمینال ورودی گزینه JOC انتخاب می‌کنیم  
گزینه ۲-۰-۳ عدد ۶ را انتخاب می‌کنیم

۲ با اتصال کلید فرمان طبق کار عملی قبلی می‌تواند درایو را در دو جهت راه‌اندازی کرد و با اتصال ترمینال MI۳ سرعت را کاهش داد  
\*\*\*\* فرکانس حالت JOC باید تنظیم شود در گزینه زیر عدد ۱۰ انتخاب شود.

01-22	JOG frequency	0.00 ~ 599.00 Hz	6.00
-------	---------------	------------------	------



یک اینورتر را با استفاده از کی پد راه اندازی کنید و تنظیمات را به صورتی انجام دهید که کمیت های زیر را نشان دهد:

۱ فرکانس تنظیمی؛

۲ ولتاژ خروجی؛

۳ جریان خروجی؛

۴ سرعت موتور؛

۵ توان خروجی؛

۶ ولتاژ ورود آنالوگ؛

۷ جریان ورودی آنالوگ.

در تنظیمات گزینه زیر می توان پارامترهای مختلفی از درایو و موتور را نمایش داد (۴۸ مورد)

برای این کار عملی گزینه های مختلف را استفاده کنند.

00-04	Content of multi-function display (user defined)
-------	--



در جدول زیر، پارامتر مربوط به زمان راه اندازی و پارامتر مربوط به زمان توقف معرفی شده است.

□ مدت زمان روشن شدن اینورتر را ۵ ثانیه و مدت زمان خاموش شدن را ۲ ثانیه قرار دهید. موتور را با اینورتر راه اندازی کنید.

□ موتور را مستقیماً توسط کنتاکتور راه اندازی کنید و رفتار موتور را با مرحله قبل مقایسه کنید.

01-12	Accel. Time 1	Pr.01-45 = 0:0.00 ~ 600.00 sec. Pr.01-45 = 1:0.00 ~ 6000.0 sec.	10.00 10.0
01-13	Accel. Time 1	Pr.01-45 = 0:0.00 ~ 600.00 sec. Pr.01-45 = 1:0.00 ~ 6000.0 sec.	10.00 10.0

دو گزینه زیر برای مدت زمان راه اندازی و خاموش شدن موتور استفاده می شود در صورتی که از کنتاکتور استفاده شود موتور بعد از خاموش شدن با اینرسی که در روتور آن ذخیره شده ممکن است چندین دقیقه کار کند ولی زمانی که از درایو استفاده شود باعث می شود سریع تر موتور متوقف شود و یا مدت زمان توقف اجباری را کنترل کرد.

بهتر است هنرآموزان این آزمایش را انجام دهند. ابتدا موتور را با کنتاکتور روشن و خاموش کنند و پس از خاموش کردن مدت متوقف شدن محور را یادداشت کنند. در حالت دوم زمان توقف موتور را در درایو ۲ ثانیه تنظیم کنند و آزمایش بالا را انجام دهند. پس از مقایسه متوجه خواهید شد که اینورتر همانند ترمز سرعت محور را کنترل می‌کند. به عبارتی مدت زمان متوقف شدن را می‌تواند کاهش دهد (کنترل کند).

ترجمه کنید



01\_44

Settings 0: Linear accel. / decel.

1: Auto accel., linear decel.

2: Linear accel., auto decel.

3: Auto accel. / decel.

4: Linear, stall prevention by auto accel. / decel. (limited by Pr. 01\_12 to 01\_21)

Setting 0 linear accel. / decel. : it will accel. / decel. according to the setting of Pr. 01\_12~01\_19.

۰۱-۴۴ استارت و استپ Acceleration/Deceleration متناسب با بار

تنظیم کارخانه: ۰

تنظیمات:

۰: accel/decal خطی

۱: accel اتوماتیک، decal خطی

۲: accel خطی، decal اتوماتیک

۳: accel/decal اتوماتیک

۴: به صورتی خطی، با تأثیر accel/decal اتوماتیک (توسط ۰۱-۲۱ ~ ۰۱-۱۲ Pr. محدود می‌شود).

فعالیت  
کارگاهی



می‌خواهیم فرکانس یک اینورتر را تحت شرایط زیر کنترل کنیم :

۱ با استفاده از کی‌پد اینورتر راه‌اندازی شود و سپس با کلیدهای بالا و پایین، فرکانس تغییر کند.

۲ با استفاده از ترمینال‌های فرمان توسط یک کلید ۰-۱ اینورتر راه‌اندازی شود و سپس با استفاده از دو شستی استارت، فرکانس اینورتر را کاهش و

افزایش دهید، به صورتی که با فشردن هر شستی فرکانس اینورتر نیم هرترز (۵/۰ Hz) تغییر کند.

۳ تنظیمات را همانند مرحله قبل انجام دهید، با این تفاوت که افزایش یا کاهش فرکانس تا زمانی خواهد بود که شستی را فشار داده باشیم.

۱ برای راه اندازی گزینه ۲۱-۰ را عدد ۰ انتخاب می کنیم

برای تغییر فرکانس گزینه ۲۰-۰ را عدد ۰ انتخاب می کنیم

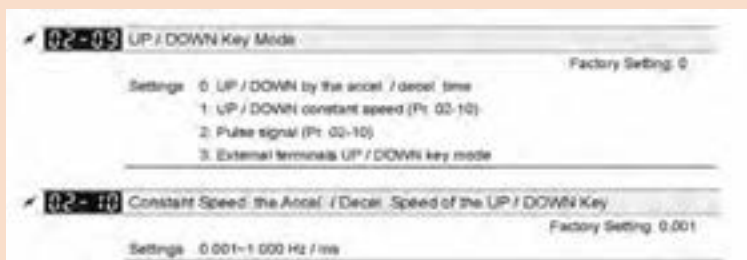
۲ برای راه اندازی گزینه ۲۱-۰ را عدد ۱ انتخاب می کنیم همانند کار عملی قبل

برای کنترل فرکانس گزینه ۲۰-۰ را عدد ۳ انتخاب می کنیم سپس باید ترمینال فرمان مثلاً MI۴، MI۵ را در منوی ۰۵-۰۴-۲ عدد ۲۰ و ۱۹ انتخاب کرد.

19	Digital up command	When the Contact of this function is ON, the frequency of drive will increase or decrease by one unit. If this function remains ON continuously, the frequency will increase/ decrease by Pr. 02-09/Pr. 02-10.
20	Digital down command	The frequency command returns to zero when the drive stops, and the displayed frequency is 0.00 Hz. Select Pr. 11-00, bit 7=1, frequency is not saved.

۱۹	افزایش فرکانس کنترل از راه دور Digital up	زمانی که کنتاکت ورودی این تابع ON می شود، فرکانس با یک واحد درایو افزایش یا کاهش می یابد. اگر این تابع به طور مداوم روشن باقی بماند، فرکانس مطابق تنظیمات ۱۰-۲/Pr. ۰۲-۰۹/Pr. ۰۲-۰۹، افزایش یا کاهش می یابد.
	کاهش فرکانس کنترل از راه دور Digital down	زمانی که درایو استپ می شود، فرکانس فرمان به صفر می رسد و ۰،۰۰ Hz نمایش داده می شود. با انتخاب bit ۷=1، Pr. ۱۱-۰۰، فرکانس ذخیره نمی شود.

برای پله ای تغییر کردن فرکانس گزینه زیر را تنظیم کرد.





۰۲-۰۹- کنترل سرعت با کلید UP/DOWN

تنظیم کارخانه: ۰

تنظیمات:

۰: UP/DOWN مطابق زمان DEC/ACC

۱: UP/DOWN مطابق سرعت ثابت در (۰-۱۰-Pr.۰۲)

۲: فرمان پالس در (۰-۱۰-Pr.۰۲)

۳: ترمینال خروجی UP/DOWN

۰۲-۱۰- مقدار افزایش سرعت در حالت UP/DOWN

تنظیم کارخانه: ۰.۰۰۱

تنظیمات: ۰.۰۰۱ ~ ۱.۰۰۰ Hz/ms

قبل از اینکه آموزش کنترل سرعت با سیگنال آنالوگ گفته شود بهتر است این نکته بیان شود.

به‌طور کلی در صنعت سیگنال آنالوگ استاندارد ولتاژ ۰-۱۰ ولت و جریان ۰ تا ۲۰ میلی‌آمپر یا ۴ تا ۲۰ میلی‌آمپر استفاده می‌شود، در اینورترها برای اینکه بتوان از سنسورها و سیگنال آنالوگ فرمان گرفت کنترل فرکانس رو با سیگنال ولتاژ و جریان در نظر می‌گیرند تا بتواند به راحتی با کلیه دستگاه‌ها سازگار شود.

فعالیت  
کارگاهی



۱ می‌خواهیم توسط کی‌پد، اینورتر را راه‌اندازی کنیم و فرکانس اینورتر را با ولوم روی کی‌پد تغییر دهیم.

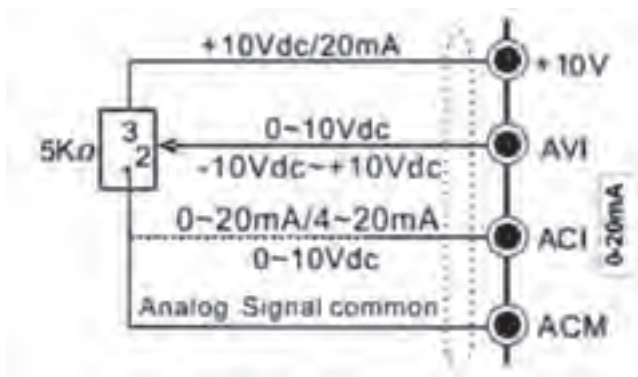
۲ یک اینورتر را می‌خواهیم توسط ترمینال فرمان راه‌اندازی کنیم. سپس با استفاده از یک ولوم خارجی فرکانس آن را تغییر دهیم.

۳ در یک دستگاه صنعتی برای تخلیه مخزن از یک موتور و یک سنسور فشار با خروجی جریان ۴-۲۰ میلی‌آمپر استفاده شده است. سیستم را به گونه‌ای طراحی کنید که با افزایش فشار، سرعت موتور افزایشی یابد و با کاهش فشار، سرعت کاهش یابد.

## تنظیم ترمینال خروجی آنالوگ

۱ برای راه‌اندازی گزینه ۰۲-۰۰ را عدد ۰ انتخاب کرده و برای کنترل فرکانس با ولوم گزینه ۰۲-۰۰ را عدد ۲ انتخاب می‌کنیم.

برای اینکه ورودی آنالوگ را از نوع ولوم (ولتاژ) انتخاب کنیم باید سیم‌بندی فرمان را طبق شکل زیر انجام دهیم.



از ترمینال ACM، AVI، +10 استفاده می‌کنیم. گزینه ۰-۳ را عدد ۱ انتخاب می‌کنیم.

۲ در این کار عملی از یک سنسور فشار استفاده شده که دو سر آن به ترمینال ACM، ACI وصل می‌شود.

گزینه ۰-۳ را عدد ۱ انتخاب کرده و گزینه ۰-۳ را عدد ۰ انتخاب می‌کنیم.

۱ در یک کارگاه می‌خواهیم فرکانس خروجی اینورتر را به صورت آنالوگ به یک ولت‌متر متصل کنیم. تنظیمات لازم را انجام دهید.

۲ فرکانس ورودی یک اینورتر وابسته به یک حسگر فشار ۴-۲۰ میلی‌آمپر است. می‌خواهیم مقدار ورودی جریان آنالوگ را در خروجی آنالوگ به صورت ولتاژ نمایش دهیم. تنظیمات لازم را انجام دهید.

۱ از ترمینال خروجی آنالوگ استفاده می‌کنیم و گزینه ۰-۳ را عدد ۰ انتخاب می‌کنیم.

۲ گزینه ۰-۳ را عدد ۱۰ قرار می‌دهیم.

فعالیت  
کارگاهی



فعالیت  
کارگاهی



در یک جرثقیل از دو اینورتر برای حرکت طولی استفاده شده است. برای اینکه جرثقیل از مسیر خود خارج نشود باید سرعت موتورهای یکسان باشد. تنظیمات و سیم‌کشی دو اینورتر را به نحوی انجام دهید که بتوان سرعت موتور دوم را با سرعت موتور اول سنکرون نمود.

فصل دوم: نصب و راه‌اندازی نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی

برای این کار عملی خروجی آنالوگ اینورتر اول را به ورودی آنالوگ اینورتر دوم وصل می‌کنیم.  
اینورتر اول می‌تواند با روش‌های مختلفی کنترل فرکانس شود ولی اینورتر دوم از طریق سیگنال آنالوگ کنترل فرکانس می‌شود.

فعالیت  
کارگاهی



با توجه به اینکه تهویه موتورهای الکتریکی توسط یک پروانه نصب شده در انتهای موتور انجام می‌گیرد. در صورتی که موتور همواره در سرعت‌های پایین کار کند موتور گرم می‌شود و لازم است جهت خنک شدن موتور، فن کمکی روشن شود. لذا با استفاده از رله داخلی اینورتر تغذیه فن را کنترل کنید (با روشن شدن اینورتر فن روشن شود).

02-12	Digital input mode selection	0000h ~ FFFFh (0: N.O 1:N.C.)	0000
02-13	Multi-function output 1 RY 1	0: No function	11
02-16	Multi-function output 2 (MO1)	1: Indication during RUN 2: Operation speed attained 3: Desired frequency attained 1 (Pr. 02-22)	0
02-17	Multi-function output 3 (MO2)	4: Desired frequency attained 2 (Pr. 02-24) 5: Zero speed (Frequency command) 6: Zero speed, include STOP (Frequency command)	0
		7. Over torque 1 (Pr. 06-06 ~ 06-08) 8. Over torque 2 (Pr. 06-09 ~ 06-11)	

برای این کار عملی گزینه ۱۲-۲ را عدد ۱ انتخاب می‌کنیم. یعنی با راه‌اندازی درایو رله وصل شود.

## ارزشیابی پایان شایستگی

### شرح کار:

در یک دستگاه انتقال مواد از دو نوار نقاله استفاده شده است  
نوار نقاله اول بزرگ و نوار نقاله دوم کوچکتر است و باید سرعت نوار نقاله دوم دو برابر نوار نقاله اول باشد تا مشکلی برای انتقال مواد به وجود نیاید. تنظیمات را به صورتی انجام دهید که با یک کلید ۱-۰ بتوانیم اینورتر را راه اندازی کنیم و با یک ولوم بتوانیم سرعت هر دو نوار نقاله را کنترل کنیم. این کار عملی همانند جرثقیل می باشد با این تفاوت اینورتر دوم گین یا ضریب سیگنال آنالوگ را نصف می کنیم. یعنی گزینه ۱۱-۳ را عدد ۵۰ قرار می دهیم.

گین یا ضریب بهره:

در اینورترها برای اینکه از سیگنال آنالوگ به راحتی استفاده کنند یک ضریب یا گین قرار داده شده است. مثلا ورودی ولتاژ آنالوگ ۱۰-۰ ولت است ولی خروجی یک سنسور ۵ ولت است بر این اساس ما می توانیم ضریب را عدد ۲۰۰ قرار دهیم. یعنی دو برابر یا ۲۰۰ درصد.

در برخی موارد ما ورودی ولتاژ کافی داریم ولی می توانیم با ضریب کمتر از ۱۰۰ اجازه ندهیم سرعت از حد معینی افزایش یابد. ضریب یا گین در سیگنال ورودی و خروجی استفاده دارد.

### استاندارد عملکرد:

پس از اتمام واحد یادگیری راه انداز نرم و کنترل دور موتور الکتریکی، هنرجویان قادر خواهند بود با استفاده از تجهیزات راه اندازی الکترونیکی موتورهای القایی را راه اندازی کرده و سرعت آنها را نیز کنترل کنند.

### شاخص ها:

شناسایی تجهیزات راه اندازی الکترونیکی، شناسایی ترمینال های قدرت و فرمان و سیم کشی و نصب و راه اندازی صحیح

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

#### الف) شرایط

- ۱) اجرا در کارگاه برق صنعتی (اتوماسیون) ۲) نور یکنواخت با شدت ۴۵۰ لوکس ۳) تهویه استاندارد و دمای مناسب ۴) ابزار آلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵) وسایل ایمنی استاندارد ۶) زمان ۴۰ دقیقه
- ب) ابزار و تجهیزات
  - ۱) اینورتر ۲) ولوم ۳) فیوز سه فاز ۴) کلید فرمان ۵) سیم

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نصب صحیح اینورتر و لوازم جانبی	۳	
۲	نحوه صحیح سیم بندی مدار قدرت	۳	
۳	نحوه صحیح سیم بندی مدار فرمان	۲	
۴	تنظیمات اینورتر برای راه اندازی	۲	
۵	تنظیمات اینورتر با توجه به نیاز	۲	
۶	اجرای کار و صحت کارکرد هر دو اینورتر	۳	
	<b>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱) رعایت قواعد و اصول در مراحل کار؛</li> <li>۲) استفاده از لباس کار و کفش ایمنی؛</li> <li>۳) تمیز کردن گیره و محیط کار؛</li> <li>۴) رعایت دقت و نظم.</li> </ol>		۲
	<b>میانگین نمرات</b>		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، «۲» است.