

فصل چهارم

دانش افزایی درایو فرکانس متغیر اینورتر

مقدمه

یکی از موارد مهمی که در یک فرایند صنعتی مطرح و مورد ارزیابی مستمر قرار می‌گیرد، بالا بردن بهره‌وری است.

از یک دیدگاه و به زبان ساده، برای اینکه بهره‌وری بالا رود، باید کیفیت محصول تولیدی افزایش یابد و هزینه تمام شده پایین بیاید برای اینکه افزایش کیفیت و کاهش هزینه تمام شده اتفاق بیفتد بهتر است:

۱ سرعت تولید افزایش یابد.

۲ ضایعات به حداقل برسد.

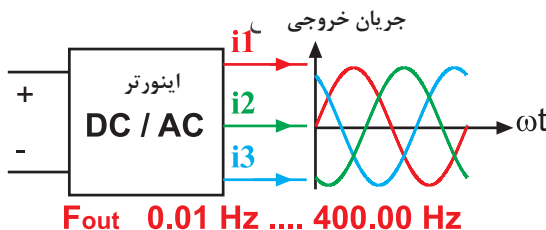
۳ انرژی مصرف شده به حداقل برسد.

۴ تا حد امکان سیستم‌ها و فرایندهای تولیدی به صورت خودکار درآیند.
برای محقق شدن موارد گفته شده ناگزیر به استفاده از فناوری جدید هستیم.

کاربرد اینورتریکی از مواردی است که می‌تواند در تحقق موارد گفته شده نقش بسیار مهمی داشته باشد.

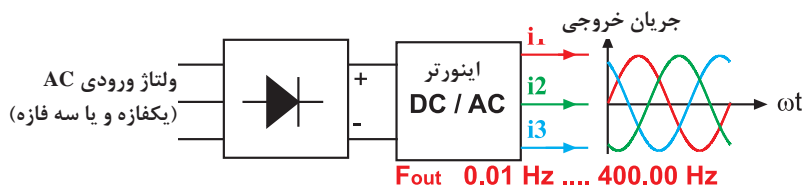
۱- تعریف اینورتر

اینورتر به دستگاهی اطلاق می‌شود که بتواند ولتاژ DC را به AC تبدیل نماید. آنچه در صنعت به عنوان اینورتر مطرح می‌شود منظور مبدل برق DC به AC سه فاز با فرکانس متغیر معمولاً ۰/۰۱ هرتز الی ۴۰۰ هرتز است. شکل (۱) تبدیل ولتاژ DC را به AC نشان می‌دهد.



شکل ۱- بلاک دیاگرام یک اینورتر به زبان ساده

برای تأمین برق DC ورودی اینورترها، معمولاً از برق شهر استفاده می‌کنند. بدین منظور برق شهر را (AC-50Hz) یکسو نموده و به ورودی مدارات الکترونیکی اینورتر اعمال می‌کنند شکل (۲).



شکل ۲- برای تأمین برق DC ورودی اینورترها معمولاً از برق شهر استفاده می‌شود

همرأزمان گرمای توجه داشته باشند که در صنعت بخش یکسو ساز نیز به همراه اینورتر ارائه می‌شود. چنانچه اشاره شد اینورتر بخشی از سخت‌افزار است که ولتاژ DC را به AC تبدیل می‌کند.

توجه

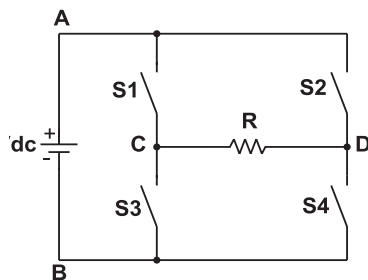
حدود ۳/۷ Kw معمولاً به صورت ورودی ۲۲۰ ولت ساخته می‌شود و از توان ۱۰۰ وات الی ۱۰ MW (ده مگاوات) با ورودی برق سه فاز ساخته می‌شوند. ولتاژ ورودی سه فاز اینورترها معمولاً ۳۸۰ ولت (در بعضی صنایع سه فاز ۲۲۰ ولت نیز وجود دارد) و در توان‌های بالاتر مقدار ولتاژ بیشتر است.

اینورتر هیچ‌گاه ولتاژ ورودی را افزایش نمی‌دهد یعنی در خروجی اینورتر حداکثر دامنه ولتاژ خروجی، برابر دامنه ولتاژ ورودی است. اگر ولتاژ ورودی اینورتر ۲۲۰ ولت (مثلاً برق یکفاز خانگی) باشد در خروجی آن برق سه فاز با فرکانس متغیر و با دامنه صفر ولت الی حداکثر ۲۲۰ ولت ظاهر خواهد شد. اگر ولتاژ ورودی اینورتر سه فاز ۳۸۰ ولت باشد در خروجی آن سه فاز با فرکانس متغیر با دامنه صفر ولت الی حداکثر ۳۸۰ ولت ظاهر خواهد شد.

نکته مهم

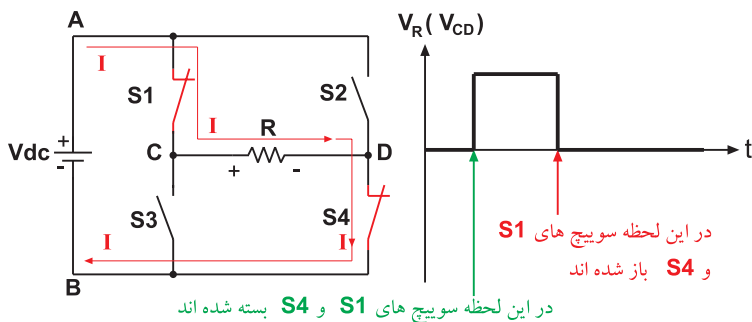
۲- اصول کار اولیه اینورترها به زبان ساده و واقعی

ابتدا نحوه و چگونگی تبدیل ولتاژ DC به ولتاژ AC در اینورتر بررسی می‌شود. برای این منظور از مدار نشان داده شده در شکل (۳) استفاده شده است.



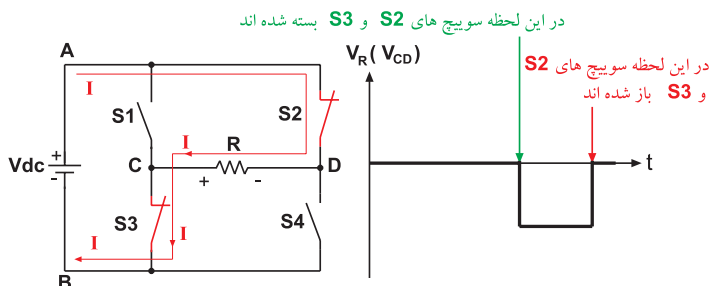
شکل ۳- مدار پایه تولید برق AC در اینورترها

در شکل ۳ اگر سوئیچ‌های $S1$ و $S4$ بسته شوند، ولتاژ DC بین نقاط A و B، در دو سر مقاومت قرار می‌گیرد (در حقیقت مقاومت با منبع موازی می‌شود (شکل ۴) این شکل موج خروجی به شکل مربعی است.



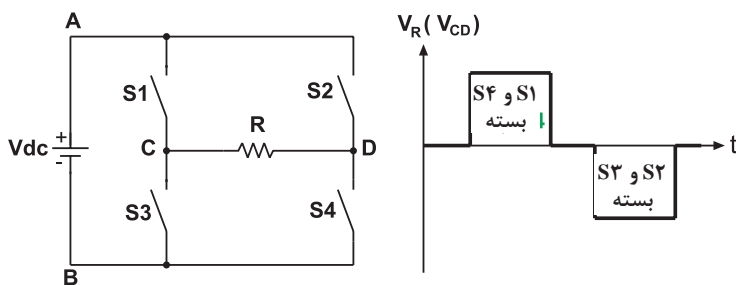
شکل ۴- نحوه تولید نیم سیکل مثبت برق AC تولیدی

اگر در حالی که کلیدهای $S1$ و $S4$ باز هستند کلیدهای $S2$ و $S3$ بسته شوند شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی به صورت شکل ۵ خواهد شد.



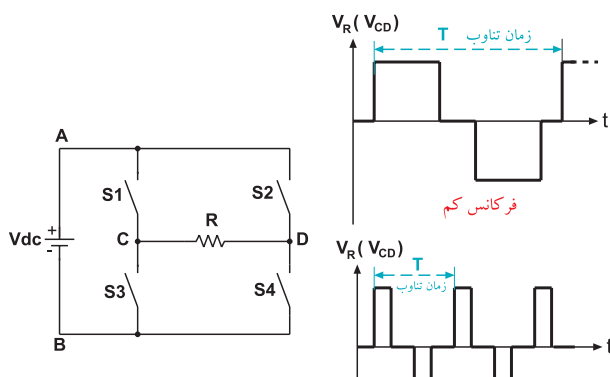
شکل ۵- نحوه تولید نیم سیکل منفی برق AC تولیدی

چنانچه به تناوب کلیدهای $S1$ و $S4$ و همچنین کلیدهای $S2$ و $S3$ باز و بسته شود، شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی به صورت شکل ۶ خواهد شد.



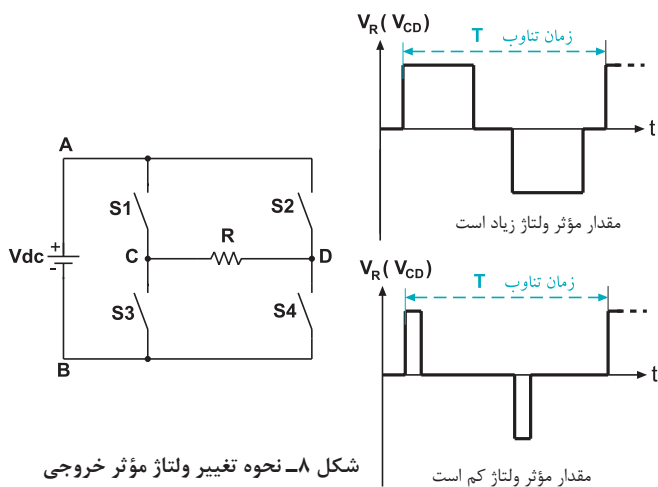
شکل ۶- نحوه تولید ولتاژ AC

در اینورترها ولتاژ متناوب AC را عملاً به صورت شکل ۶ تولید می‌کنند. اکنون با تنظیم مدت زمان وصل و قطع بودن کلیدهای $S1$ تا $S4$ به سادگی می‌توان فرکانس ولتاژ خروجی متناوب را تغییر داد. در شکل ۷ با تغییرات زمان تناوب کلیدزنی، فرکانس ولتاژ خروجی تغییر کرده است.

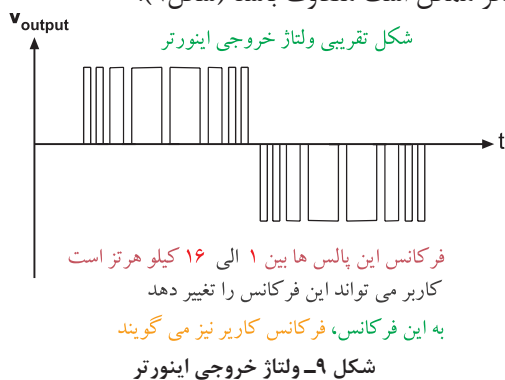


شکل ۷- نحوه تغییر فرکانس تولیدی در خروجی اینورتر

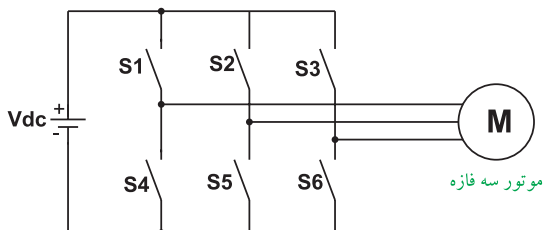
همچنین می‌توان با تنظیم مدت زمان وصل و قطع بودن کلیدهای $S1$ الی $S4$ ، ولتاژ مؤثر خروجی را نیز تغییر داد بنابراین با تنظیم مدت زمان وصل بودن و قطع بودن کلیدها می‌توان ولتاژ را تغییر داد (شکل ۸).



شکل ولتاژ و فرکانس دو سر خروجی اینورتر (VFD) عملاً مربعی است فقط یک تفاوت خیلی کوچک با شکل‌های نشان داده شده دارد و آن اینکه عرض مربع شکل موج‌ها با یکدیگر ممکن است متفاوت باشد (شکل ۹).



دلیل این امر این است که اگر ولتاژ شکل ۹ به یک بار اهمی القایی اعمال شود. شکل موج جریان گذرنده از بار اهمی - القایی (مثلاً موتور) الکتریکی تقریباً سینوسی خواهد بود.



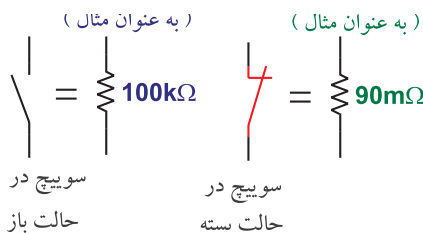
شکل ۱۰- با باز و بسته شدن مناسب کلیدهای S۱ الی S۶، ولتاژ سه فاز در خروجی اینورتر تولید می‌شود

برای تولید ولتاژ سه فاز در خروجی اینورتر، از ۶ کلید به صورت شکل ۱۰ استفاده می‌کنند.

توجه

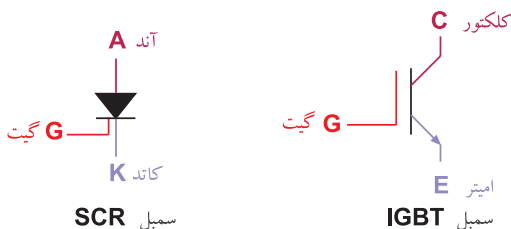
در خروجی اینورتر علی‌رغم داشتن ولتاژ سه فاز شکل ولتاژ همچنان به صورت پالس‌های مربعی است. با ولت متر معمولی نمی‌توان ولتاژ خروجی اینورتر را اندازه گرفت، زیرا ولت‌مترهای معمولی برای شکل ولتاژ سینوسی ساخته شده‌اند.

فرکانس سوئیچ‌زنی در اینورترها معمولاً بین ۱/۵ کیلوهرتز الی ۱۶ کیلوهرتز است و در اکثر اینورترهای ساخته شده کاربر می‌تواند آن را تغییر دهد. سوئیچ‌های به کار برده شده در تبدیل ولتاژ DC به AC، همگی از نوع الکترونیکی هستند. در حقیقت یک سوئیچ الکترونیکی یک مقاومت اهمی است که هنگام باز بودن سوئیچ مقاومت آن زیاد است و هنگام بسته بودن سوئیچ مقاومت اهمی آن بسیار کم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مفهوم سوئیچ الکترونیکی و مقایسه آن با سوئیچ مکانیکی

سوئیچ‌های الکترونیکی برای نوع ولتاژ DC, AC متفاوت هستند. سوئیچ‌هایی که برای ولتاژ AC مورد استفاده قرار می‌گیرد همان تریستورها (SCR) هستند و سوئیچ‌هایی که برای ولتاژ DC مورد استفاده قرار می‌گیرند IGBT نام دارند. در شکل ۱۲ سمبل تریستور و ترانزیستور IGBT نشان داده شده است.



شکل ۱۲- سمبل IGBT و SCR

۳- مزایای استفاده از اینورتر

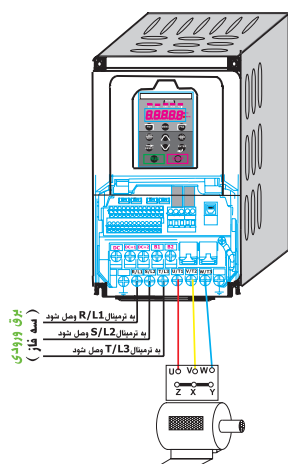
سوئیچ‌های الکترونیکی دارای مزایای زیر هستند:

- ۱ سرعت قطع و وصل بالا در جریان‌های زیاد
 - ۲ هنگام قطع و وصل ایجاد جرقه نمی‌کنند.
 - ۳ ابعاد کوچک
 - ۴ طول عمر بسیار بالا (چون قطعه مکانیکی متحرک ندارند)
 - ۵ عدم ایجاد نویز
 - ۶ عدم ایجاد لرزش
 - ۷ عدم حساسیت به گرد و خاک محیط
- استفاده از اینورتر برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی دارای مزایای زیر است:
- ۱ صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌طوری که ظرف مدت یک الی یک و نیم سال، هزینه تهیه اینورتر از محل بابت صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران می‌شود.
 - ۲ کاهش توان راکتیو مصرفی (به دلیل داشتن بانک خازنی در اینورتر)
 - ۳ حذف جریان راه‌اندازی زیاد
 - ۴ رفع ناهنجاری‌های مکانیکی (عدم ایجاد ضربه و به دنبال آن عدم خرابی فونداسیون نصب موتورهای الکتریکی)
 - ۵ عدم خرابی تکیه‌گاه‌ها (مانند یاتاقان‌ها، بیرینگ‌ها، بلبرینگ‌ها و...)
 - ۶ عدم خرابی سیستم انتقال نیرو از موتور به بار مکانیکی (مانند تسمه‌ها، چرخ زنجیرها و...)
 - ۷ عدم خرابی گیربکس‌های تبدیل دور
 - ۸ محدود کردن جریان راه‌اندازی
 - ۹ عدم نیاز به خازن‌های اصلاح کسینوس فی
 - ۱۰ عدم نیاز به حالت ستاره و مثلث هنگام راه‌اندازی موتور الکتریکی
 - ۱۱ امکان قطع و وصل اضطراری از راه دور
 - ۱۲ عدم نیاز به کلیدهای قطع و وصل قدرت
 - ۱۳ امکان تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در زمان کوتاه
 - ۱۴ امکان داشتن دور ثابت و مستقل از بار (شبیه موتور سنکرون)
 - ۱۵ به سادگی و بدون هیچ‌گونه تجهیزاتی اینورتر می‌تواند جهت گردش محور موتور را عوض کند.
 - ۱۶ امکان غیر فعال یک جهت گردش موتور در اینورتر وجود دارد.
 - ۱۷ در اینورتر می‌توان محدوده فرکانسی را به صورت حد پایین و حد بالا تنظیم کرد (مثلاً تنظیمی صورت گیرد که هیچ‌گاه دور موتور از ۱۲۵۰ دور در دقیقه کمتر نشود و از ۱۸۵۰ دور در دقیقه نیز بیشتر نشود).

به طور کلی می توان در اینورتر تمامی پارامترهای نامی و واقعی موتور را وارد کرد. اینورتر هنگام کار موتور، به طور مستمر تمامی پارامترها را کنترل می کند. فرض کنید در اینورتر جریان نامی موتور 20 A تعریف شود و همچنین در اینورتر مشخص شود که اگر جریان موتور الکتریکی از مقدار تعریف شده 30% بیشتر شد و این اضافه جریان بیش از 60 ثانیه طول کشید اینورتر، موتور الکتریکی را خاموش کند. یا اگر یکی از فازهای ورودی موتور الکتریکی قطع شد (به هر دلیلی) موتور را خاموش کند و یا اگر اختلاف دامنه جریان های سه فاز موتور از مقدار مشخصی بیشتر شد موتور را خاموش کند. بنابراین اینورتر می تواند یک عملکرد حفاظتی بسیار خوب برای مصرف کننده های موتوری باشد. یکی از نکاتی که ممکن است هنرجویان در مورد آن سؤال داشته باشند، مقایسه اصلاح ضریب قدرت توسط اینورتر و بانک خازنی است. اشاره به این نکته اهمیت دارد که کنتاکت های بانک خازنی در اثر گذشت زمان و جرقه زنی دچار استهلاک می شود در حالی که این استهلاک در اینورتر رخ نمی دهد.

به طور کلی می توان گفت:

وقتی یک موتور الکتریکی از طریق اینورتر راه اندازی می شود اگر پارامترهای اینورتر درست تنظیم شده باشند، سیم پیچ های موتور هرگز نمی سوزد. یعنی اینورتر ضمن داشتن مزایای زیاد در راه اندازی و توقف موتور الکتریکی و سایر موارد ذکر شده، محافظ بسیار خوب و مطمئن موتور الکتریکی است. ضمن اینکه اینورتر تا حدود زیادی خود مواظبتی نیز دارد. مثلاً اگر از خروجی اینورتر جریانی بیش از حد تحمل اینورتر عبور کند بلافاصله اینورتر انتقال توان به موتور را قطع می کند و پیغام جریان اضافی اینورتر را صادر می کند.



شکل ۱۳- نحوه اتصال اینورتر به یک موتور الکتریکی و شبکه برق سه فاز

برای اینکه بتوانیم از مزایای اینورتر در راه اندازی موتورهای الکتریکی بهره ببریم، اولین مرحله شناخت دقیق پارامترهای اینورتر است. تعداد پارامترهای یک اینورتر، در بعضی از اینورترهای ساخته شده، شاید به مراتب بیش از 200 پارامتر باشد. بررسی و نحوه تنظیم و کاربرد همه پارامترها در اینجا ممکن نیست لذا تعدادی از پارامترهای عمومی و پر کاربرد همراه با تعریف و نحوه تنظیم و کاربرد آنها اشاره می شود. شکل ۱۳ نحوه اتصال یک موتور الکتریکی به یک اینورتر و شبکه برق سه فاز را نشان می دهد.

۴- روش های روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر

برای روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر از سه روش متداول در تمامی اینورترها استفاده می شود.

۱ از طریق صفحه کلید (Keypad) روی اینورتر

۲ از طریق ترمینال های ورودی دیجیتال

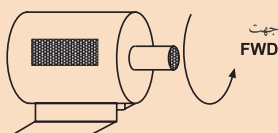
۳ از طریق کارت شبکه

در ادامه هر یک از روش های راه اندازی به طور خلاصه بررسی می شود.

۱- راه اندازی موتور الکتریکی متصل به اینورتر از طریق صفحه کلید

تمامی اینورترها دارای یک صفحه کلید، همراه با یک نمایشگر هستند. نمایشگرهای روی صفحه کلید اینورتر ممکن است به صورت چند عدد سون سگمنت باشند یا به صورت صفحه نمایش LCD چند سطری باشد که توانایی نمایش اعداد و حروف را دارند. مثلاً وقتی یک خطایی در اینورتر رخ می دهد، این نوع LCD قادر است نوع خطا یا در حالت عادی تعدادی از پارامترهای اینورتر و یا موتور را (هر کدام در یک سطر جداگانه) به صورت متن روی صفحه نمایش نشان دهد. از جمله این موارد می توان به جریان خروجی اینورتر (جریان موتور) و یا گشتاور موتور و یا ولتاژ دو سر موتور اشاره کرد. البته خیلی از اینورترهایی که دارای صفحه نمایش ۷-Segment هستند نیز قادرند حداقل یک پارامتر را نشان دهند ولی عموماً مقدار فرکانس خروجی اینورتر را با دقت 0.1 Hz نمایش می دهند. روی صفحه کلید اینورترها علاوه بر صفحه نمایش، تعدادی شستی نیز وجود دارد. طراحی تعداد شستی ها و کاربرد آنها به مدل اینورتر و کارخانه سازنده بستگی دارد. معمولاً وقتی توان اینورتر کم باشد امکانات صفحه کلید آن نیز محدود می شود و هر قدر توان اینورتر بیشتر باشد صفحه کلیدهای بزرگ تر و متنی همراه با تعداد بیشتری شستی برای آن در نظر می گیرند. معمولاً روی همه صفحه کلیدها (اعم از اینورترهای توان کم و یا زیاد) یک شستی برای روشن کردن موتور متصل به اینورتر (RUN/FWD) و شستی دیگری برای خاموش کردن موتور متصل به اینورتر (STOP) حتماً وجود دارد و در بسیاری اینورترها، علاوه بر دو شستی فوق، شستی سومی نیز برای معکوس کردن جهت گردش دور موتور به نام (RUN/REV) نیز وجود دارد.

توجه



شکل ۱۴- جهت گردش forward

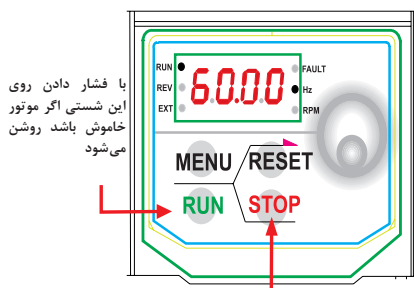
جهت گردش دور موتور در اینورتر را به صورت FORWARD و Reverse تعریف می کنند (نه چپگرد/راستگرد). جهت گردش Forward به صورت زیر است:

اگر ناظر به شفت موتور نگاه کند موتور در جهت عکس عقربه های ساعت می چرخد.

بنابر این اگر ترمینال‌های U,V,W اینورتر به ترمینال‌های U,V,W موتور به صورت نظیر به نظیر وصل شود (U به U و V به V و W به W) و از روی صفحه کلید، شستی FWD/RUN (فشار داده شود و مقابل شفت موتور ایستاده باشد مشاهده می‌کنید که موتور در جهت عکس عقربه‌های ساعت می‌چرخد و اگر شستی REV (REV/RUN) را فشار دهد، مشاهده می‌کنید که شفت موتور در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.

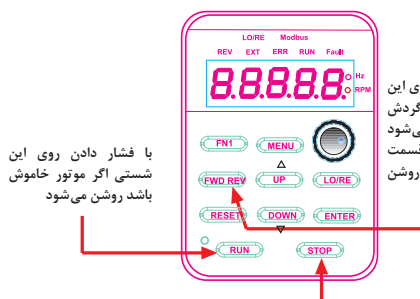
چند نمونه صفحه کلید مربوط به اینورترهای مختلف در شکل ۱۵ نشان داده شده است. روی صفحه کلید این مدل اینورتر، کلید مجزا Forward, Reverse وجود ندارد. اگر جهت گردش روتور موتور REV باشد LED مربوط به REV در قسمت بالای این صفحه کلید روشن می‌شود.

این امر باعث می‌شود که کاربر قبل از روشن کردن موتور، از جهت گردش آن آگاهی داشته باشد.



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود

روی صفحه کلید این مدل اینورتر کلید مجزا برای حالت Forward و Reverse وجود ندارد.

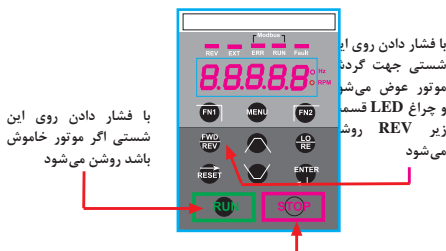


با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود

با فشار دادن روی این شستی اگر موتور خاموش باشد در جهت Forward روشن می‌شود. البته اگر موتور در جهت Reverse هم در حال کار باشد با فشردن روی این شستی ابتدا موتور متوقف شده و سپس در جهت Forward روشن می‌شود.



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود

شکل ۱۵- نمونه‌هایی از صفحه کلید اینورترها

در همه صفحه کلیدهایی که شستی‌های مربوط به راه اندازی موتورالکتریکی در جهت Forward و Reverse وجود دارد، اگر موتور الکتریکی در یک جهت در حال کار باشد و کاربر شستی جهت دیگر را فشار دهد، ابتدا موتور متوقف می‌شود و سپس در جهت دیگر شروع به دوران می‌کند و هیچ اتفاق خاص دیگری نمی‌افتد.

توجه



برای اینکه بتوان از روی صفحه کلید موتورالکتریکی را خاموش و یا روشن کرد. باید در نرم افزار اینورتر آن، حتماً روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی را از طریق صفحه کلید، تنظیم کنیم.

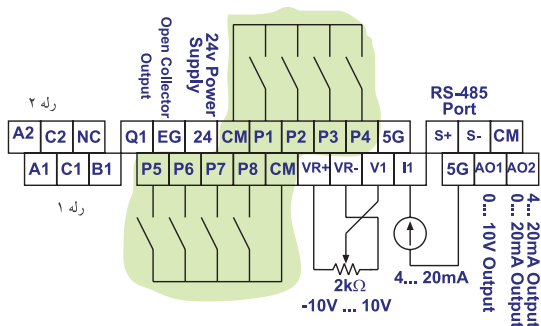
۲- راه اندازی موتور متصل به اینورتر از طریق ترمینال‌های ورودی

گاهی لازم می‌شود که در یک فرایند صنعتی، مثلاً با وصل یک لیمیت سوئیچ، موتور الکتریکی متصل به اینورتر روشن شود و با قطع آن موتور خاموش شود یعنی با یک قطع و وصل یک کلید ساده بتوان موتور الکتریکی متصل به اینورتر را روشن و خاموش کرد یا حتی ممکن است نیاز باشد جهت گردش موتور را نیز به کمک یک لیمیت سوئیچ عوض کنیم. در اینورتر هر دو امکان فوق پیش‌بینی شده است یعنی می‌توان با قطع و وصل یک کلید ساده یا وسایل مشابه دیگر، به راحتی موتور را روشن یا خاموش کرد یا جهت گردش آن را نیز تغییر داد.

در اینورترها معمولاً تعدادی ترمینال به عنوان ورودی دیجیتال در نظر می‌گیرند. در اینورترها عموماً بین ۴ الی ۸ ورودی دیجیتال در نظر می‌گیرند و اگر کاربر به ورودی‌های دیجیتال بیشتری نیز نیاز داشته باشد، در بعضی از مدل‌های اینورتر یک کارت اضافی (Expansion) در آن قرار می‌دهند تا تعداد ورودی‌های دیجیتال^۱ آن اضافه شود.

ورودی‌های دیجیتال در اینورترها را معمولاً با حروف و اعداد P۱ الی P۸ و یا M۱ الی M۸ و یا S۱ الی S۸ نشان می‌دهند. البته ممکن است سازنده‌ای از حروف دیگری نیز استفاده کند در این مورد، قاعده خاصی برای نام‌گذاری ورودی‌های دیجیتال وجود ندارد. در شکل ۱۶ که مربوط به نقشه ترمینالی یک مدل اینورتر است، پایه‌های P۱ الی P۸ و پایه مشترک CM (Common) مربوط به ورودی‌های دیجیتال نشان داده شده است.

۱- منظور از ورودی‌های دیجیتال، ورودی‌هایی هستند که فقط قطع و وصل ولتاژ را تشخیص می‌دهند (وجود و یا عدم وجود ولتاژ مثلاً ۲۴ ولت)

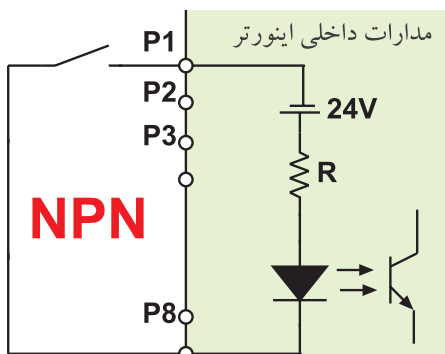


شکل ۱۶- ورودی‌های دیجیتال

هر پایه دیجیتال ورودی به طور مجزا و مستقل از سایر ورودی‌ها باید در نرم‌افزار اینورتر برنامه‌ریزی شود (در حقیقت باید تعریف شود که وقتی کلید متصل به ورودی دیجیتال وصل شد، اینورتر چه عملی باید انجام دهد. در این مورد، سازندگان یک لیست از عملکرد پایه‌ها را به کاربر اعلام می‌کنند و کاربر متناسب با نیاز یک مورد را در نرم‌افزار اینورتر انتخاب می‌کند).

اگر قرار باشد با وصل کلید متصل به ترمینال S1، موتورالکتریکی متصل به اینورتر روشن و رتور آن در جهت Forward بچرخد، برای ترمینال S1 باید (FX - Forward Run) انتخاب شود و همچنین اگر قرار است با وصل کلید متصل به ترمینال S2، موتور الکتریکی متصل به اینورتر روشن و رتور آن در جهت Reverse بچرخد، برای ترمینال S2 باید (RX - Reverse Run) را انتخاب کرد.

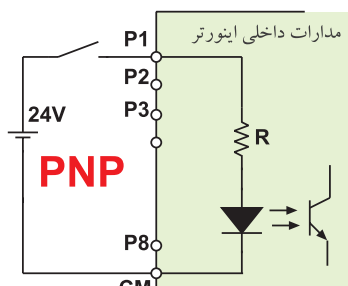
ورودی‌های دیجیتال NPN, PNP در اینورتر: ورودی‌های دیجیتال اینورتر برای تحریک شدن نیاز به ولتاژ دارند (معمولاً ۲۴ ولت). این ولتاژ باید از داخل اینورتر تأمین شود یا اینکه کاربر اینورتر از بیرون به آن اعمال کند.



شکل ۱۷- ورودی‌های نوع NPN

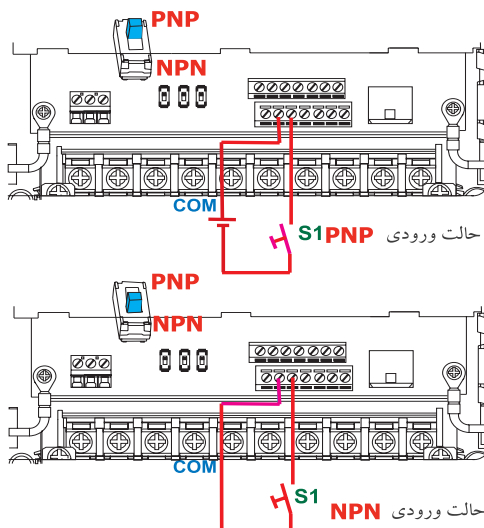
اگر این ولتاژ از داخل اینورتر تأمین شود به ورودی‌های اینورتر نوع NPN می‌گویند در این صورت کاربر فقط دو پایه را به هم وصل می‌کند تا عمل مورد نظر آن پایه که قبلاً در نرم‌افزار اینورتر مشخص شده است را اینورتر انجام دهد (شکل ۱۷).

اگر ولتاژ ورودی‌های دیجیتال از بیرون توسط کاربر تأمین شود، به ورودی‌های دیجیتال اینورتر نوع PNP می‌نامند. شکل ۱۸ عملکرد ورودی‌های دیجیتال نوع PNP را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- ورودی‌های نوع PNP

برای انتخاب نوع ورودی (PNP یا NPN) یک کلید معمولاً کوچک روی اینورتر وجود دارد که کاربر می‌تواند به کمک آن نوع PNP یا NPN بودن ورودی‌ها را مشخص کند (شکل ۱۹).

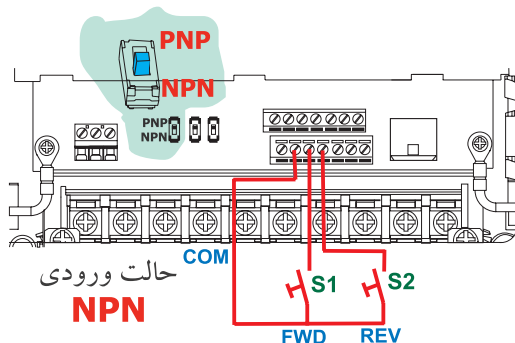


شکل ۱۹- نحوه تعیین PNP و NPN بودن ورودی‌های دیجیتال اینورتر

توجه داشته باشید که همه ورودی‌های دیجیتال اینورتر همیشه باید از یک نوع باشند (همه PNP یا همه NPN) هر چند که به نظر می‌رسد کار با ورودی‌های دیجیتال اینورتر از نوع NPN ساده‌تر است. (فقط اتصال دو پایه به یکدیگر بدون ولتاژ) و نیازی به منبع تغذیه ۲۴ ولت خارجی ندارد. اما گاهی فرمان به ورودی‌های

دیجیتال اینورتر ممکن است از طریق حسگرها (سنسورها) باشد. مثلاً حسگرهای سه سیمه القایی، وقتی فلزی را حس می‌کنند (بدون تماس فیزیکی) در خروجی خود یک ولتاژ ۲۴ ولت (در سیم برگشتی خود) را برمی‌گردانند و اگر قرار باشد این حسگر به ورودی دیجیتال اینورتر وصل شود در چنین حالتی باید ورودی‌های دیجیتال اینورتر در حالت PNP قرار گیرند. پس در عمل هم به ورودی‌های دیجیتال اینورتر از نوع NPN (وصل لیمیت سوئیچ‌ها یا وسایل مشابه دیگر) و هم از نوع PNP (عمل کردن سنسورهای القایی سه سیمه یا موارد مشابه دیگر) نیاز است. تعیین ورودی دیجیتال از نوع PNP یا NPN نیاز به تنظیم نرم‌افزاری ندارد و فقط تنظیم کلید NPN/PNP روی حالت دلخواه کافی است و فقط عملکرد هر ورودی را باید در نرم‌افزار اینورتر تعیین کرد.

اگر در شکل ۲۰ کلید S1 بسته شود جهت گردش روتور موتور به صورت Forward خواهد بود و اگر کلید S2 بسته شود جهت گردش موتور به صورت Reverse خواهد بود (فرض کنید قبلاً در نرم‌افزار اینورتر تنظیمات لازم انجام شده است).



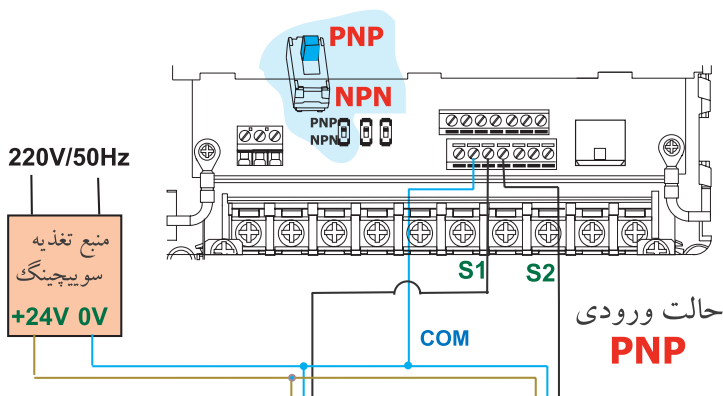
شکل ۲۰ - نحوه راه‌اندازی موتور در کلید ساده به صورت Forward (FWD) و Reverse (REV)

نمونه‌ای از کاربرد حالت ورودی PNP در شکل ۲۱ نشان داده شده است. اگر حسگر شماره ۱ عمل کند (مثلاً فلزی را حس کند) در خروجی خود یک ولتاژ ۲۴ ولت تحویل می‌دهد و در نتیجه روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Forward می‌چرخد و اگر سنسور شماره (۲) عمل کند مانند حسگر شماره ۱ در خروجی یک ولتاژ ۲۴ ولت تحویل می‌دهد و در نتیجه محور موتور متصل به اینورتر در جهت Reverse می‌چرخد.

اگر هر دو کلید مربوط به REV, FWD در حالت NPN بسته شوند و یا در حالت PNP به هر دو ورودی FWD و REV ولتاژ وصل شود اینورتر هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد و هیچ اتفاقی هم نمی‌افتد.

توجه





شکل ۲۱ - نمونه‌ای از کاربرد حالت PNP ورودی‌های دیجیتالی اینورتر

توجه



اگر هر دو حسگر به طور هم‌زمان عمل کنند، اینورتر هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد و موتورالکتریکی متصل به اینورتر روشن نمی‌شود و هیچ اتفاقی هم نمی‌افتد (مثلاً اینورتر خراب نمی‌شود)

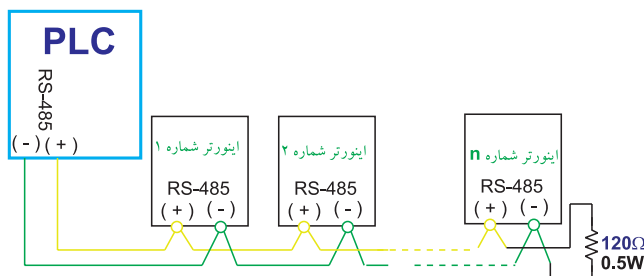
۳- روشن و خاموش کردن موتورالکتریکی متصل به اینورتر از طریق کارت شبکه

تقریباً امروزه اکثر سازندگان اینورتر در دنیا، یک کارت شبکه ارتباطی در اینورتر قرار می‌دهند تا کاربر بتواند از طریق سایر وسایل مانند PLC و یا مانیتورهای صنعتی (HMI) و یا کارت‌های GSM و یا اینترنت همراه با تجهیزات مورد نیاز و... با اینورتر ارتباط برقرار کند و عملیات مورد نظر را انجام دهد. یکی از این عملیات‌ها، روشن و خاموش کردن اینورتر است بنابراین از راه دور و نزدیک می‌توان به کمک کارت شبکه عملکرد اینورتر را تحت نظر داشت.

بستر سخت‌افزاری مناسب در اینورترها، عموماً RS-۴۸۵ واز پروتکل ارتباطی Modbus RTU استفاده می‌شود.

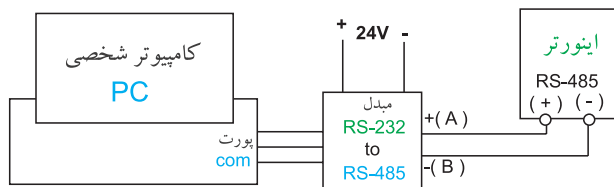
بستر سخت‌افزاری RS-۴۲۲ در بعضی از اینورترها استفاده می‌شود. در ضمن می‌توان تعدادی اینورتر را با یکدیگر از همین بستر سخت‌افزاری و پروتکل ارتباطی شبکه کرد.

همچنین می‌توان از همین بستر اینورتر را به یک رایانه شخصی (PC) نیز متصل و تنظیمات را از طریق رایانه انجام داد. شکل ۲۲ نحوه ارتباط چند اینورتر را به یک PLC نشان می‌دهد.

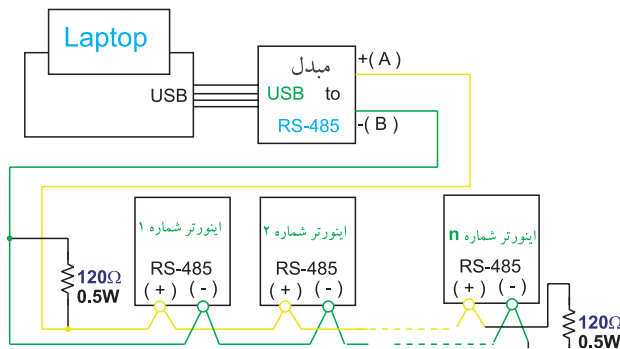


شکل ۲۲- نحوه شبکه کردن اینورترها با PLC

شکل ۲۳ نیز نحوه ارتباط یک رایانه (PC) ولپ تاپ را به یک اینورتر نشان می‌دهد.



شکل ۲۳- الف) نحوه ارتباط یک دستگاه رایانه شخصی به یک عدد اینورتر

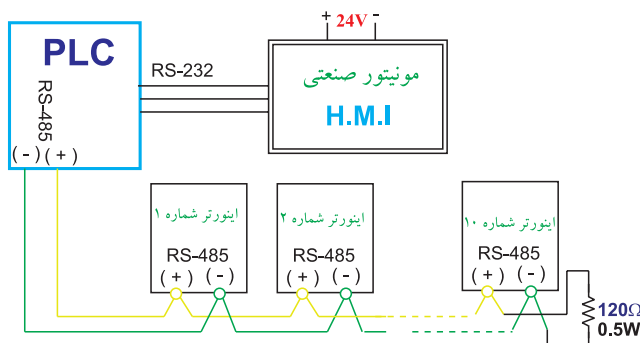


شکل ۲۳- ب) نحوه ارتباط یک لپ تاپ به چندین اینورتر

کارخانجات سازنده اینورترها معمولاً یک نرم‌افزار برای نصب در رایانه‌های شخصی تولید و به کاربران ارائه می‌نمایند. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان تنظیمات لازم نرم‌افزاری در اینورتر را انجام داد و همچنین اینورتر را روشن و یا خاموش کرد یا فرکانس آن را تغییر داد یا موارد مشابه دیگر و در ضمن تنظیمات را می‌توان در یک فایل ذخیره کرد.

نمونه‌هایی از این نرم افزارها مانند VFDSOFT (شرکت دلتا)، DRIVE VIEW (شرکت ال اس) و DRIVE WIZARD (شرکت یاسکوا) است.

در ضمن به کمک PLC و سیستم‌های مانیتورینگ نیز می‌توان از راه دور، موتورالکتریکی متصل به اینورتر را روشن یا خاموش کرد و تمامی پارامترهای الکتریکی موتور و اینورتر مانند دامنه ولتاژ خروجی، جریان خروجی، توان خروجی، گشتاور خروجی و سایر پارامترها را قرائت کرد (اینورتر همه پارامترهای الکتریکی را اندازه گرفته و در اختیار کاربر قرار می‌دهد یعنی نیازی نیست که کاربر مثلاً یک آمپر متر در خروجی اینورتر قرار دهد و جریان خروجی را اندازه بگیرد) در شکل ۲۴ تعداد ۱۰ عدد اینورتر به کمک PLC شبکه شده‌اند و کاربر قادر است از طریق H.M.I هر اینورتر دلخواه را روشن یا خاموش کند.



شکل ۲۴- از طریق مونیتر می‌توان تک تک اینورترها را روشن و یا خاموش کرد.

۵- روش‌های تغییر فرکانس خروجی اینورتر

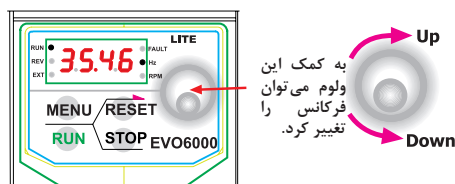
برای تغییر فرکانس خروجی اینورتر معمولاً از ۵ روش استفاده می‌شود.

- ۱ از طریق صفحه کلید (Keypad) روی خود اینورتر
- ۲ از طریق ولتاژ یا جریان آنالوگ که به ترمینال‌های ورودی آنالوگ اعمال می‌شود.
- ۳ از طریق پایه‌های ورودی دیجیتال اینورتر
- ۴ از طریق کارت شبکه
- ۵ از طریق پالس‌های ورودی به اینورتر

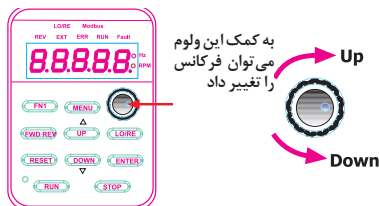
در ادامه به طور خلاصه هر یک از روش‌های گفته شده شرح داده می‌شود.

۱ **تغییر فرکانس از طریق صفحه کلید اینورتر:** بر روی صفحه کلید تمامی اینورترهای ساخته شده، امکان تغییر فرکانس وجود دارد. در بعضی از اینورترها، روی صفحه کلید آن ولومی به همین منظور نصب شده است که به کمک آن می‌توان فرکانس را تغییر داد. در شکل ۲۵ دو نمونه صفحه کلید نشان داده شده‌اند که روی آنها ولومی نصب است که به کمک آن می‌توان فرکانس را تغییر

داد (البته ولوم‌ها ممکن است علاوه بر تغییر فرکانس عمل دیگری نیز انجام دهند) نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که در هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک‌زدن است و با چرخاندن ولوم مقدار آن تغییر می‌کند و با زدن کلید دیگری روی صفحه کلید رقم چشمک‌زن جابه‌جا شده و قابل تغییر خواهد بود.

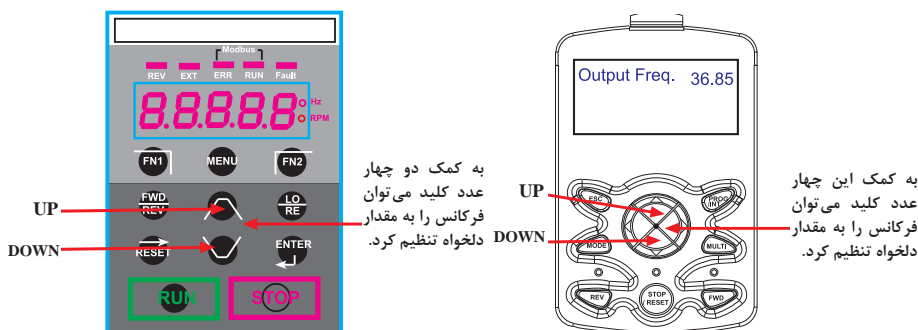


نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که در هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک‌زدن است و با چرخاندن ولوم مقدار آن تغییر می‌کند و با فشردن کلید دیگری روی صفحه کلید رقم چشمک‌زن جابه‌جا شده و قابل تغییر خواهد بود.



شکل ۲۵- نمونه‌هایی از صفحه کلید اینورترها که به کمک ولوم نصب شده روی آنها، می‌توان فرکانس را تغییر داد.

در شکل ۲۶ صفحه کلیدی نشان داده شده است که ولوم ندارد ولی دو عدد کلید روی آن نصب شده است که به کمک آنها می‌توان فرکانس دلخواه را تنظیم کرد.

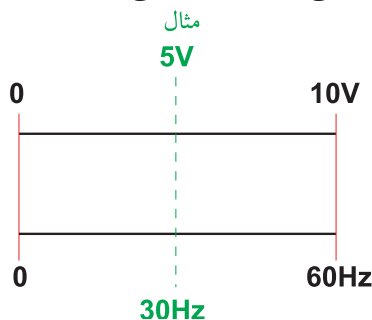


نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که در هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک‌زدن است رقمی که در حال چشمک‌زدن است با کلیدهای UP و DOWN می‌توان مقدار آن را تغییر داد و سپس برای تنظیم رقم بعدی روی کی پدها یک کلید به عنوان شیفت وجود دارد که به کمک آن می‌توان رقم‌هایی که باید تنظیم شوند را جابه‌جا کرد.

شکل ۲۶- دو نمونه صفحه کلید که از روی آنها می‌توان فرکانس را تغییر داد.

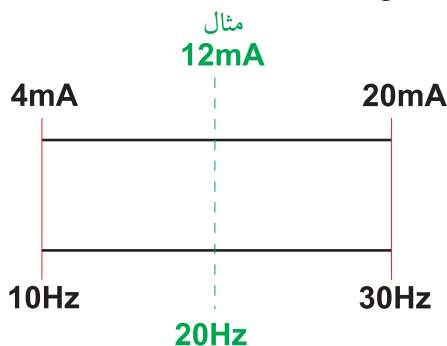
۲ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق ولتاژ یا جریان آنالوگ ورودی:

یکی دیگر از روش‌های تغییر فرکانس خروجی اینورتر و به دنبال آن تغییر دور روتور موتور الکتریکی متصل به آن، استفاده از ولتاژ DC (معمولاً $10V$ - یا $10V \sim 10V$) و یا جریان DC (معمولاً $4-20mA$) است. به عنوان مثال می‌توان در اینورتر تعریف کرد که به ازای اعمال ولتاژ صفر الی 10 ولت ورودی، فرکانس خروجی اینورتر از صفر الی 60 هرتز تغییر کند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- نحوه تغییر فرکانس به کمک ولتاژ ورودی آنالوگ

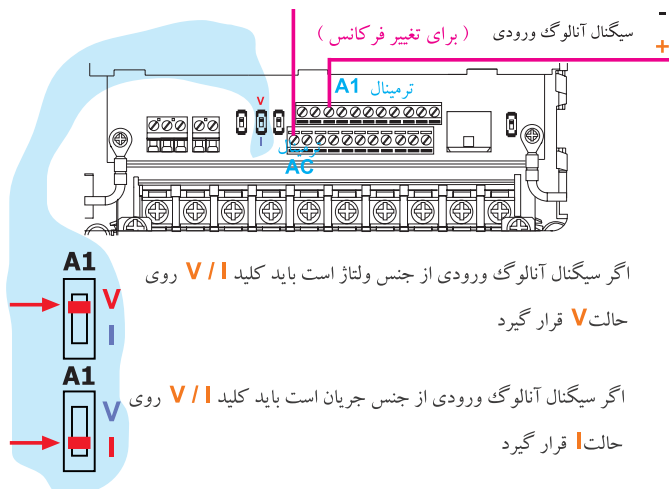
یا به ازای اعمال جریان 4 الی $20mA$ ورودی، فرکانس خروجی اینورتر از 10 الی 30 هرتز تغییر کند (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- نحوه تغییر فرکانس به کمک جریان ورودی آنالوگ

ولتاژ یا جریان برای کنترل فرکانس خروجی به ترمینال‌هایی که به همین منظور در اینورتر پیش‌بینی شده‌اند اعمال می‌شود.

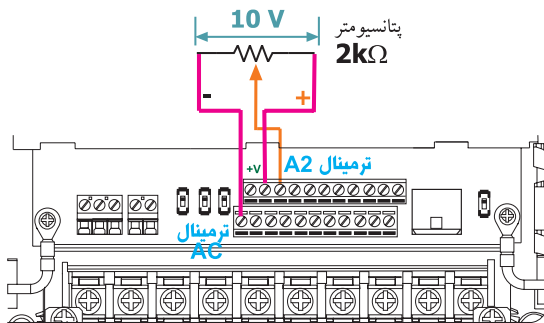
در بعضی از اینورترها ترمینال‌های ورودی برای ولتاژ و جریان به طور مجزا در نظر گرفته شده‌اند و در بعضی دیگر از اینورترها ترمینال‌های ورودی ولتاژ و جریان یکی است و برای تعیین جریان یا ولتاژ از یک کلید کوچک و ساده استفاده می‌کنند. در شکل ۲۹ نمونه‌ای از ترمینال‌های این مدل اینورترها نشان داده شده است.



شکل ۲۹- ترمینال ورودی ولتاژ و جریان و نحوه انتخاب ورودی ولتاژ یا ورودی جریان

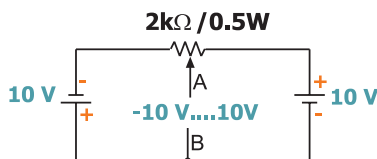
در اکثر اینورترهایی که ترمینال‌های ولتاژ و جریان و ولتاژ را به ترمینال‌ها اعمال کند فرمول شده‌اند. کاربر می‌تواند هم‌زمان جریان و ولتاژ را به ترمینال‌ها اعمال کند فرمول فرکانس خروجی برای اعمال هم‌زمان ولتاژ و جریان را کارخانجات سازنده اینورتر در دفترچه‌های راهنمای اینورتر قید می‌کنند. لازم به یادآوری است که اعمال هم‌زمان جریان و ولتاژ کاربردهای ویژه دارد.

اگر کاربر بخواهد با یک پتانسیومتر خارجی (غیر از پتانسیومتر موجود در روی صفحه کلید) مقدار فرکانس را تغییر دهد، می‌تواند از ورودی آنالوگ اینورتر استفاده کند. برای این منظور همه اینورترها حداقل یک ولتاژ $10V$ ثابت را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. اگر کاربر این ولتاژ را به دو سر یک پتانسیومتر اعمال کند می‌تواند از یک سر و سر وسط پتانسیومتر ولتاژ صفر تا $10V$ را دریافت و به ترمینال ولتاژ ورودی آنالوگ اینورتر اعمال کند و فرکانس را تغییر دهد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- با استفاده از یک پتانسیومتر خارجی می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد.

در بعضی از اینورترها، علاوه بر ولتاژ ثابت $+10V$ ، یک ولتاژ ثابت $-10V$ نیز وجود دارد. اگر کاربر دو سر پتانسیومتر را بین $+10V$ و $-10V$ قرار دهد می تواند به صورت شکل ۳۰، ولتاژ متغیر از $-10V$ الی $+10V$ داشته باشد.



شکل ۳۰- نحوه دریافت ولتاژ متغیر از $-10V$ ولت الی $+10V$ ولت

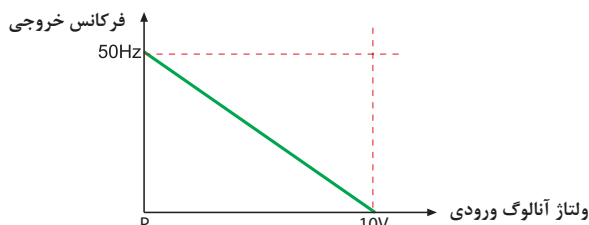
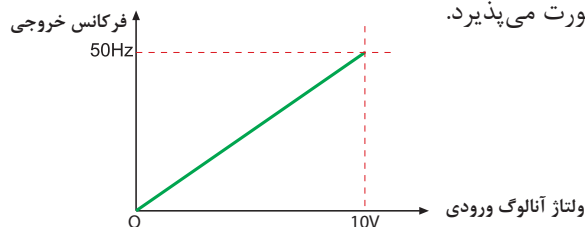
اگر ولتاژ نقاط A, B در شکل ۳۱ به ورودی اینورتر اعمال شود و محدوده تغییرات $+10V$ تا $0V$ باشد فرکانس متغیر و روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Forward می چرخد و اگر رنج تغییرات ولتاژ از $-10V$ تا $0V$ باشد ضمن تغییر فرکانس، روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Reserve می چرخد.

توجه



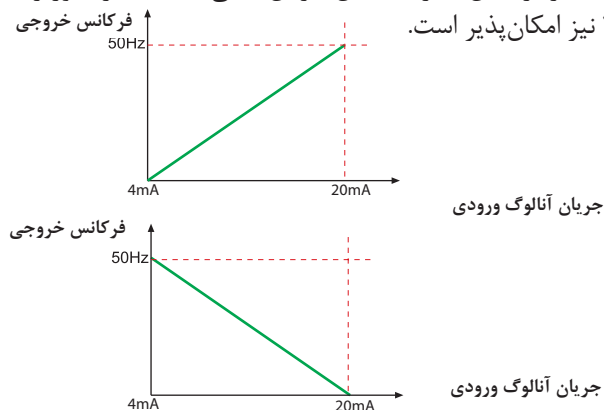
بعضی از سازندگان اینورتر برای تغییر فرکانس خروجی به ازای اعمال ولتاژ آنالوگ ورودی، از یک فرمول خاص استفاده می کنند. در این مورد حتماً به کاتالوگ سازنده مراجعه نمایید.

تغییر فرکانس به ازای اعمال ولتاژ و جریان آنالوگ در اینورترها به صورت شکل های ۳۲ و ۳۳ صورت می پذیرد.



شکل ۳۲- نحوه امکان تغییر فرکانس خروجی به ازای تغییر ولتاژ آنالوگ ورودی

همچنین تغییر فرکانس به ازای اعمال جریان ۴ الی ۲۰ mA در اینورترها به صورت شکل ۳۳ نیز امکان پذیر است.



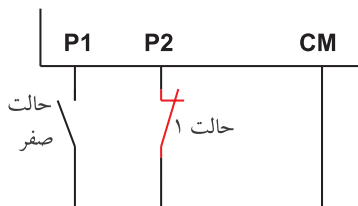
شکل ۳۳ - نحوه امکان تغییر فرکانس خروجی به ازای تغییر جریان آنالوگ ورودی

۳ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق ورودی‌های دیجیتال: به کمک ورودی‌های دیجیتال نیز می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد. برای این منظور سازندگان اینورتر معمولاً حداکثر تا ۴ ورودی را به این امر اختصاص می‌دهند. چهار ورودی دیجیتال اینورتر، می‌توانند ۱۶ حالت مختلف به شرح جدول ۱ داشته باشند.

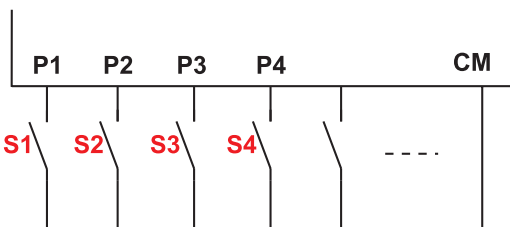
جدول ۱- حالت‌های مختلف ورودی دیجیتال

| ردیف | ورودی ۴ | ورودی ۳ | ورودی ۲ | ورودی ۱ |
|------|---------|---------|---------|---------|
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ |
| ۲ | ۰ | ۰ | ۱ | ۰ |
| ۳ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ |
| ۴ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ |
| ۵ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ |
| ۶ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ |
| ۷ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۸ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۹ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ |
| ۱۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ |
| ۱۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ |
| ۱۲ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ |
| ۱۳ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ |
| ۱۴ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ |
| ۱۵ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |

منظور از صفر یعنی ورودی بدون ولتاژ
و منظور از یک یعنی ورودی با ولتاژ
(ورودی باز و یا بسته)



۱۶ حالت برای ۴ عدد کلیدی که به ورودی‌های P1 الی P4 وصل شده‌اند مطابق شکل ۳۴ می‌تواند به وجود آید.



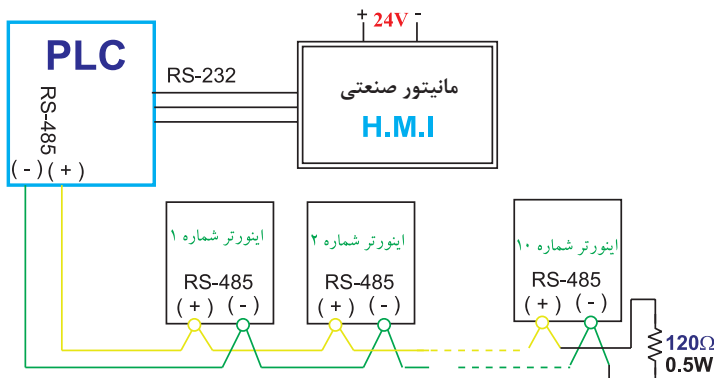
شکل ۳۴- با ۴ کلید، می‌توان ۱۶ حالت مختلف باز و بسته بودن را به وجود آورد.

در نرم افزار اینورتر، پانزده فرکانس (به جز حالتی که همه ورودی‌ها صفراند همان برای حالت همه ورودی‌ها صفر لحاظ می‌شود) تعریف می‌شود. و در ضمن ورودی‌های P1 الی P4 هم در نرم‌افزار تعریف می‌شود که برای تغییر فرکانس از آنها استفاده می‌شود، اکنون کاربر هر یک از ۱۶ حالت را (با باز و بسته کردن کلیدها) در ورودی ایجاد می‌کند. فرکانس تعریف شده در آن حالت در نرم‌افزار، در خروجی اینورتر ایجاد و به موتور الکتریکی متصل و به آن اعمال می‌شود. لازم به ذکر است که ۴ کلید، حداکثر تعداد کلیدها است که برای تغییر فرکانس از آن استفاده می‌شود لذا کاربر می‌تواند از تعداد کمتری از ورودی‌ها برای تغییر فرکانس استفاده کند.

بنابراین اگر کاربر از ۳ کلید استفاده کند در این صورت حداکثر فقط ۸ حالت مختلف می‌تواند داشته باشد و اگر از ۲ کلید برای این منظور استفاده کند حداکثر فقط چهار حالت مختلف می‌تواند به وجود آورد و اگر فقط از یک کلید استفاده کند فقط دو حالت می‌تواند داشته باشد. بنابراین کاربر متناسب با نیاز تعداد پایه‌های ورودی را برای تغییر فرکانس خروجی اینورتر و به تبع آن تغییر دور موتور موتور متصل به اینورتر را انتخاب می‌کند. روش تغییر فرکانس به کمک پایه‌های ورودی دیجیتال در صنعت کاربردهای زیادی دارد. به عنوان مثال اگر قرار باشد در یک خط تولید، سرعت در نقاط مختلف خط متغیر باشد، با نصب حسگرهای مناسب این کار به سادگی امکان پذیر است.

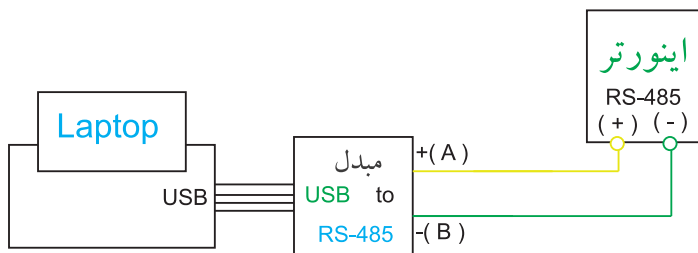
۴ تغییر فرکانس از طریق کارت شبکه: امروزه تقریباً تمامی اینورترهایی که ساخته می‌شود، دارای بستر سخت‌افزاری RS-485 و پروتکل ارتباطی Modbus RTU هستند. این کانال ارتباطی قادر است اطلاعات (Data) را بین اینورتر و سایر وسایلی که دارای کانال ارتباطی و پروتکل باشند تبادل کند. PLC

یا مانیتور صنعتی (H.M.I) و یا سایر وسایل دیگر مجهز به این نوع کانال ارتباطی و پروتوکلاز این دسته وسایل است. یکی از موارد تبادل اطلاعات بین اینورتر و سایر وسایل جانبی می‌تواند فرکانس باشد، یعنی به کمک مثلاً PLC و یا مانیتور صنعتی (H.M.I) می‌توان مقدار فرکانس اینورتر را تغییر داد و یا هر لحظه مقدار فرکانس خروجی اینورتر را قرائت کرد. (شکل ۳۵)



شکل ۳۵- از روی مانیتور می‌توان فرکانس هر یک از اینورترها را تغییر داد.

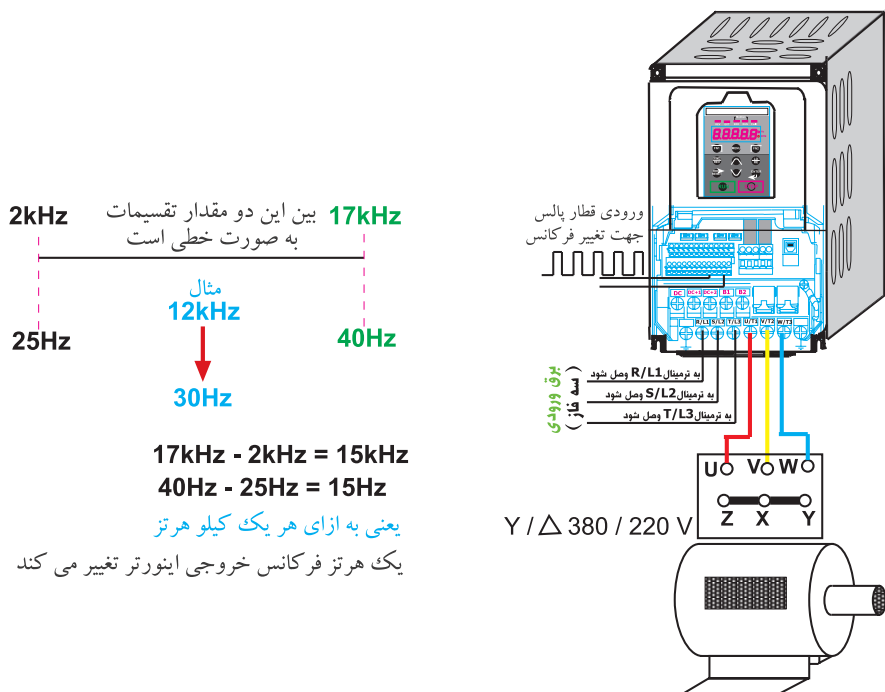
با روش گفته شده، می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را (و به دنبال آن دور روتور موتور الکتریکی متصل به اینورتر) از راه دور تغییر داد یا کنترل کرد. حتی امکان تغییر فرکانس خروجی اینورتر با یک PC معمولی نیز امکان‌پذیر است و فقط نیاز به مبدل USB to RS-۴۸۵ و یا RS-۲۳۲ to RS-۴۸۵ است. تمامی سازندگان اینورتر نرم‌افزاری برای موارد فوق تهیه و معمولاً به صورت رایگان در اختیار کاربر می‌گذارند تا کاربر بتواند موتور متصل به اینورتر را روشن یا خاموش کند یا فرکانس و یا سایر تنظیمات مورد نیاز را انجام دهد (شکل ۳۶).



شکل ۳۶- به کمک یک لپ‌تاپ و یک مبدل USB to RS-۴۵۵ می‌توان فرکانس و سایر پارامترهای اینورتر را تنظیم کرد.

همچنین در شکل ۳۶ می توان به جای مبدل RS-۴۵۵ USB to RS-۲۳۲ و مبدل RS-۴۸۵ to RS-۲۳۲ نیز استفاده کرد.

۵ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق پالس های ورودی: امکان تغییر فرکانس به کمک پالس های ورودی در بعضی از اینورترها وجود دارد. مثلاً می توان در این گونه اینورترها تنظیمات را به گونه ای انجام داد که به ازای فرکانس پالس های ورودی از ۲KHz الی ۱۷KHz فرکانس خروجی اینورتر از ۲۵Hz الی ۴۰Hz تغییر کند. (شکل ۳۷).

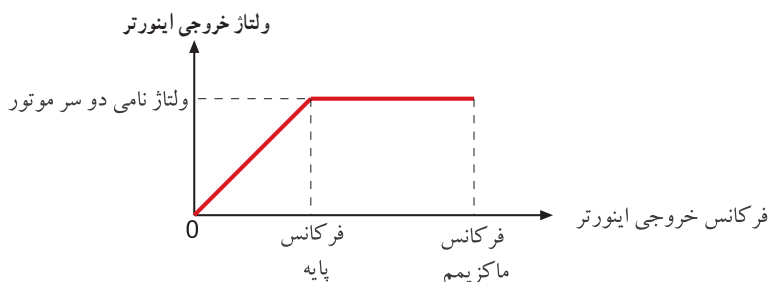


شکل ۳۷- به کمک پالس های ورودی می توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد.

البته باید در اینورتر تنظیمات مربوط به این قسمت را انجام داد یعنی در اینورتر تعریف شود که فرکانس خروجی، تابعی از فرکانس پالس های ورودی است. در ضمن ورودی های پالس ها، به طور جداگانه در اینورتر در نظر گرفته می شود. (شکل ۳۸)

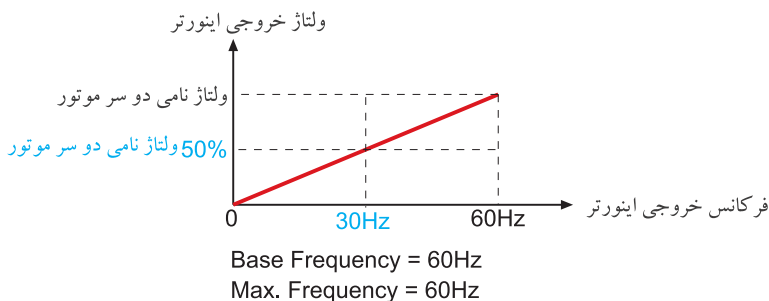
۱ ماکزیمم فرکانس (Max. Frequency): در اینورتر ماکزیمم فرکانس، فرکانسی است که تحت هیچ شرایطی در اینورتر، بیشتر از آن در خروجی اینورتر تولید نمی‌شود، حتی اگر به روش‌های مختلفی که برای تغییر فرکانس گفته شد فرمان تولید فرکانس بیشتر به اینورتر داده شود. فرض کنید قرار است یک موتور دو قطب آسنکرون از طریق یک اینورتر راه‌اندازی شود، در ضمن نباید دور روتور موتور الکتریکی تحت هیچ شرایطی از 2740 RPM تجاوز کند. برای این منظور باید در اینورتر مقدار فرکانس ماکزیمم برابر $f_{\max} = 45/66 \text{ Hz}$ تنظیم شود.

۲ فرکانس پایه (Base Frequency): فرکانس پایه فرکانسی است که در آن فرکانس و بیشتر از آن، اینورتر ولتاژ نامی را به موتور الکتریکی متصل به اینورتر خود اعمال می‌کند. شکل (۳۹) نمودار ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس خروجی را به صورت خطی نشان می‌دهد. در این نمودار فرکانس پایه شده است.



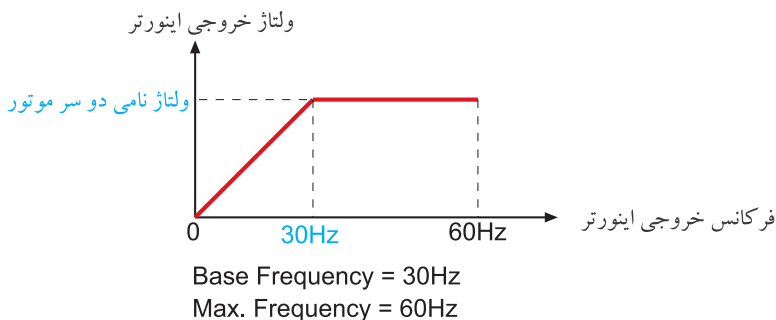
شکل ۳۹- نمودار ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس خروجی

اگر در یک اینورتر، فرکانس پایه 60 Hz تعیین شود با فرض خطی بودن ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس خروجی اینورتر، در فرکانس خروجی 30 Hz ، اینورتر 50% ولتاژ نامی در خروجی خود را مطابق شکل ۴۰ تولید می‌کند.



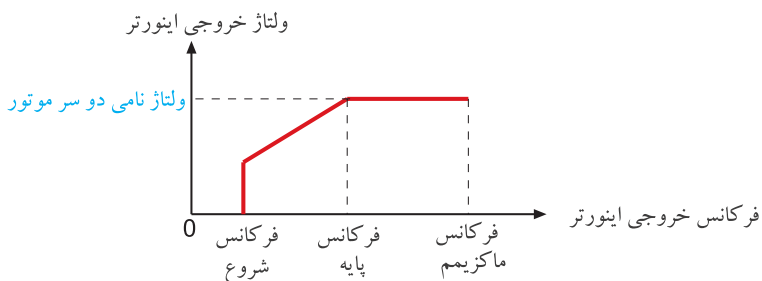
شکل ۴۰- ولتاژ نامی خروجی موتور الکتریکی تابع فرکانس خروجی اینورتر

اگر فرکانس پایه برابر 30Hz در نظر گرفته شود، در فرکانس 30Hz ولتاژ نامی توسط اینورتر تولید و به موتور اعمال می‌شود. (شکل ۴۱)



شکل ۴۱- در فرکانس 30Hz هرگز اینورتر ولتاژ نامی به موتور اعمال می‌کند

۲- فرکانس شروع Start Frequency: فرکانس شروع، فرکانسی است که از این فرکانس و بالاتر، اینورتر ولتاژ در دو سر موتور قرار می‌دهد و کمتر از این فرکانس هیچ ولتاژی در دو سر موتور قرار نمی‌گیرد. نمودار شکل ۴۲ فرکانس شروع را نشان می‌دهد.



شکل ۴۲- در نمودار فوق، فرکانس شروع، فرکانس پایه و فرکانس ماکزیمم نشان داده شده است.

۷- محدود کردن حد بالا و پایین فرکانس خروجی اینورتر

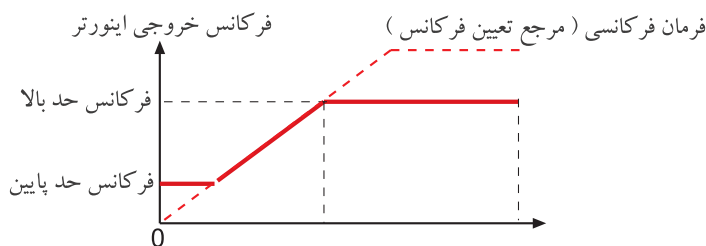
گاهی در یک پروژه صنعتی لازم می‌شود که دور یک موتور الکتریکی از مقدار مشخصی کمتر و از یک مقدار مشخصی دیگر بیشتر نشود. فرض کنید دور بر دقیقه یک موتور الکتریکی ۲ قطب نباید از ۱۰۰۰ دور بر دقیقه کمتر نشود (حتی اگر کاربر فرمان کمتر را برای اینورتر صادر کند) و از ۲۰۰۰ دور بر دقیقه بیشتر نشود (حتی اگر کاربر فرمان تولید فرکانس بیشتر را برای اینورتر صادر کند). به عبارت دیگر فرکانس خروجی بین $16/67\text{Hz}$ الی $33/33\text{Hz}$ تغییر کند و اگر

فرمان فرکانس کمتر از ۱۶/۶۷Hz توسط کاربر داده شد. اینورتر همان ۱۶/۶۷Hz را تولید کند و اگر فرمان فرکانسی بیشتر از ۳۳/۳۳Hz داده شد اینورتر همان ۳۳/۳۳Hz را تولید کند. این امکان در اینورتر پیش‌بینی شده است. کاربر باید ابتدا این امکان را فعال کند. اکثر تولیدکنندگان این امکان را به صورت Frequency Limit Selection و به صورت Yes/No از کاربر سؤال می‌کنند. اگر کاربر پاسخ Yes را انتخاب کند:

۱ برای فرکانس حد پایین عبارت Low Limit Frequency (F.Limit Lo)

۲ برای فرکانس حد بالا عبارت High Limit Frequency (F.Limit Hi)

در نرم افزار اینورتر ظاهر می‌شوند که می‌توان مقدار فرکانس حد پایین را به پارامتر (F.Limit Lo) اختصاص داد و مقدار فرکانس حد بالا را به پارامتر (F.Limit Hi) واگذار کرد. نمودار شکل (۴۳) فرکانس حد بالا و پایین را نشان می‌دهد.



شکل ۴۳- فرکانس خروجی اینورتر بین دو حد پایین و بالا تغییر می‌کند.

۸- شیب افزایشی فرکانس (ACC^۱ Time) و شیب کاهشی فرکانسی (DEC^۲ Time)

یکی از مزایای اینورتر در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی این است که مدت زمان رسیدن دور موتور الکتریکی به مقدار مشخص، توسط کاربر تعیین می‌شود. فرض کنید زمان رسیدن سرعت یک موتور الکتریکی چهار قطب به ۱۰۰۰ rpm، به مدت ۱۲۰ ثانیه طول بکشد این کار با اینورتر امکان‌پذیر است.

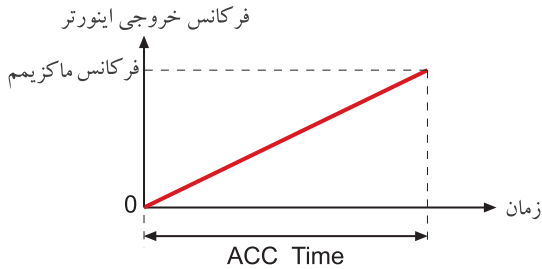
توجه داشته باشید اگر بخواهیم روتور موتور الکتریکی چهار قطب ۱۰۰۰ دور بر دقیقه بچرخد باید فرکانس اعمالی به موتور برابر ۳۳/۳۳Hz باشد. در اینورتر شیب افزایش فرکانس توسط پارامتر ACC Time مشخص می‌شود.

ACC Time مدت زمانی است که فرکانس خروجی اینورتر از صفر به ماکزیمم

۱- Acceleration Time

۲- Deceleration Time

برسد. (شکل ۴۴)



شکل ۴۴- نمودار نمایش ACC Time

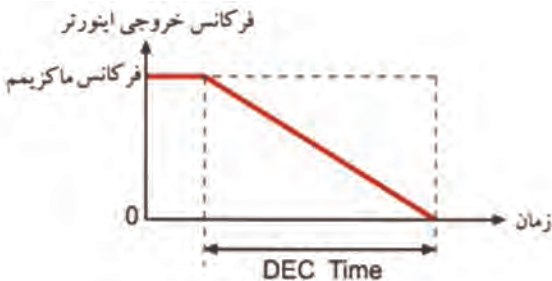
فرض کنید در یک اینورتر $f_{\max} = 50 \text{ Hz}$ و ثانیه $\text{ACC Time} = 25$ تنظیم شده باشد. در این صورت هنگام روشن کردن موتور توسط اینورتر به ازای هر 5° ثانیه، یک هرتز به فرکانس خروجی اینورتر اضافه می‌شود.

اگر در یک اینورتر $f_{\max} = 60 \text{ Hz}$ و $\text{ACC Time} = 1 \text{ s}$ تنظیم شده باشد، مدت زمانی که طول می‌کشد تا فرکانس خروجی اینورتر از صفر به 40 Hz برسد برابر است با :

$$\begin{array}{cc} 60 \text{ Hz} & 1 \text{ s} \\ 40 \text{ Hz} & x \end{array}$$

$$x = \frac{40 \text{ Hz} \times 1 \text{ s}}{60 \text{ Hz}} = 6/67 \text{ ثانیه}$$

در اینورتر DEC Time، مدت زمانی است که فرکانس خروجی اینورتر از F_{\max} به صفر برسد. (شکل ۴۵)



شکل ۴۵- نمایش نموداری DEC Time

فرض کنید در یک اینورتر $f_{max} = 50\text{Hz}$ و ثانیه $\text{DEC Time} = 30$ و موتور متصل به آن با فرکانس 40Hz در حال کار است. می‌خواهیم ببینیم اگر موتور را خاموش کنیم، چند ثانیه بعد موتور کاملاً می‌ایستد (فرکانس خروجی اینورتر به صفر می‌رسد)

$$\begin{array}{rcl} 50\text{Hz} & & 30\text{ s} \\ 40\text{Hz} & & x \end{array}$$

$$x = \frac{40\text{Hz} \times 30\text{s}}{50\text{Hz}} = 24 \text{ ثانیه}$$

از مثال‌های ارائه شده دریافت می‌شود که در اینورتر با تنظیم مناسب ACC Time و DEC Time می‌توان فرمان رسیدن دور موتور موتور الکتریکی متصل به آن به مقدار دلخواه را دقیقاً تعیین کرد. همچنین بعد از خاموش کردن موتور توسط اینورتر (بعد از صدور فرمان خاموش شدن) می‌توان تعیین کرد که چه مدت زمان طول بکشد تا دور موتور به صفر برسد. (فرکانس خروجی اینورتر به صفر برسد).

۹- جلوگیری از گردش روتور موتور متصل به اینورتر

در یک جهت مشخص

به کمک اینورتر می‌توان از گردش روتور متصل به آن در یک جهت مشخصی (Forward یا Reverse) جلوگیری کرد. در اینورتر این امکان به صورت زیر مطرح است.

“Prevention of Forward or Reverse Rotation: Run Prevent”

سه حالت برای این امکان در نرم افزار اینورتر لحاظ شده است.

1 None

اگر کاربر این گزینه را انتخاب کند، اینورتر هم فرمان چرخش Forward و هم Reverse را اجرا می‌کند. بنابراین کاربر با فرمان به اینورتر می‌تواند روتور موتور متصل به آن را در هر دو جهت (Forward , Reverse) به چرخش درآورد.

2 Forward Prev

اگر کاربر در نرم افزار اینورتر، گزینه فوق را انتخاب کند، اینورتر فرمان Forward Run را اجرا نمی‌کند، یعنی روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Forward نمی‌چرخد.

۳ Reverse Prev

اگر کاربر در نرم افزار اینورتر، گزینه فوق را انتخاب کند، اینورتر فرمان Reverse Run را اجرا نمی کند، یعنی روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Reverse نمی چرخد. امکان فوق در پروسه های صنعتی در جایی استفاده می شود که جهت گردش روتور موتور در یک جهت مجاز نباشد و ممکن است کاربر به اشتباه فرمان غیرمجاز را صادر کند. از این رو اینورتر با این امکان حتی در صورت اشتباه کاربر، محافظت لازم را لحاظ می کند.

– JOG Frequency

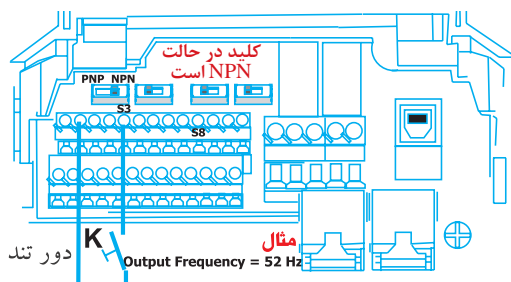
در بعضی از پروسه های صنعتی گاهی اتفاق می افتد که در یک سیستم نیاز به یک موتور با دو دور (دور کند و دور تند) است. دور کند موتور به معنی اعمال فرکانس کم به موتور الکتریکی و دور تند موتور هم یعنی اعمال فرکانس بیشتر به موتور است. یکی از موارد کاربرد موتور دو دور (دور کند و دور تند) در جرثقیل های سقفی است که دو سرعته هستند.

تغییر سرعت (دور بر دقیقه) یا باید به صورت اتوماتیک انجام پذیرد و یا توسط اپراتور به صورت دستی انجام شود. در اینورتر امکانی به این منظور پیش بینی شده است؛ به این صورت که یکی از ورودی های دیجیتال اینورتر به عنوان JOG Frequency در نرم افزار اینورتر تعریف می شود. در ضمن در نرم افزار اینورتر هم، فرکانسی به نام JOG Frequency نیز تعریف می شود.

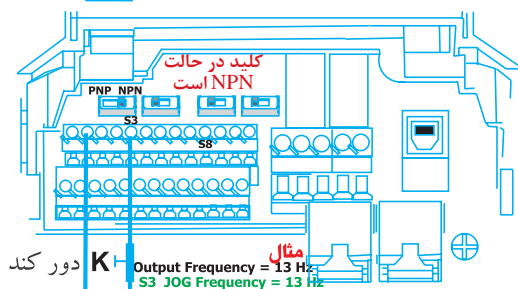
عملکرد اینورتر در ارتباط با JOG Frequency به این صورت است که تا مادامی که پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency (که قبلاً تعریف شده است) فعال نیست (قطع است) اینورتر با فرکانس تعریفی و به صورت عادی به کار خود ادامه می دهد. به محض اینکه پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency فعال شد، بلافاصله **فرکانسی** که قبلاً در نرم افزار اینورتر تحت عنوان JOG Frequency تعریف کرده ایم در خروجی اینورتر تولید و به موتور اعمال می شود.

لازم به یادآوری است که همراه JOG Frequency باید، ACC Time JOG Frequency و DEC Time JOG Frequency نیز در نرم افزار اینورتر تعریف شود.

هنگامی که پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency فعال می شود، فرکانس JOG Frequency با لحاظ شدن ACC Time JOG Frequency در خروجی اینورتر تولید و به موتور متصل به آن اعمال می شود. (شکل ۴۶)



Normal Frequency = 52Hz
JOG Frequency = 13Hz



به محض بسته شدن کلید K دور موتور با لحاظ کردن ACC Time JOG Frequency کند می شود (با توجه به مقدار فوق) و به محض قطع کلید K فرکانس خروجی اینورتر با لحاظ کردن DEC Time JOG Frequency به مقدار عادی (Normal Frequency) بر می گردد

شکل ۴۶- عملکرد JOG Frequency

۱۰- راه اندازی موتور متصل به اینورتر به روش START/STOP

گاهی در فرایندهای صنعتی لازم می شود که با فشردن یک لحظه کوتاه شستی (START) موتور الکتریکی متصل به اینورتر روشن شود و با قطع نیروی دست از روی شستی، روشن بودن موتور الکتریکی تداوم داشته باشد و برای خاموش کردن، با فشردن شستی دیگر (STOP) - با کنتاکت در حالت عادی بسته - موتور الکتریکی خاموش شود. این امکان در اینورتر پیش بینی شده است و به سیستم ۳-Wire مشهور است.

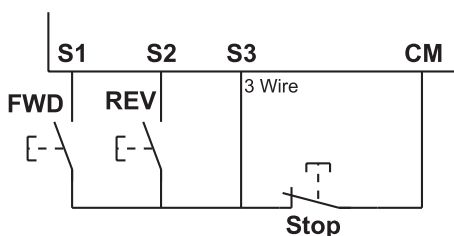
برای تحقیق این فرایند، ابتدا باید سه ورودی دیجیتال را با عملکرد زیر تعریف کرد. پایه های ورودی دیجیتال به این صورت تعریف می شود:

S1: FX (Forward Operation)

S2: RX (Reverse Operation)

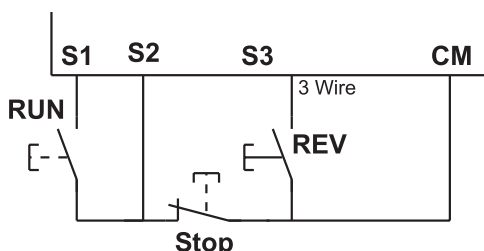
S3: ۳ Wire

در بعضی از مدل‌های اینورتر مدار سخت‌افزاری را به صورت شکل ۴۷ در نظر می‌گیرند.



شکل ۴۷- مدار سخت‌افزاری START/STOP در بعضی از مدل‌های اینورتر

ولی در بعضی از اینورترهای دیگر مدار سخت‌افزاری به صورت شکل ۴۸ در نظر می‌گیرند.



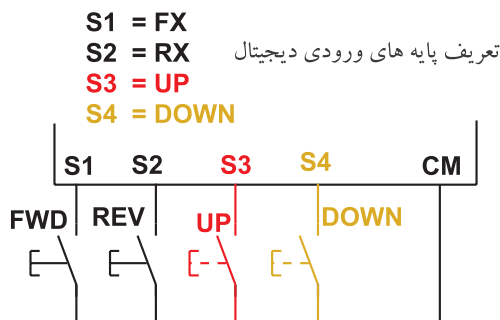
شکل ۴۸- مدار سخت‌افزاری START/STOP در بعضی از مدل‌های اینورتر

ممکن است بعضی از سازندگان اینورتر مدار سخت‌افزاری دیگری غیر از شکل‌های ۴۷ و ۴۸ برای این منظور در نظر بگیرند. در صورت نیاز به این عملکرد بهتر است به دفترچه راهنمای استفاده از اینورتر مراجعه شود که همراه اینورتر به کاربر تحویل داده می‌شود.

۱۱- روش تغییر دور پیوسته موتور متصل به اینورتر به روش UP/DOWN

گاهی در فرایندهای صنعتی و کارگاهی، کاربر باید دور موتور را تغییر دهد و از قبل مشخص نیست که دور موتور الکتریکی چقدر باشد. مثلاً در یک ماشین خراطی، کاربر ابتدا موتور را روشن می‌کند و با مشاهده می‌خواهد دور مناسب را تنظیم کند و بعد می‌خواهد دور بر دقیقه اندکی کمتر یا بیشتر شود مثلاً برای صیقل دادن چوب دور بر دقیقه بیشتری لازم دارد و مواردی مشابه که این اتفاق می‌افتد.

در اینورتر این امر پیش‌بینی شده است به این صورت که ابتدا با یک کلید موتور را روشن می‌کند و با فشردن یک شستی ساده، فرکانسی خروجی اینورتر را زیاد می‌کند و مادامی که کاربر دست از روی شستی برنداشته است فرکانس افزایش می‌یابد و به محض اینکه شستی را رها کند، فرکانس ثابت می‌ماند (دور ثابت می‌ماند) و با شستی دیگر می‌تواند فرکانس را به صورت پیوسته کم کند و هر لحظه که دست از روی شستی بردارد، فرکانس ثابت می‌ماند (دور بر دقیقه ثابت می‌ماند). مدار سخت‌افزاری و تنظیمات اینورتر به صورت شکل ۴۹ خواهد بود.



شکل ۴۹- مدار سخت‌افزاری UP/Down

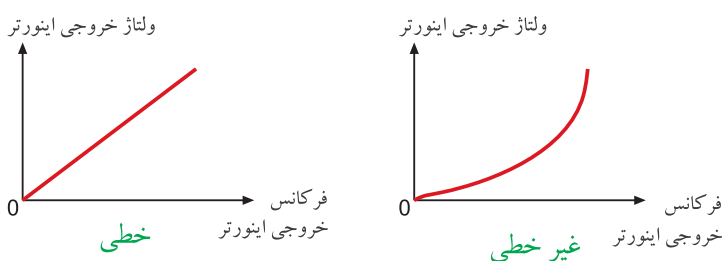
در شکل ۴۹ کاربر ابتدا موتور را در جهت دلخواه روشن می‌کند (در لحظه روشن شدن فرکانس خروجی اینورتر برابر صفر است)، کاربر با نگه داشتن شستی Up، فرکانس خروجی اینورتر به صورت پیوسته و با دقت ۱ Hz ۰/۰، شروع به زیاد شدن می‌کند هر لحظه که کاربر دست از روی شستی Up بردارد، فرکانس ثابت می‌ماند (دور موتور ثابت می‌ماند)

اکنون اگر دوباره شستی Up را فشار دهد فرکانس مجدداً افزایش می‌یابد و هر لحظه که دست از شستی بردارد آخرین مقدار فرکانس ثابت می‌ماند. توجه به این نکته مهم است که حداکثر فرکانس خروجی اینورتر با نگه داشتن شستی Up برابر F_{max} (ماکزیمم فرکانس تعریف شده در نرم‌افزار اینورتر) می‌شود هر گاه فرکانس خروجی اینورتر به F_{max} رسید اگر باز هم کاربر شستی Up را فشار دهد، دیگر فرکانس افزایش نمی‌یابد و اگر شستی Down را فشار دهد، فرکانس کم می‌شود و اگر شستی Down را همچنان نگه دارد، فرکانس به صفر می‌رسد و در این لحظه شستی Down بی‌اثر می‌شود. پس فرکانس خروجی با شستی Up اضافه می‌شود و حداکثر F_{max} و شستی Down فرکانس کاهش می‌یابد و حداقل صفر می‌شود.

۱۲- روش راه اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان DC

در خروجی اینورتر فرکانس همیشه از صفر شروع و با مقداری که روی اینورتر تنظیم می شود و با توجه به مقدار ACC Time طی زمان، زیاد می شود و نهایتاً به مقدار تنظیم شده می رسد.

ولتاژ خروجی اینورتر نیز از صفر شروع و با توجه به مقدار فرکانس و Base Frequency نهایتاً به مقدار مشخصی می رسد. نسبت تغییرات ولتاژ خروجی به فرکانس خروجی به صورت خطی و غیر خطی مورد استفاده قرار می گیرد. (شکل ۵۰)



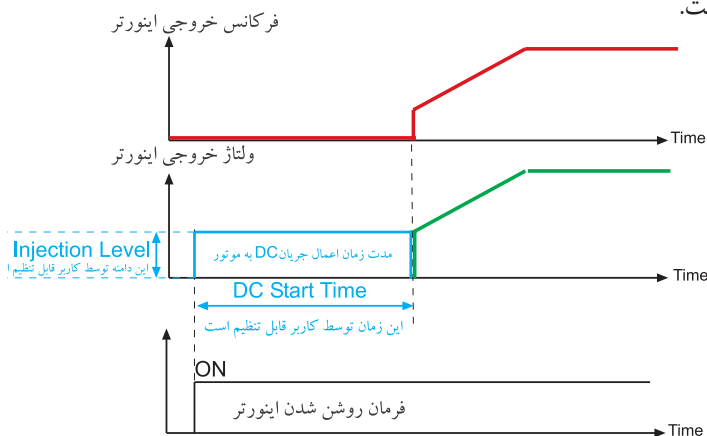
شکل ۵۰- تغییرات خطی و غیر خطی ولتاژ خروجی نسبت به فرکانس خروجی

در لحظه فرمان روشن شدن اینورتر، فرکانس خروجی اینورتر صفر است و به دنبال آن ولتاژ خروجی آن نیز صفر است و طی زمان تعیین شده توسط کاربر، ولتاژ خروجی و فرکانس افزایش می یابند.

این حالت برای بعضی از پروسه های صنعتی جالب نیست. فرض کنید یک جرثقیل سقفی باری را از زمین بلند کرده است و در فاصله یک متری از زمین کاربر فرمان خاموش شدن موتور را صادر می کند. بنابراین جرثقیل بار را در فاصله یک متری ثابت نگه می دارد (در این حالت ترمز مکانیکی موتور عمل کرده و محور موتور را قفل می کند)

اکنون به محض فرمان جدید برای بالا بردن بار، ابتدا ترمز مکانیکی، روتور را رها می کند چون در لحظه استارت ولتاژ خروجی اینورتر صفر است لذا ابتدا کمی بار به سمت پایین می آید و سپس به سمت بالا کشیده می شود این امر مطلوب نیست و ممکن است خطرناک هم باشد. لذا در اینورتر پیش بینی شده است که در هنگام استارت، ابتدا یک جریان DC به موتور تزریق می شود (نوعی ترمز محسوب می شود) حالا اگر ترمز مکانیکی، محور موتور را رها کند ترمز DC نمی گذارد که بار به سمت پایین بیاید و بعد از زمان قابل تنظیم، (که دامنه ولتاژ خروجی تا حدودی زیاد شده است) در یک لحظه کوتاه جریان DC اعمالی به موتور را قطع و جریان AC به موتور اعمال می شود.

این فرایند تنها در جرثقیل سقفی کاربرد ندارد بلکه تعدادی زیادی از فرایندهای صنعتی وضعیتی مشابه جرثقیل سقفی دارند. نمودار راه اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان DC در شکل ۵۱ نشان داده شده است.



شکل ۵۱- نمودار راه اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان DC

اگر مقدار پارامتر DC Start Time برابر صفر در نظر گرفته شود، راه اندازی به صورت معمولی (بدون تزریق جریان DC) در اینورتر لحاظ می شود.

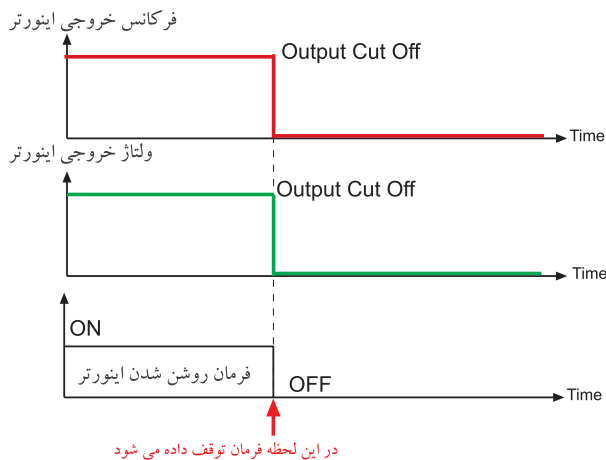
۱۳- روش های توقف موتور الکتریکی متصل به اینورتر (Stop Mode)

در اینورتر، توقف موتور متصل به اینورتر به سه روش زیر انجام می شود:

- مد توقف Free Run (Coast to stop)
- مد توقف Deceleration Stop
- مد توقف Dc_brake

۱ مد توقف Free Run (Coast to stop)

در این مد، به محض فرمان به اینورتر برای خاموش کردن موتور، اینورتر بلافاصله ولتاژ خروجی خود را صفر می کند. مانند یک پنکه روشن که دو شاخه آن از پریز جدا شود، بعد از جدا کردن دو شاخه از پریز، پروانه پنکه مقداری می چرخد و سپس متوقف می شود. شکل ۵۲ نمودار این توقف را نشان می دهد.

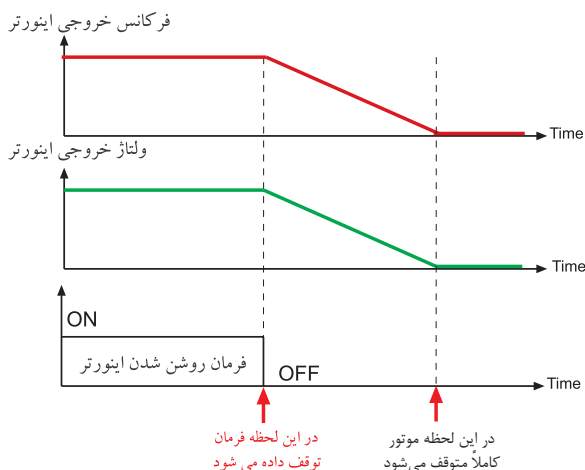


شکل ۵۲- نمودار توقف در مد Free Run

۲ مد Deceleration Stop

در این مد بعد از فرمان خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر، فرکانس خروجی اینورتر شروع به کم شدن می‌کند (با شیب Deceleration Time می‌شود) تا فرکانس به صفر برسد به دنبال کم شدن فرکانس، دامنه خروجی نیز کم می‌شود.

در این مد تقریباً می‌توان تعیین کرد که بعد از فرمان قطع به اینورتر، چه مدت زمان طول بکشد تا محور موتور کاملاً توقف کند. نمودار مد DECEL با فرض خطی بودن کاهش فرکانس به صورت شکل ۵۳ خواهد بود.

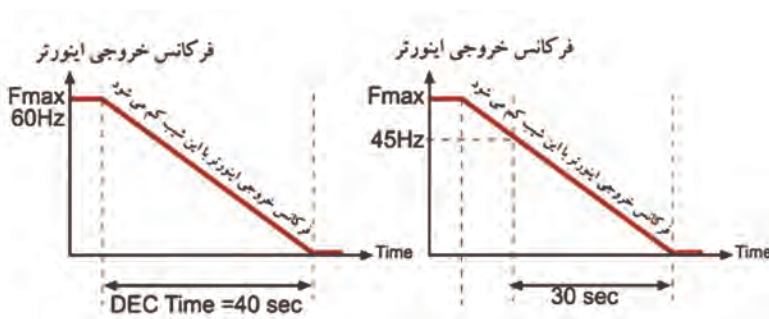


شکل ۵۳- نمودار مد توقف Decel

فرض کنید در یک اینورتر $f_{\max} = 60 \text{ Hz}$ و $\text{DEC Time} = 40 \text{ s}$ تنظیم شده باشد. اگر موتور با فرکانس 45 Hz در حال کار باشد و فرمان توقف صادر شده باشد، چند ثانیه طول می کشد تا محور موتور متوقف شود.

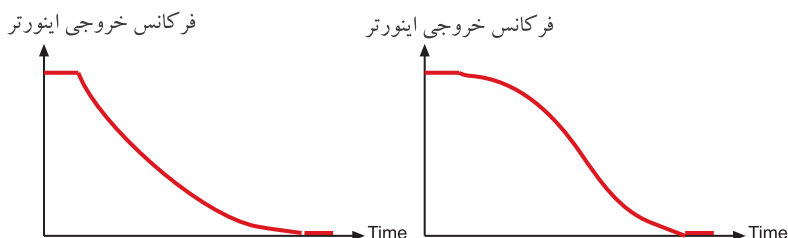
$$x = \frac{45 \text{ Hz} \times 40 \text{ s}}{60 \text{ Hz}} = 30 \text{ ثانیه}$$

تغییرات این فرایند مطابق شکل ۵۴ خواهد بود.



شکل ۵۴- زمان توقف کامل موتور الکتریکی به ازای فرکانس و DEC Time مشخص

لازم به یادآوری است که شکل کاهش فرکانس خروجی ممکن است خطی نباشد (کاربر می تواند تعیین کند عملکرد توقف خطی یا غیرخطی باشد) در شکل ۵۵ دو نمونه کاهش غیرخطی فرکانس نشان داده شده است.

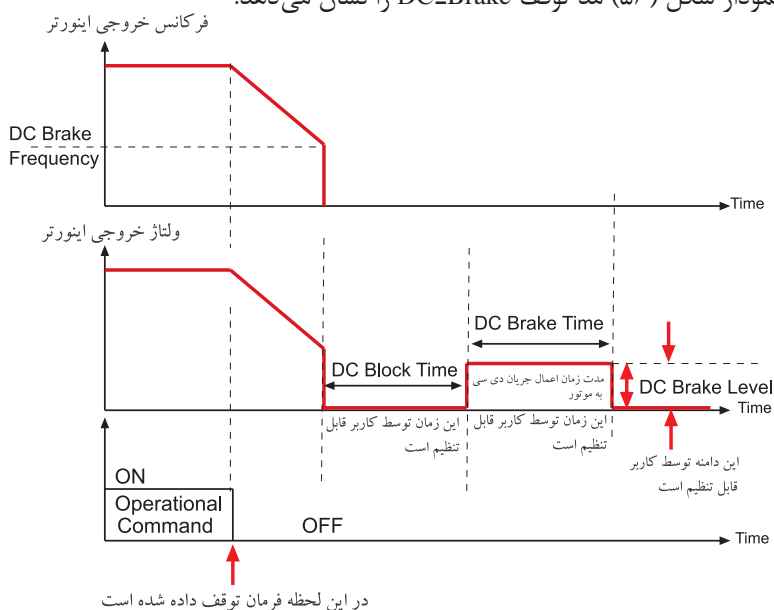


شکل ۵۵- دو نمونه (Pattern) کاهش فرکانس غیرخطی نسبت به زمان

۲ مد توقف Dc_brake

در این مد توقف بعد از فرمان به اینورتر برای خاموش کردن موتور متصل به آن، ابتدا فرکانس خروجی با شیب DEC Time کاهش می یابد. وقتی مقدار فرکانس

به اندازه Dc-Br Freq. (این مقدار توسط کاربر قابل تنظیم است) رسید، اینورتر بلافاصله ولتاژ خروجی را صفر می‌کند و سپس به اندازه DC Block Time صبر می‌کند (مقدار DC Block Time توسط کاربر قابل تنظیم است) و سپس به مدت زمان DC Brake Time (این زمان نیز توسط کاربر قابل تنظیم است) جریان DC به اندازه Dc Brake Level (این مقدار جریان توسط کاربر قابل تنظیم است) به موتور تزریق می‌شود تا موتور کاملاً متوقف شود. (اینورترهایی که در آسانسورها مورد استفاده قرار می‌گیرند برای توقف کابین از این مد توقف استفاده می‌کنند) نمودار شکل (۵۶) مد توقف DC-Brake را نشان می‌دهد.



شکل ۵۶- نمودار مد توقف DC Brake

کاربر باید در نرم‌افزار اینورتر، نوع مد توقف را متناسب با بار مکانیکی متصل به موتور تنظیم کند.

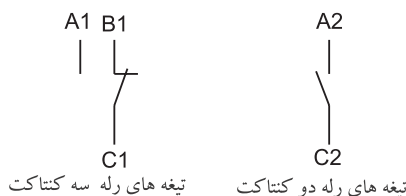
توجه



۱۴- برنامه‌ریزی رله‌های خروجی

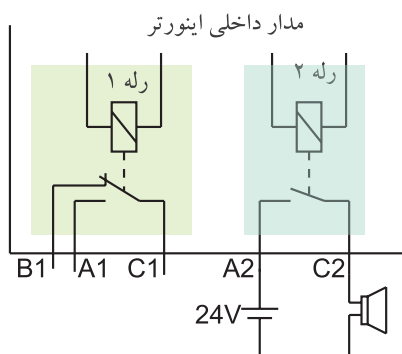
اکثر اینورترهای ساخته شده توسط سازندگان مختلف دارای تعدادی رله‌های الکترومغناطیسی و سوئیچ‌های الکترونیکی است. معمولاً تعداد یک یا دو و یا حتی چهار رله الکترومغناطیسی و یک یا دو سوئیچ الکترونیکی در اینورتر وجود دارد.

رله‌ها و سوئیچ‌های الکترونیکی همه باید برنامه‌ریزی شوند، منظور از برنامه‌ریزی این است که مثلاً رله شماره ۱ چه موقع عمل کند. فرض کنید می‌خواهیم زمانی که اینورتر در حالت توقف کامل است (stop) رله شماره ۱ عمل کند و رله شماره ۲ هنگامی عمل کند که یک خطایی در اینورتر رخ می‌دهد. با عمل کردن رله، کنتاکت باز آن بسته می‌شود و از این کنتاکت برای آلام دادن یا موارد دیگر می‌توان استفاده کرد. رله‌هایی که در اینورترها مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً دارای دو یا سه کنتاکت هستند. شکل ۵۷ کنتاکت‌های رله‌های مورد استفاده در اینورتر را نشان می‌دهد.



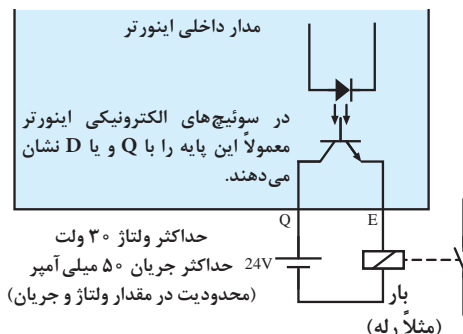
شکل ۵۷- تیغه‌های رله‌های دو و سه کنتاکت مورد استفاده در اینورتر

فرض کنید رله شماره ۲ برای حالتی عمل کند که در اینورتر خطایی رخ دهد و این حالت برای رله برنامه‌ریزی می‌شود. حال اگر خطایی در اینورتر رخ داد مدار الکتریکی یک آژیر را وصل کند تا آژیر (alarm) به صدا در آید. نقشه سخت‌افزاری این عملکرد به صورت شکل ۵۸ است.



شکل ۵۸- نحوه اتصال الکتریکی یک آژیر به رله شماره ۲ یک مدل اینورتر

همچنین فرض کنید زمانی که اینورتر آماده به کار است، رله (سوئیچ) الکترونیکی یک اینورتر عمل کند و با وصل سوئیچ به دیگر وسایلی که با این اینورتر در ارتباط هستند آماده به کار را اعلام کند. (شکل ۵۹)



شکل ۵۹- نحوه اتصال الکتریکی رله (سوئیچ) الکترونیکی با یک بار

برای برنامه‌ریزی عملکرد رله‌ها در اینورتر، کارخانجات سازنده لیستی از وضعیت‌هایی که می‌توانند منجر به عملکرد رله‌ها شوند در اختیار کاربر قرار می‌دهند و کاربر یک عملکرد (وضعیت) از بین ده‌ها عملکرد پیش‌بینی شده برای هر رله در نرم‌افزار اینورتر انتخاب می‌کند. در دفتر راهنمای ضمیمه هر اینورتر، کاربر می‌تواند لیست عملکردهای رله خروجی را مشاهده کند.

۱۵- سیگنال آنالوگ خروجی

تقریباً همه اینورترهایی که ساخته می‌شوند، حداقل یک سیگنال آنالوگ خروجی متناسب با یک کمیت (معمولاً اندازه‌گیری شده) در اختیار کاربر قرار می‌دهند. سیگنال‌های آنالوگ از نوع ولتاژ و یا جریان و با رنج‌های زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow 10V \\ -10 \rightarrow 10V \end{array} \right. \text{ رنج تغییرات سیگنال از جنس ولتاژ}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 4-20 \text{ mA} \\ 0-20 \text{ mA} \end{array} \right. \text{ رنج تغییرات سیگنال از جنس جریان}$$

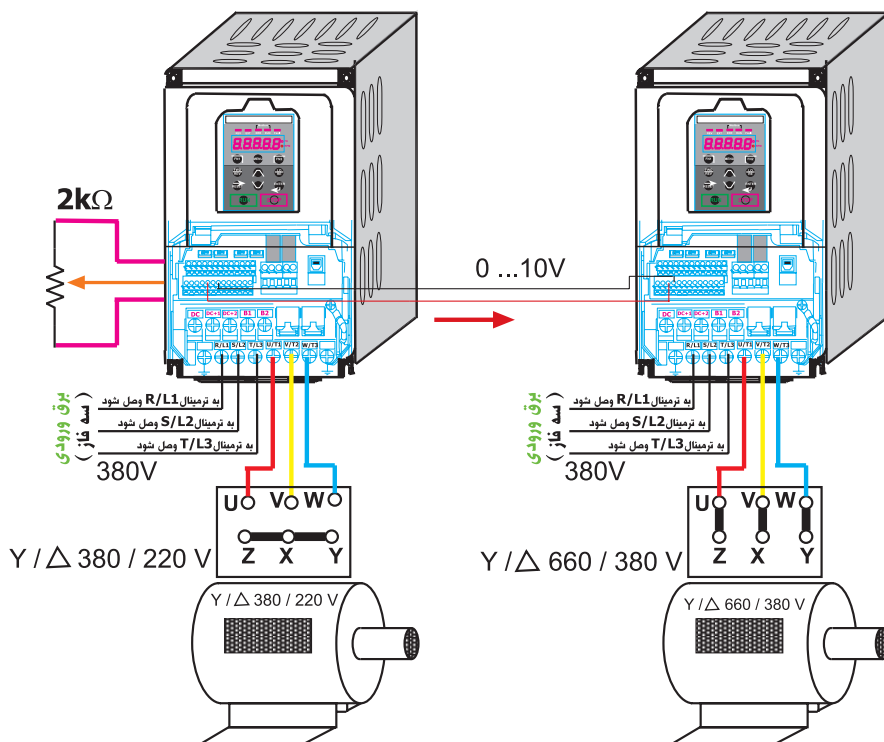
(خیلی کم متداول است)

کمیت‌هایی که متناسب با مقدار آنها، اینورتر سیگنال ولتاژ یا جریان در رنج‌های داده شده فوق، تولید می‌کند در دفترچه راهنمای اینورترها مشخص می‌کنند مانند (فرکانس خروجی، ولتاژ خروجی، توان خروجی، گشتاور خروجی، جریان خروجی و RPM موتور و موارد مشابه دیگر)

کاربر از این سیگنال خروجی می‌تواند برای مشاهده مقدار کمیت توسط یک ولت

متر یا آمپر متر قابل مقیاس بندی^۱ مشاهده کند و یا برای کنترل به ورودی یک دستگاه دیگر مورد استفاده قرار دهدگاهی لازم است دو عدد اینورتر تقریباً دور بر دقیقه برابر داشته باشند ولی فقط کنترل فرکانس روی یکی از آنها انجام شود. شکل (۶۰)

برای این کار اینورتر شماره ۲ طوری تنظیم می شود که به ازای ورودی ولتاژ 10 V ، فرکانس خروجی آن از صفر الی 50 Hz تغییر کند. فرض کنید تغییرات پتانسیومتر منجر به تغییر فرکانس از صفر الی 50 Hz خواهد شد.

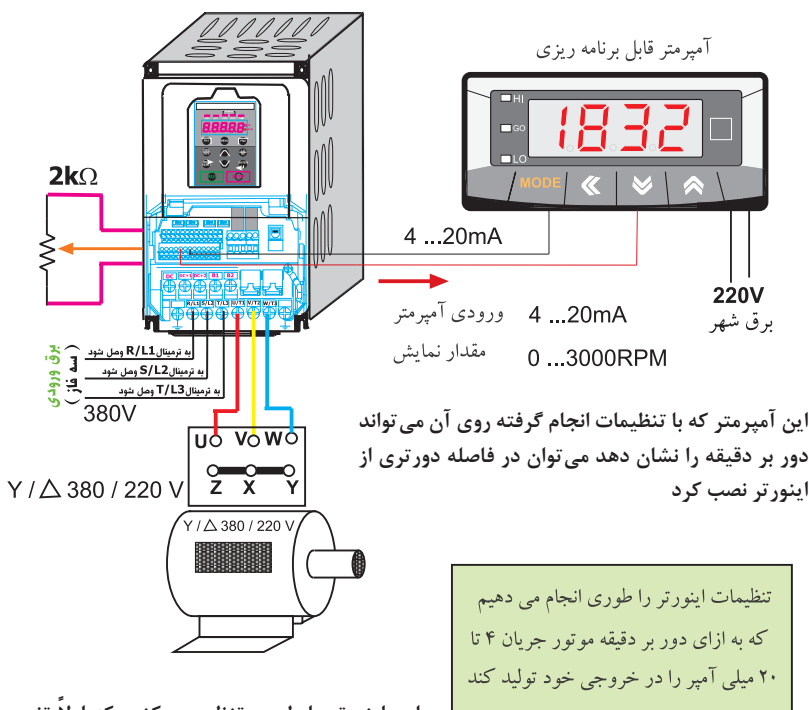


این اینورتر را طوری تنظیم می کنیم که اولاً تغییر فرکانس به وسیله سیگنال آنالوگ ورودی باشد و ثانیاً به ازای ورودی صفر تا 10 V ولت فرکانس خروجی آن از صفر تا 50 Hz هرگز تغییر کند.

این اینورتر را طوری تنظیم می کنیم که اولاً تغییر فرکانس به وسیله سیگنال آنالوگ ورودی باشد و ثانیاً به ازای ورودی صفر تا 10 V ولت فرکانس خروجی آن از صفر تا 50 Hz هرگز تغییر کند.

شکل ۶۰- موتورهای متصل به هر دو اینورتر تقریباً دور بر دقیقه های برابری دارند.

در شکل ۶۱ نمونه‌ای دیگری از کاربرد سیگنال آنالوگ خروجی نشان داده شده است.



این اینورتر را طوری تنظیم می کنیم که اولاً تغییر فرکانس به وسیله سیگنال آنالوگ ورودی باشد و ثانیاً به ازای ورودی صفر تا ۱۰ ولت فرکانس خروجی آن از صفر تا ۵۰ هرتز تغییر کند. ولتاژ آنالوگ ورودی توسط پتانسیومتر تغییر می کند.

شکل ۶۱- کاربر می تواند هر کمیت دلخواه قابل دسترسی را روی آمپر متر در یک نقطه دیگر مشاهده کند.

۱۶- جبران سازی لغزش

همه موتورهای آسنکرون دارای لغزش هستند، یعنی دور روتور آنها اندکی کمتر از دور سنکرون است. مثلاً دور سنکرون یک موتور آسنکرون دو قطب با اعمال فرکانس ۵۰ Hz به آن، ۳۰۰۰ RPM است ولی دور روتور آن عملاً اندکی کمتر است (به عنوان مثال ۲۸۸۰ دور بر دقیقه یا لغزش ۴٪) از طرفی می توان گفت دور ۲۸۸۰ RPM یعنی دور سنکرون و با فرکانس اعمالی ۴۸ Hz به دست آمده است.

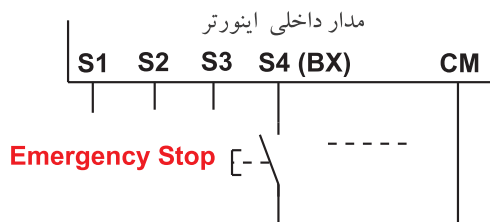
$$N_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 48}{2} = 2880 \text{ RPM}$$

برای جبران‌سازی دور RPM ۱۲۰ افت (به خاطر لغزش) در اینورتر امکانی برای جبران‌سازی لغزش پیش‌بینی شده است، یعنی اگر کاربر بخواهد تقریباً دور سنکرون در موتور متصل به اینورتر خود داشته باشد، باید مقدار لغزش (روی پلاک موتور می‌نویسند) را تبدیل به فرکانس کرده و در نرم‌افزار اینورتر وارد کند. مثلاً در مثال اشاره شده لغزش ۴٪ برابر ۲ Hz فرکانس خواهد بود، کاربر باید در قسمت جبران‌سازی فرکانسی، مقدار ۲ Hz را وارد کند و اینورتر با این تنظیم به جای اعمال فرکانس ۵۰ Hz به موتور، فرکانس ۵۲ Hz را اعمال می‌کند تا کاربر تقریباً RPM ۳۰۰۰ را از شفت موتور دریافت کند.

۱۷- فرمان قطع اضطراری خارجی (Emergency Stop)

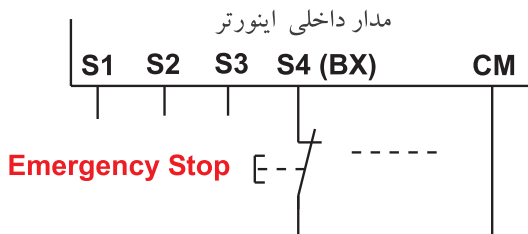
در اینورتر امکانی به نام فرمان قطع (حالت اورژانسی) انتقال انرژی از اینورتر به موتور وجود دارد این امکان External Trip نام دارد. عملکرد آن به این صورت است که یکی از پایه‌های ورودی دیجیتال را به همین منظور در نظر می‌گیرند، هرگاه این پایه فعال شود، بلافاصله موتور متصل به اینورتر خاموش می‌شود.

همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، برای هر ورودی دیجیتال در اینورتر باید یک عملکرد تعریف کرد. لذا برای پایه ورودی دیجیتال که قرار است با فعال شدن آن، موتور بلافاصله خاموش شود، باید عملکرد External Trip و یا BX را انتخاب کنیم. شکل (۶۲)



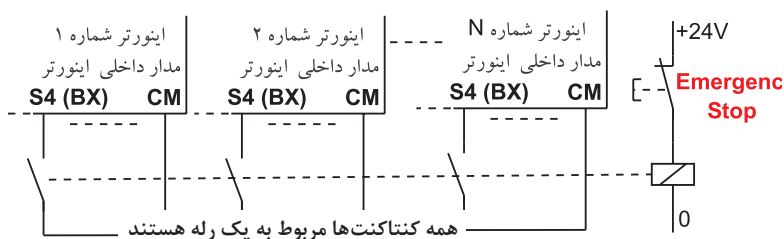
شکل ۶۲- نقشه سخت‌افزاری شستی Emergency Stop

ایراد مدار شکل ۶۲ این است که اگر سیم رابط بین S4 و CM قطع شود کاربر متوجه نمی‌شود و موقع اضطرار وقتی شستی Emergency stop را فشار می‌دهد. چون سیم رابط بین S4 و CM قطع است اینورتر هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد لذا باید (حتماً) از شستی با کنتاکت در حالت عادی بسته (NC) مطابق شکل ۶۳ استفاده شود.



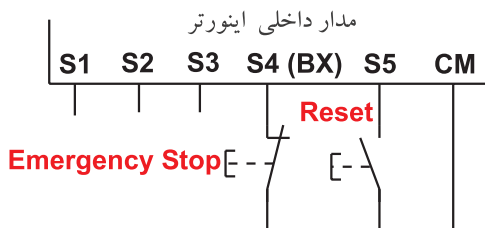
شکل ۶۳- استفاده از شستی‌های با کنتاکت در حالت عادی بسته برای این منظور امری اجتناب‌ناپذیر است.

فقط باید ورودی S4 را در نرم‌افزار اینورتر تعریف کرد که حالت فعال آن، حالت قطع است (برای هر ورودی می‌توان حالت فعال را قطع و یا وصل تعریف کرد). در شکل ۶۳ اگر سیم رابط بین S4 و CM به هر دلیلی قطع شود بلافاصله اینورتر از خود عکس‌العمل نشان داده و موتور را قطع می‌کند و کاربر چون شستی Emergency Stop را فشار نداده است پس متوجه قطع بودن سیم رابط می‌شود. پس با این روش تا مادامی‌که اینورتر از خود عکس‌العمل نشان نداده است یعنی اینکه سیستم Emergency stop سالم است. البته این روش قطع اضطراری، می‌تواند به‌طور هم‌زمان در تعداد بیش از یک عدد اینورتر را نیز دربرگیرد. یعنی با یک شستی اضطراری، می‌توان تعدادی اینورتر را هم‌زمان خاموش کرد. (شکل ۶۴)



شکل ۶۴- قطع هم‌زمان تعدادی از اینورترها

توجه داشته باشید که در بسیاری از اینورترها، وقتی به‌صورت Emergency stop موتور متصل به اینورتر را خاموش می‌کنند، اولاً با وصل مجدد شستی Emergency stop موتور مجدداً روشن نمی‌شود و ثانیاً حتماً باید اینورتر Reset شود. روی صفحه کلید تمامی اینورترها شستی Reset وجود دارد لذا برای Reset کردن می‌توانید از آن استفاده کرد یا اینکه یکی از ورودی‌های دیجیتال را Reset انتخاب کرد این شستی می‌تواند در فاصله دورتری از اینورتر نیز قرار گیرد. (شکل ۶۵)



شکل ۶۵- مدار سخت افزاری قطع اضطراری و پایه Reset

وقتی موتور متصل به اینورتر را با شستی Emergency stop خاموش می‌شود. اینورتر این مدل خاموش کردن را یک خطا تلقی می‌کند و با پیام مناسب روی صفحه نمایش (به صورت متنی در اینورترهایی که صفحه نمایش متنی دارند و به صورت کد در اینورترهایی که صفحه نمایش آنها به صورت ۷-Segment است). خطا را اعلام می‌کند.

۱۸- عملکرد حفاظتی اینورتر

حفاظت اینورتر از دو بخش اصلی تشکیل شده است:

(الف) حفاظت اینورتر

(ب) حفاظت موتور توسط اینورتر

(الف) حفاظت اینورتر

اینورتر تا حدودی خود حفاظتی در برابر عواملی چون گرم شدن قطعات الکترونیک یا وصل شدن موتور با توان بیشتر از توان تحمل اینورتر (در حقیقت در برابر جریان خروجی بیشتر از حد مجاز اینورتر) و موارد مشابه دیگر دارد. مثلاً اگر جریان خروجی آن از حد مجاز بیشتر شود بلافاصله موتور متصل به خود را قطع می‌کند و پیام مناسبی مانند Inverter Over Load یا IOL روی صفحه نمایش نشان می‌دهد. اگر دمای قطعات الکترونیک قدرت آن از حد مجاز بیشتر شود بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش می‌کند و معمولاً پیام E.Thermal و یا Eth صادر می‌کند. اگر فن خنک کن آن بسوزد یا قطع شود بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش می‌کند و با پیام مناسب کاربر را از خطای به وجود آمده مطلع می‌کند. در دفترچه راهنمای هر اینورتر لیست خطاها و پیام‌های صادره را به طور کامل می‌نویسند تا کاربر با مشاهده هر پیام روی صفحه نمایش بتواند خطای به وجود آمده را تحلیل و نسبت به رفع آن اقدام کند.



اینورتر در برابر اتصال کوتاه خروجی معمولاً محافظت نمی‌شود و چنانچه اتصال کوتاهی در خروجی آن رخ دهد، به احتمال خیلی زیاد قطعات قدرت آن می‌سوزند. لذا ابتدا موتور را به‌طور صحیح و با رعایت اصول فنی به اینورتر وصل کنید (از اتصال کوتاه نبودن خروجی مطمئن شوید) سپس برق اصلی را وصل کنید.

علاوه بر موارد فوق اگر ولتاژ ورودی اینورتر از مقدار مشخصی کمتر یا از مقدار مشخصی بیشتر شود موتور متصل به خود را بلافاصله خاموش می‌کند و پیغام‌هایی مانند Overvoltage Trip برای ولتاژ بیشتر از حد مجاز و Low Voltage Trip برای ولتاژ کمتر از حد مجاز صادر می‌کند.

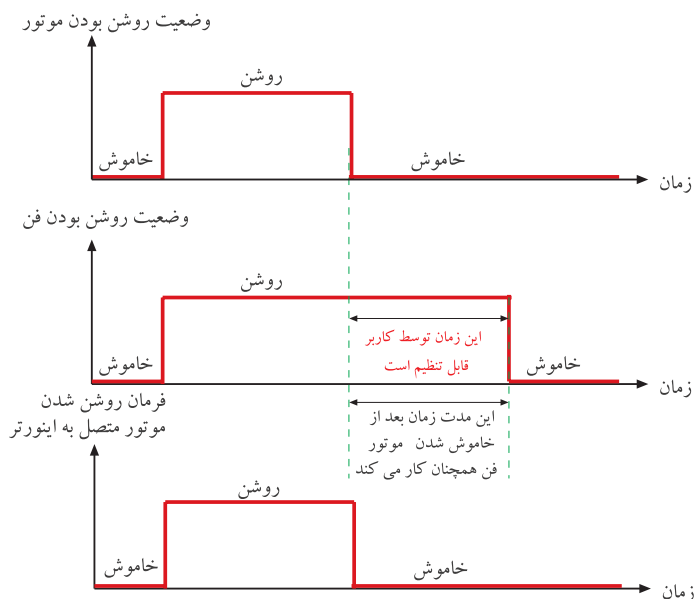
ب) حفاظت موتور توسط اینورتر

اگر هواکش اینورتر دارای مشکل شود مثلاً اتصالات آن از جای خود خارج شده باشند و یا هم بسوزد (وقتی هواکش می‌سوزد یا جریان دریافت نمی‌کند - سیم‌های ارتباط الکتریکی آن قطع شده‌اند - یا جریان بیش از حد نامی دریافت می‌کند) بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند تا عناصر نیمه‌هادی قدرت آن که قبلاً به‌طور غیرمستقیم و یا مستقیم توسط هواکش خنک می‌شوند، بیش از اندازه گرم نشوند. زیرا در اثر گرم شدن بیش از حد، معمولاً معیوب می‌شوند. توجه داشته باشید در اینورتر وقتی هواکش کار نمی‌کند لزوماً به معنای سوختن آن نیست! بلکه در آن لحظه نیازی نبوده است که هواکش کار کند.

تنظیمات هواکش اینورتر

۱ تا مادامی که اینورتر روشن است (به برق اصلی وصل است) هواکش نیز همراه با اینورتر روشن می‌ماند این حالت در اینورتر معمولاً با عبارت Always ON مشخص می‌کنند.

۲ تا مادامی که موتور متصل به اینورتر روشن است، هواکش نیز روشن است و به محض اینکه موتور متصل به اینورتر خاموش شد هواکش نیز خاموش می‌شود. این حالت در اینورتر معمولاً با عبارت During Run مشخص می‌کنند. در بعضی از مدل‌های اینورتر و در این مدکاری هواکش، یک تایمر نیز تعریف می‌کنند با تنظیم این تایمر، هواکش بعد از خاموش شدن موتور، مدت زمان تنظیم شده تایمر، کار می‌کند و بعد خاموش می‌شود. (نمودار شکل ۶۶)



شکل ۶۶- نمودار روشن شدن فن در حالت روشن شدن فن همراه با موتور اینورتر

اینورتر دمای قطعات قدرت را حس می‌کند و چنانچه لازم باشد هواکش را روشن می‌کند و به محض اینکه قطعات خنک شوند هواکش را خاموش می‌کند در این مدار هواکش، روشن و یا خاموش بودن موتور متصل به اینورتر تأثیری در روشن و یا خاموش بودن هواکش نمی‌گذارد و روشن شدن هواکش فقط به دما بستگی دارد. این حالت در اینورتر را معمولاً با عبارت Temperature Control مشخص می‌کند.

پ) حفاظت اینورتر از موتور متصل به آن

سیم‌پیچ‌های یک موتور الکتریکی زمانی می‌سوزد (معیوب می‌شود) که دمای آنها از مقدار مشخصی بیشتر شود (دمای طبیعی سیم‌پیچ‌ها در حالت کار عادی معمولاً ۴۳ درجه سانتی‌گراد در نظر می‌گیرند)

گرم شدن سیم‌پیچ‌ها به دو عامل اصلی بستگی دارد:

الف) عبور جریان بیش از حد مجاز

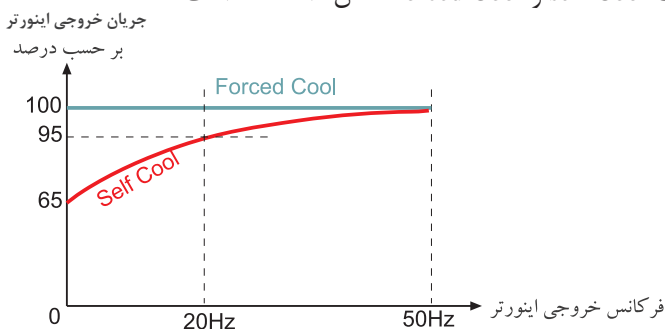
ب) خنک نشدن بدنه و هسته موتور

هر کدام از دو مورد فوق به تنهایی می‌تواند باعث معیوب شدن سیم‌پیچ‌های موتور الکتریکی شود. بدنه و هسته اغلب موتورها، توسط پروانه‌هایی که روی شفت روتور نصب می‌شوند خنک می‌شوند و در تعدادی از موتورها، یک هواکش جداگانه وظیفه خنک کردن بدنه و هسته استاتور را به عهده دارد.

توجه داشته باشید که موتورهایی به کمک پروانه‌های نصب شده روی شفت خنک می‌شوند که روتور موتور، با دور نامی بچرخد.

اگر روتور موتور با دور کمتر از دور نامی بچرخد، میزان جابه‌جایی هوا برای خنک کردن هسته موتور، ممکن است کافی نباشد و به تدریج هسته و بدنه گرم شده و باعث آسیب رساندن به سیم‌پیچ‌های موتور شوند. از این‌رو در بعضی از اینورترهای ساخته شده، در نرم‌افزار آن، از کاربر نوع خنک کردن موتور معمولاً با عبارت Motor Cooling سؤال می‌کنند، کاربر باید یا خنک کردن با پروانه‌های نصب شده روی شفت موتور را پاسخ دهد (self Cool) و یا باید خنک کردن موتور با موتور دیگر (Forced Cool) را انتخاب کند.

اگر پاسخ کاربر، Self Cool باشد اینورتر در فرکانس‌های کم، جریان خروجی را محدود می‌کند تا سیم‌پیچ‌ها گرم نشوند (چون دور موتور کم است لذا پروانه‌های نصب شده روی شفت روتور به میزان کافی هوا را جابه‌جا نمی‌کنند) ولی اگر پاسخ کاربر، Forced Cool باشد، حتی در فرکانس خیلی کم نیز جریان خروجی را محدود نمی‌کند. در شکل ۶۷ نمودار محدودیت جریان نسبت به فرکانس در دو حالت self Cool و Forced Cool نشان داده شده است.



اعداد در اینجا جنبه مثال دارند

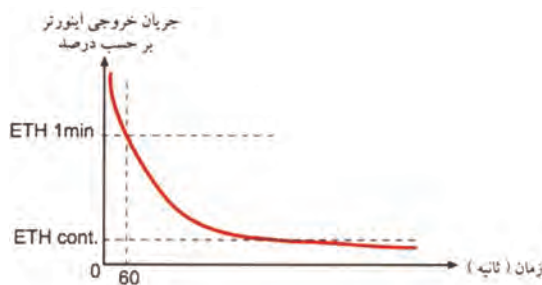
شکل ۶۷- نمودار جریان خروجی اینورتر بر حسب فرکانس برای حالت Self Cool و Forced Cool

جریان خروجی اینورتر (جریان موتور الکتریکی) که باعث گرم شدن سیم پیچ‌های استاتور می‌شوند را می‌توان به صورت زیر در اینورتر تعریف کرد تا سیم‌پیچ‌های موتور آسیب نبینند.

الف) تنظیم حداکثر جریان خروجی اینورتر به مدت یک دقیقه، به این صورت که اگر جریان خروجی اینورتر به مدت یک دقیقه از این مقدار بیشتر بود بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. معمولاً این مقدار بر حسب درصد بیان می‌شود و مقدار آن نیز ۱۲۰-۲۰۰ درصد جریان نامی موتور است که برای اینورتر تعریف می‌شود (در ادامه توضیح بیشتری در ارتباط با جریان نامی داده خواهد شد). این عملکرد معمولاً با عبارت ۱ min ETH یا عبارت مشابه دیگر در اینورتر بیان می‌شود.

ب) تنظیم حداکثر جریان خروجی اینورتر به‌طور مداوم، اگر مقدار جریان خروجی

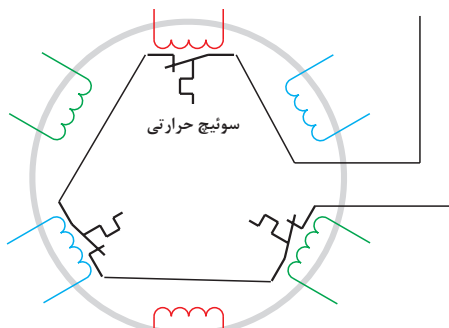
اینورتر (جریان موتور) در هر لحظه از این مقدار بیشتر شد بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. مقدار این پارامتر نیز بر حسب درصد بیان می‌شود و مقدار نیز معمولاً بین ۵۰ تا ۱۸۰ درصد جریان نامی موتور خواهد بود. این عملکرد معمولاً با عبارت ETH cont یا به عبارت مشابه دیگر در اینورتر بیان می‌شود. نمودار شکل ۶۸ جریان خروجی اینورتر بر حسب درصد را بر حسب زمان نشان می‌دهد.



شکل ۶۸- نمودار جریان خروجی اینورتر بر حسب زمان

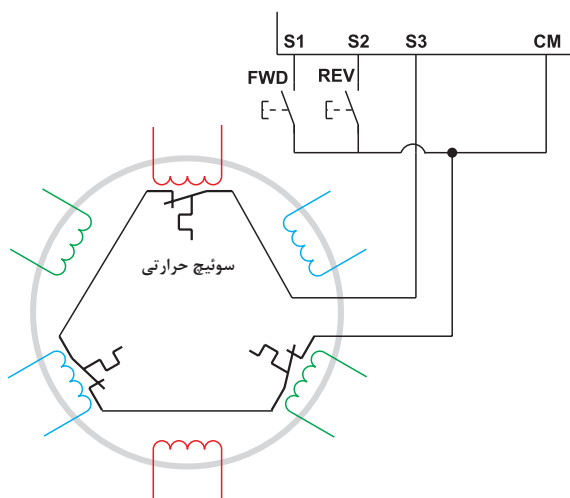
یکی دیگر از روش‌های حس کردن گرمای بیش از حد سیم‌پیچ‌های استاتور موتور متصل به اینورتر استفاده از سوئیچ‌های حرارتی (Thermoswitch) است. سوئیچ‌های حرارتی به این صورت عمل می‌کنند که در حالت عادی کنتاکت آنها بسته است و وقتی دمای حس شده توسط آنها زیاد شد، سوئیچ را باز می‌کنند. (روی اکثر جاروبرقی‌ها نیز این سوئیچ نصب می‌شود و وقتی موتور جاروبرقی اندکی داغ می‌شود این کلید عمل کرده و مسیر اصلی برق سیم‌پیچ‌ها را قطع می‌کند و جارو برقی خاموش می‌شود).

تا مادامی‌که سوئیچ به اندازه کافی خنک نشده باشد مجدداً وصل نمی‌شود و وقتی دمای حس شده آن از مقدار مشخصی کمتر شد مجدداً وصل می‌شود. روی هر سه گروه کلاف‌های سیم‌پیچ یک عدد سوئیچ حرارتی نصب می‌کنند و هر سه سوئیچ را با هم سری می‌کنند (شکل ۶۹).



شکل ۶۹- نحوه نصب سوئیچ‌های حرارتی به سیم‌پیچ‌های موتور

در ارتباط با این نوع حفاظت، در اکثر اینورترها می‌توان یک پایه ورودی دیجیتال را با عملکرد Thermal In انتخاب کرد و این پایه را به لحاظ عملکردی از نظر Normally open یا Normally Close باید تعریف کرد، در حالت عادی همه سوئیچ‌های حرارتی بسته هستند (در دمای طبیعی) به محض اینکه دما در همه کلاف‌ها و یا یک گروه کلاف افزایش یافت همه و یا یک سوئیچ که باز شوند، مطابق شکل ۷۰ ورودی اینورتر قطع می‌شود و اینورتر پیغام مناسبی در همین ارتباط می‌تواند صادر می‌کند.



شکل ۷۰- نحوه اتصال سوئیچ‌های حرارتی به ورودی دیجیتال اینورتر

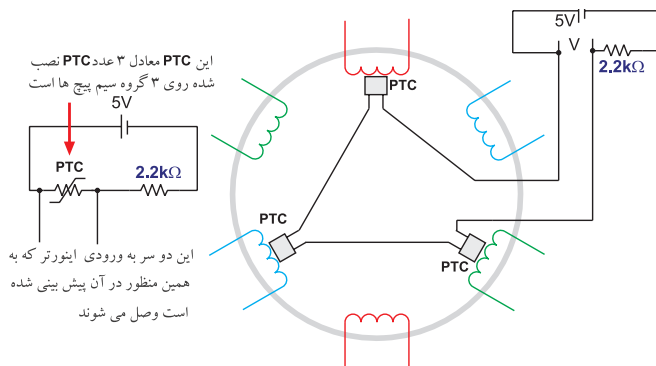
همچنین روش دیگری نیز برای حس کردن گرمای سیم‌پیچ‌های موتور متصل به اینورتر وجود دارد، در این روش یک مقاومت تابع حرارت یا همان PTC^{1} یا $PT100^{2}$ معمولاً روی هر گروه کلاف موتور نصب می‌کنند و سپس این PTC ها را با یکدیگر سری کرده و با یک مقاومت ثابت نیز سری و آن‌گاه به دو سر آنها ولتاژ وصل می‌کنند (شکل ۷۱).

۱- PTC یک مقاومت تابع حرارت است. یعنی مقدار آن با افزایش دمای حس شده افزایش می‌یابد. فقط

افزایش مقدار مقاومت آن نسبت به دمای حس شده خطی نیست!

۲- $PT100$ یک مقاومت تابع حرارت است فرق آن با PTC در خطی بودن آن است. یعنی به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای حس شده توسط $PT100$ مقاومت اهمی آن زیاد می‌شود.

در ضمن مقدار این مقاومت در صفر درجه سانتی‌گراد برابر $100\ \Omega$ است. از این مقاومت معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که بخواهیم هر لحظه مقدار دما را اندازه بگیریم.

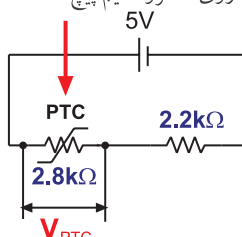


شکل ۷۱- نحوه نصب PTC‌ها روی سیم پیچ‌های استاتور

فرض کنید جمع مقاومت اهمی سه عدد PTC در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برابر $2/8k\Omega$ باشد. بنابراین با توجه به مدار شکل ۷۲ ولتاژ دو سر آن مقاومت معادل سه عدد PTC برابر خواهد بود با:

$$V_{PTC} = \frac{5V}{2/8k\Omega + 2/2k\Omega} \times 2/8k\Omega = 2/8V$$

این PTC معادل ۳ عدد PTC نصب شده روی ۳ گروه سیم پیچ‌ها است



$$V_{PTC} = \frac{5V}{2.8k\Omega + 2.2k\Omega} \times 2.8k\Omega = 2.8V$$

شکل ۷۲- ولتاژ دو سر PTC

حال اگر دما افزایش یابد مقدار مقاومت اهمی PTC، افزایش می‌یابد فرض کنید دما به ۵۵ درجه سانتی‌گراد رسیده باشد و مقاومت PTC‌ها از $2/8k\Omega$ به $6/8k\Omega$ تغییر یافته باشد لذا ولتاژ دو سر PTC‌ها برابر خواهد شد با:

$$V_{PTC} = \frac{5V}{6/8k\Omega + 2/2k\Omega} \times 6/8k\Omega = 3/78V$$

با توجه به مثال فوق، مشخص است که با افزایش دما، ولتاژ دو سر PTCها افزایش و با کاهش دما نیز کاهش می‌یابد. برای حفاظت سیم پیچ‌ها در صورت افزایش دمای آنها، ولتاژ دو سر PTCها را به اینورتر اعمال می‌کنند و در نرم‌افزار اینورر مشخص می‌کنند که مقدار ولتاژ به عنوان مثال (با توجه به مثال صفحه قبل) تا $3/5V$ دمای سیم پیچ‌ها در حد قابل قبول است و اگر ولتاژ ورودی از $3/5$ ولت بیشتر شد اینورتر فرمان قطع انتقال انرژی به موتور متصل به خود را صادر کند (موتور را خاموش می‌کند). این روش حفاظت از سیم پیچ‌های موتور بسیار رایج است.

۱۹- موارد دیگر حفاظت در اینورتر

با توجه به امکانات متعددی که در اینورتر برای حفاظت پیش‌بینی شده است. امکان بررسی همه آنها در این کتاب میسر نیست و لذا در ادامه فقط به بعضی از موارد اشاره خواهد شد.

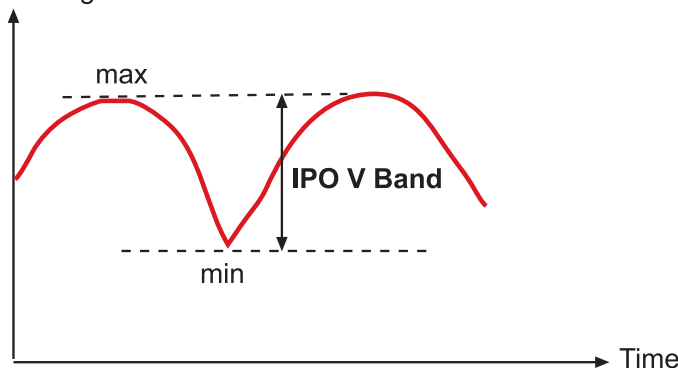
۱ قطع فاز بین اینورتر و موتور

نرم‌افزار اینورتر را به گونه‌ای می‌توان تنظیم کرد که اگر یکی از فازهای موتور (U,V,W) قطع شدند، اینورتر بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش کند.

۲ قطع فاز ورودی (قطع فاز برق ورودی اینورتر)

با قطع یکی از فازهای ورودی، در صورتی که موتور متصل به اینورتر خاموش باشد هیچ اتفاقی نمی‌افتد و حتی اگر موتور متصل به اینورتر روشن باشد، ولی موتور بی‌بار کار کند، نیز هیچ اتفاقی نمی‌افتد. اگر موتور زیر بار باشد (تقریباً بالای 50% جریان نامی دریافت کند) بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. در این مورد اینورتر معمولاً پیغام Low Voltage صادر می‌کند. در اینورتر وقتی یکی از فازهای ورودی قطع می‌شود شکل ولتاژ یکسو شده تقریباً به صورت شکل ۷۳ خواهد بود.

DC Link Voltage

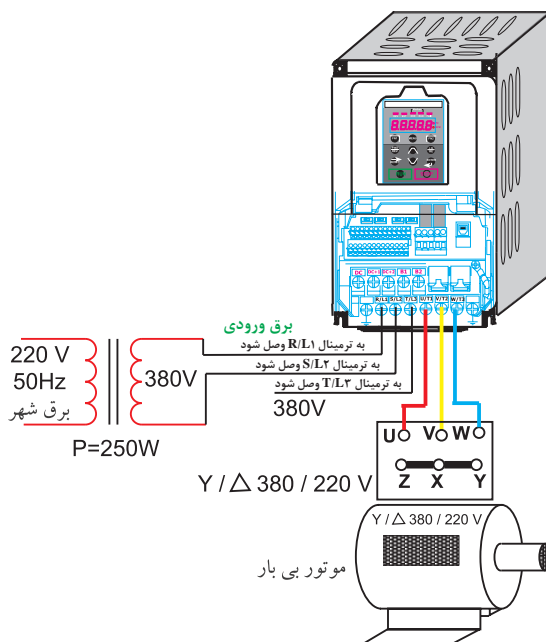


شکل ۷۳- شکل تقریبی ولتاژ دو سر بانک خازنی در اینورتر در صورت قطع شدن یکی از فازهای ورودی

در اینورها ولتاژ Input Phase Open V Band قابل تنظیم است (معمولاً ۱ الی ۱۰۰ ولت).

توجه داشته باشید که مقدار IPO V Band را کاربر تعیین نمی کند بلکه مقدار آن به باری که به موتور کوپل شده است بستگی دارد. در حالت بی باری موتور یا خاموش بودن موتور، مقدار IPO V Band به سمت صفر می رود. کاربر فقط تعیین می کند که مقدار IPO V BAND از چه مقداری بیشتر شد اینورتر مبادرت به خاموش کردن موتور متصل به خود می کند.

حتی در بسیاری موارد می توان مطابق شکل ۷۴، اینورتر را با برق تک فاز خانگی (برق شهر) مورد آزمایش قرار داد.



شکل ۷۴- مدار آزمایش تنظیمات اینورتر به کمک برق یک فاز خانگی با موتور بدون بار

۲ سرعت (دور بر دقیقه) روتور بیش از سرعت سنکرون

اگر سرعت روتور موتور متصل به اینورتر، به هر دلیلی بیش از سرعت سنکرون روتور شود (مانند وصل به یک بار مکانیکی که بار مکانیکی باعث شود سرعت روتور بیشتر از سرعت سنکرون موتور شود مثلاً سقوط بار از یک جرثقیل سقفی و یا موارد مشابه دیگر) اینورتر می تواند بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش کند. در اینورتر این عملکرد را معمولاً Over Speed می نامند. برای امکان فوق دو پارامتر را باید در اینورتر تنظیم کرد:

A: Over Speed Level (Hz)

B: Over Speed Time (Sec)

اگر چرخش روتور سریع‌تر از Over Speed Level شد و مدت زمان این عمل از Speed Time، بیشتر شد اینورتر بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. امکان فوق ممکن است در بعضی از اینورترها نباشد.

۴ نوسان سرعت

در بعضی از اینورترها، این امکان وجود دارد که اگر دور محور موتور الکتریکی متصل به اینورتر، دچار نوسان شود، با فعال کردن این امکان در اینورتر، موتور الکتریکی متصل به آن را خاموش کرد.

این امکان در اینورترها معمولاً تحت عنوان Speed Variation Failure مطرح می‌شود و در قسمت نرم‌افزار آن باید سه گزینه به شرح زیر را تنظیم کرد:

A: Speed Dev. Trip yes/No

B: Speed Dev. Band ۲۰/۰۰ Hz

C: Speed Dev. Time ۱/۰ Sec

اگر بخواهیم این امکان در اینورتر فعال شود باید در تنظیمات گزینه Speed Dve. Trip را Yes انتخاب کرد و مقدار نوسان مجاز را (بر حسب هرتز) را باید به پارامتر Speed Dev. Band واگذار کرد و مدت زمان مجاز نوسان را نیز باید در پارامتر Speed Dev Time تنظیم کرد.

۵ حفاظت در برابر گم شدن صفحه کلید (key pad)

صفحه کلید اغلب اینورترها قابل جدا شدن از بدنه اصلی است. فرض کنید قرار است روشن و خاموش کردن اینورتر از روی صفحه کلید باشد. همچنین فرض کنید که فردی از روی صفحه کلید، موتور متصل به اینورتر را روشن کرده است. اکنون اگر فرد دیگری صفحه کلید را از بدنه جدا کند، نفر اول، دیگر نمی‌تواند موتور را خاموش کند و ناچار است برق اصلی اینورتر را قطع کند.

در اینورتر یک امکان برای این منظور پیش‌بینی شده است این امکان Lost Keypad Mode نام دارد.

زیر مجموعه این عنوان سه حالت پیش‌بینی شده است که با حروف A و B و C نشان داده می‌شود.

A: None (الف)

در این حالت در صورت جدا شدن صفحه کلید، اینورتر از خود هیچ عکس‌العملی نشان نمی‌دهد.

B: Free Run (ب)

در این حالت به محض جدا شدن صفحه کلید، موتور با مد Free Run خاموش می‌شود (این مد در صفحات قبل توضیح داده شده است).

ج: Dec C:

در این مد به محض جدا شدن صفحه کلید، موتور با مد Decele_ ration خاموش می شود (این مد در صفحات قبل توضیح داده شده است).

۶ قطع موتور از اینورتر

این امکان در اینورتر به نام No Motor Trip مطرح می شود. به محض اینکه فرمان روشن شدن موتور متصل به اینورتر، به اینورتر داده می شود اگر جریان موتور از مقدار مشخصی کمتر باشد و در مدت زمان تعریف شده به این منظور جریان موتور به مقدار مشخصی نرسد، اینورتر انتقال توان به موتور را متوقف می کند. این پارامترها در نرم افزار اینورترها معمولاً به این صورت تعریف می شوند.

A: No Motor Level

B: No Motor Time

۷ سایر موارد

تعداد موارد حفاظت در اینورتر خیلی زیاد هستند و بررسی همه آنها در اینجا ممکن نیست.

۲۰- شروع دوباره اتوماتیک Automatic Restart

وقتی اینورتر خطایی را احساس کرد (مطابق با تنظیمات انجام شده توسط کاربر) مثلاً جریان خروجی آن از مقدار تنظیم شده جریان و زمان بیشتر شد)، بلافاصله انتقال انرژی به موتور متصل به خود را قطع می کند و برای راه اندازی مجدد موتور، ابتدا باید خطا را در اینورتر Reset کرد و سپس فرمان RUN را اجرا کرد در غیر این صورت فرمان RUN اجرا نمی شود. در اینورتر امکانی (عملکردی) وجود دارد که کاربر در صورت انتخاب آن وقتی اینورتر خطایی را احساس کرد و موتور را خاموش کرد اینورتر مدتی (قابل تنظیم) صبر کند و ضمن Reset کردن خطا، موتور را نیز روشن کند. اگر بعد از روشن کردن مجدداً خطا تکرار شد عمل Reset کردن و RUN مجدد دوباره اجرا می شود. کاربر می تواند تعیین کند که اینورتر چند بار این عمل را انجام دهد اگر به تعداد دفعات تعریف شده، اینورتر نتوانست موتور را روشن کند. عملیات روشن کردن متوقف می شود و کاربر باید اینورتر را Reset و سپس فرمان RUN را اجرا کند. این عملکرد در اینورتر با عبارت Restarts by reset after trip مشخص می کنند و شامل سه گزینه به این شرح است:

A: RST Restart Yes/No

اگر کاربر گزینه Yes را انتخاب کند، یعنی عمل شروع دوباره اتوماتیک را فعال کرده است و دو پارامتر زیر نیز فعال خواهند شد:

B: Retry Number

چند بار این عمل Restart را پشت سر هم انجام دهد (معمولاً ۱۰ ~ ۵)
C: Retry Delay

بین دو Restart متوالی، چقدر صبر کند. (معمولاً ۶۰ ~ ۵ ثانیه).

توجه



فرض کنید کاربر مقدار پارامتر Retry Number را برابر عدد ۸ در نظر گرفته است و اینورتر بعد از ۶ بار موفق شده است که موتور متصل به خود را بدون خطا راه اندازی کند. بعد از راه اندازی کامل، ۶ بار راه اندازی از حافظه پاک می شود و اگر چنانچه اینورتر مواجهه با خطایی شود، بار دیگر تا ۸ بار سعی می کند موتور متصل خود را راه اندازی کند.

۲۱- تنظیمات کارخانه‌ای Factory Default

وقتی یک اینورتر نو خریداری می شود، کارخانه سازنده پارامترهای آن را در حد کاربرد عمومی تنظیم می کند این تنظیمات به تنظیمات کارخانه‌ای معروف است مقدار هر پارامتر تنظیم شده، توسط سازنده در دفترچه راهنمای همراه اینورتر مشخص شده است. معمولاً در اینورترها به کاربر نیز اجازه می دهند تنظیمات موجود را به تنظیمات کارخانه‌ای برگرداند. این عملکرد را معمولاً با Parameter Init در اینورترها را مشخص می کنند.

برای دسترسی سریع تر کاربر به پارامتر خاصی در اینورتر، معمولاً پارامترها را به صورت دسته بندی درمی آورند، در بسیاری از اینورترها به کاربر اجازه می دهند فقط یک یا چند گروه پارامتر را به صورت تنظیم کارخانه‌ای درآورد و یا همه گروه پارامترها را به صورت یک جا به تنظیم کارخانه‌ای برگرداند.

– **وارد کردن اطلاعات موتور در اینورتر:** در بعضی از مدهای کاری اینورتر (مانند مد Vector) برای اینکه اینورتر بهتر بتواند دور موتور را کنترل کند و انتقال توان به آن را بهتر انجام دهد باید مشخصات کامل موتور (پارامترهای موتور) را در اینورتر وارد کرد. عمومی ترین پارامترهای موتور که باید در اینورتر وارد شوند عبارتند از:

الف) توان موتور Motor Capacity

ب) تعداد قطب های موتور Pole Number

ج) لغزش نامی Rated Slip

د) جریان نامی Rated Current

ه) جریان بی باری No load Current

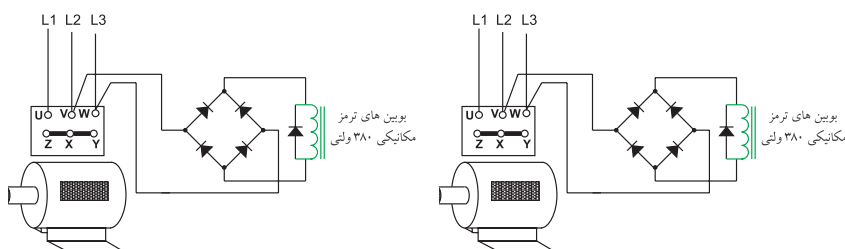
و) راندمان Efficiency

پارامترهای ذکر شده را باید از روی پلاک موتور قرائت کرد و سپس در اینورتر وارد

نمود. البته اینورتر به پارامترهای دیگری نیز نیاز دارد مانند مقاومت اهمی سیم پیچ‌های موتور یا ضریب خودالقایی سیم‌پیچ‌ها و نظایر آن. این پارامترها را با اجرای Auto Tuning در اینورتر، در صورتی که موتور مورد نظر به آن وصل باشد، اینورتر آنها را اندازه گرفته و وارد می‌کند.

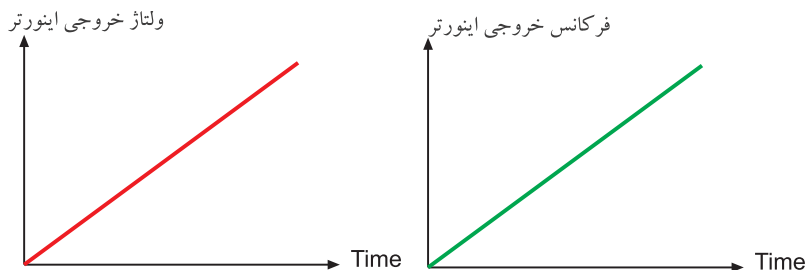
– راه‌اندازی موتورهای ترمزدار به کمک اینورتر: تعدادی از موتورهای مورد استفاده در صنعت، دارای ترمز مکانیکی هستند. در حالت عادی زمانی که موتور به برق وصل نشده است ترمز عمل می‌کند و شفت موتور را قفل می‌کند. به محض وصل برق به موتور، ترمز عمل کرده و شفت را رها می‌کند. در مواردی که به محض قطع برق اصلی، روتور موتور باید در جا متوقف شود از موتورهای دارای ترمز مکانیکی استفاده می‌کنند.

مدار الکتریکی معمول یک ترمز مکانیکی به صورت شکل ۷۵ است:



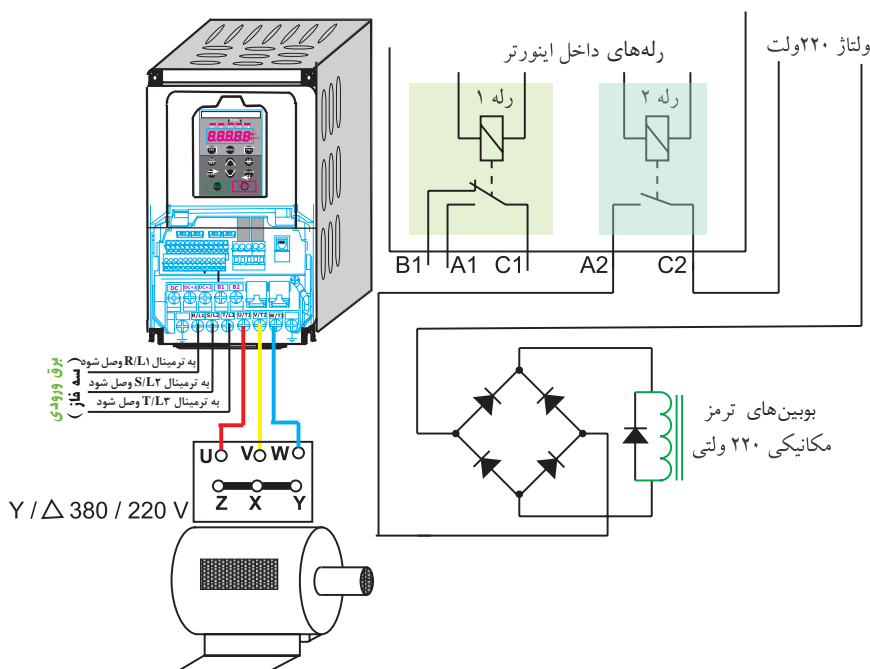
شکل ۷۵- مدار الکتریکی ترمز مکانیکی

اگر بخواهیم موتور با ترمز مکانیکی را با کمک اینورتر راه‌اندازی کنیم، باید به سیستم ترمز از مسیر دیگری ولتاژ بدهیم. زیرا سیستم ترمز مکانیکی برای عملکرد نیاز به ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۳۸۰ ولت دارد. در صورتی که اینورتر ولتاژ را متناسب با فرکانس از صفر تا مقدار تنظیم شده در طی زمان زیاد می‌کند. در صورتی که (ترمز مکانیکی در لحظه اول نیاز به ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۳۸۰ ولت دارد. شکل ۷۶ نحوه تغییر فرکانس و ولتاژ خروجی اینورتر را طی زمان نشان می‌دهد.



شکل ۷۶- نمودار تغییرات فرکانس و ولتاژ دو سر موتور طی زمان

برای فعال کردن ترمز مکانیکی از رله موجود در اینورتر استفاده می‌کنیم، رله خروجی اینورتر را با عملکرد RUN (و یا در بعضی از اینورترها Duration Run) باید برنامه‌ریزی کرد. یعنی به محض اینکه فرمان RUN از طرف کاربر به اینورتر داده شد (از طریق کی‌پد و یا ترمینال‌های ورودی و یا RS-485) بلافاصله عمل می‌کند. و به کمک این رله ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۳۸۰ ولت را به ترمز موتور اعمال می‌کنیم (البته سیم‌های ترمز باید از ترمینال‌های اصلی موتور جدا شوند). (شکل ۷۷)



شکل ۷۷- نحوه راه اندازی موتور با ترمز مکانیکی

اگر موتوری که قبلاً به صورت «ستاره - مثلث» و با ولتاژ ۳۸۰ ولت راه‌اندازی می‌شده‌است، اکنون قرار است با اینورتر راه‌اندازی شود باید اتصال سیم‌پیچ‌های موتور از ابتدا به صورت مثلث بسته شود. راه‌اندازی موتور به صورت ستاره - مثلث با اینورتر بی‌معنی است.

اگر روی پلاک موتور عبارت زیر را مشاهده کردید:

$$\Delta/Y \ 220/380 \ V$$

و ولتاژ ورودی اینورتر ۳۸۰ ولت باشد، باید از ابتدا و دائم سیم‌پیچ‌های موتور به صورت ستاره سربندی شوند و اگر ولتاژ سه فاز ورودی ۲۲۰ ولت است از ابتدا و دائم سیم‌پیچ‌های موتور باید به صورت مثلث سربندی شوند.

اگر روی پلاک موتورالکتریکی این عبارت زیر را مشاهده شود:

$$\Delta/Y \ 380/220 \ V$$

این حالت با حالت $\Delta/Y \ 220/380$ فرقی ندارد.

باید توجه داشت که سازندگان موتورهای الکتریکی معمولاً به نوع راه‌اندازی کاری ندارند و هدف Y/Δ و یا موارد مشابه دیگر فقط ولتاژ سیم‌پیچ هر گروه کلاف را مشخص می‌کنند. (در حقیقت نوع سربندی کلاف‌ها را مشخص می‌کنند)

۲۲- ساخت مجموعه آموزشی اینورتر

برای آموزش اینورتر بهتر است سخت‌افزار موجود را در قالب یک مجموعه آموزشی به هنرجویان ارائه دهید. این کار علاوه بر نگهداری بیشتر و افزایش طول عمر اینورتر، نگاه آموزشی هنرجویان در کاربست اینورتر را تقویت می‌کند. مراحل گفته شده را برای تهیه این مجموعه آموزشی دنبال نمایید.

۱ ساخت صفحه نصب: متناسب با ابعاد اینورتر می‌تواند تخته چوب از جنس MDF و یا از پلاستیکی محکم باشد.

۲ کلید کوچک صفر ویک **Mini Rocker Switch**: این نوع کلید قابلیت نصب و سیم‌کشی راحتی روی ترمینال بلوکی ۱۲ تایی دارد و تعداد ۵ عدد آن برای ساخت این مجموعه آموزشی کافی است در صورتی که پایه‌های این کلیدها به فواصل سوراخ (خانه) ترمینال یکسان نیست به کمک یک تکه سیم، طول پایه را بلندتر کنید. هر کلید باید دو خانه مجاور را اشغال کند و به آن سیم‌کشی شود.



شکل ۷۸- کلید صفر ویک

۳ ولوم مولتی ترن **Multi-Turn Volume**: این ولوم یک پتانسیومتر از نوع خطی است (۱۰ دور) و مقاومتاً ۵ تا ۲۰ کیلو اهم است. معمولاً بدنه آن به رنگ آبی است و در بازار به سادگی یافت می‌شود. با این حال به مشخصات فنی این وسیله که در پشت آن درج می‌شود و به صورت شکل صفحه بعد خواهد بود توجه کنید.



شکل ۷۹- ولوم مولتی ترن (ده دور)

در تصویر کوچک سمت راست سر ولوم مدرج این پتانسیومتر ملاحظه می شود. در نوع فلزی و پلاستیکی در بازار موجود است و میزان دقیق دور را نشان می دهد البته می توانید از سرولوم های ساده نیز استفاده کنید.

توجه: استفاده از ولوم چند دور (مولتی ترن) به این دلیل است که با چرخش ولوم های یک دور معمولی تغییرات شدیدی در فرکانس خروجی اینورتر ایجاد خواهد شد که باعث آسیب دیدن این مجموعه آموزشی خواهد شد. بنابراین توصیه می شود به هیچ عنوان از آنها استفاده نکنید.



شکل ۸۰- ترمینال پیچی

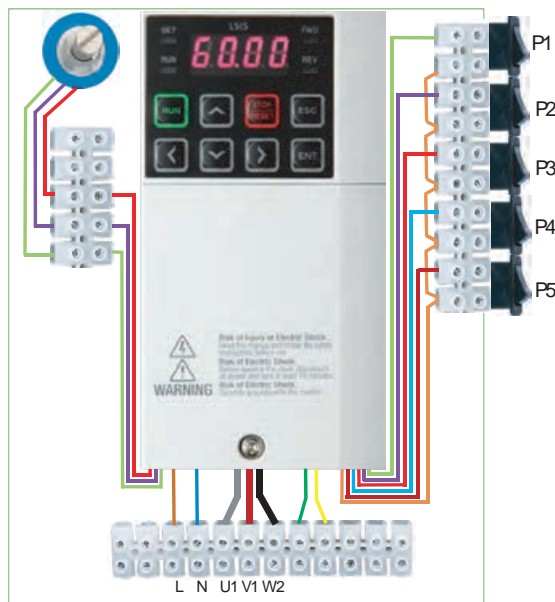
۴ ترمینال پیچی ۱۲ تایی: سه

عدد از این ترمینال ها برای ساخت مجموعه کافی است سعی کنید اندازه ترمینال را متناسب به کلیدها در نظر بگیرید.

۵ سیم کشی با رنگ های مختلف:

در صورت استفاده از سیم افشان حتماً سرسیم مناسب نیز استفاده شود به واسطه ترمینال های ظریف روی اینورتر از سیم های با مقطع پایین برای کلیدها و ولوم استفاده کنید. در انتها گروه سیم های مختلف را توسط کمربندکابل (بست کمربندی) مرتب نموده و باهم در یک دسته قرار داده و ببندید.





شکل ۸۱- سیم کشی اینورتر

۲۳- روش پیشنهادی دیگر برای اجرای کارهای عملی اینورتر

کتاب درسی کار عملی یک را تهیه و ساخت مجموعه آموزشی در نظر گرفته است. در کارهای عملی بعدی ابتدا روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر را به عنوان کار عملی ۲ آورده است و در ادامه کار عملی ۳ تنظیم فرکانس مرجع و در کار عملی ۴ برای اولین بار هنجرو با زمان شتاب و زمان توقف آشنا می‌شود. با توجه به آنکه اینورترها تنظیمات اولیه (کارخانه‌ای) دارند و از ابتدا پیش فرضی برای این زمان‌ها (غیر از صفر) وجود دارد و نیز آنکه روشن کردن اینورتر با یک فرکانس ثابت اولیه بدون زمان شتاب و توقف درست نیست. لذا همکاران محترم می‌توانند آموزش را بر مبنای «کل به جزء» پیش برده و از همان کار عملی اول موضوع زمان شتاب و زمان توقف را به عنوان ساختار کلی راه‌اندازی به روش اینورتر مطرح کنند و کارهای عملی چگال‌تری را در یک جلسه ۸ ساعته کارگاهی برای هنجرویان فراهم نمایند. حتی موکول کردن موضوع زمان شتاب و زمان توقف به جلسه چهارم با توجه به محدودیتی‌هایی که به لحاظ تعداد جلسات پیش خواهد آمد ممکن است باعث نپرداختن به این موضوع مهم شود. از طرفی در کارهای عملی مقادیر عددی پارامترها به هنرآموز محول کرده است و همچنین موضوع راه‌اندازی‌ها و کار با

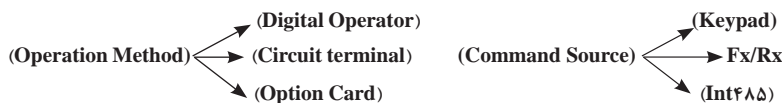
اینورتر با جزئیات و دکمه‌های اینورتر خاصی پیش نرفته است با توجه به مطالب بالا در کتاب هنرآموز سعی شده دو اینورتر LS-S100 و Yaskawa-V1000 بیشتر تمرکز شود و کارهای عملی همان‌طور که گفته بالا آمد با مقادیر عددی و از ابتدا با زمان شتاب و توقف ارائه شود. همان‌طور که در کتاب درسی آمده، سه روش زیر در تمامی اینورترها پیش‌بینی شده است استفاده می‌شود:

- ۱ از طریق صفحه کلید روی اینورتر
- ۲ از طریق ترمینال‌های ورودی دیجیتال
- ۳ از طریق کارت شبکه

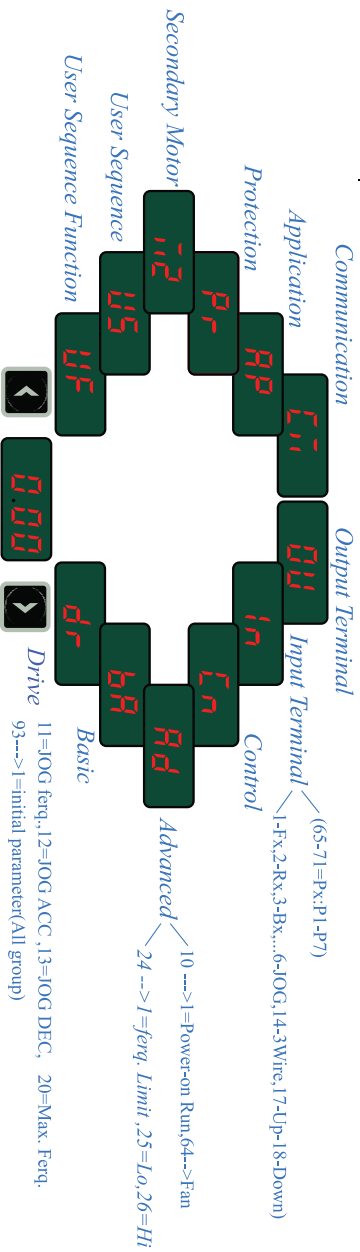
- معمولاً روی هم صفحه کلیدها یک دکمه برای روشن کردن موتور متصل به اینورتر (RUN) و دکمه دیگری برای خاموش کردن موتور متصل به اینورتر (STOP) حتماً وجود دارد در زیرصفحه کلید و اصطلاحات برای «روشن و خاموش شدن» و نیز سه روش در بالا به ترتیب برای دو نمونه اینورتر استفاده شده در کتاب زیر آمده است.



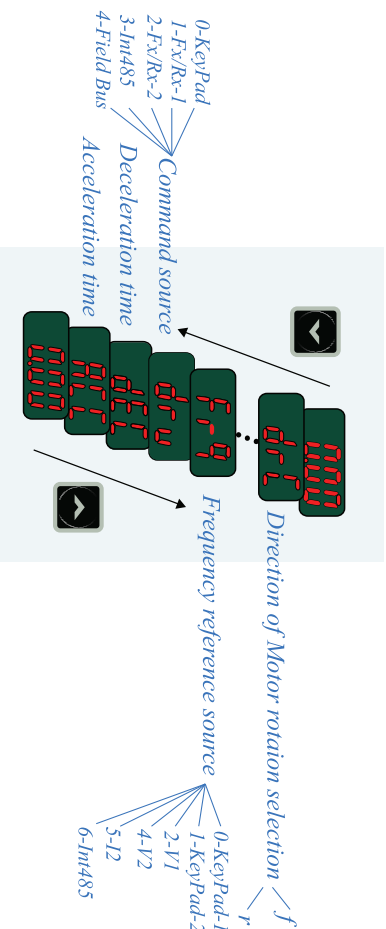
شکل ۸۲ - صفحه کلید اینورتر



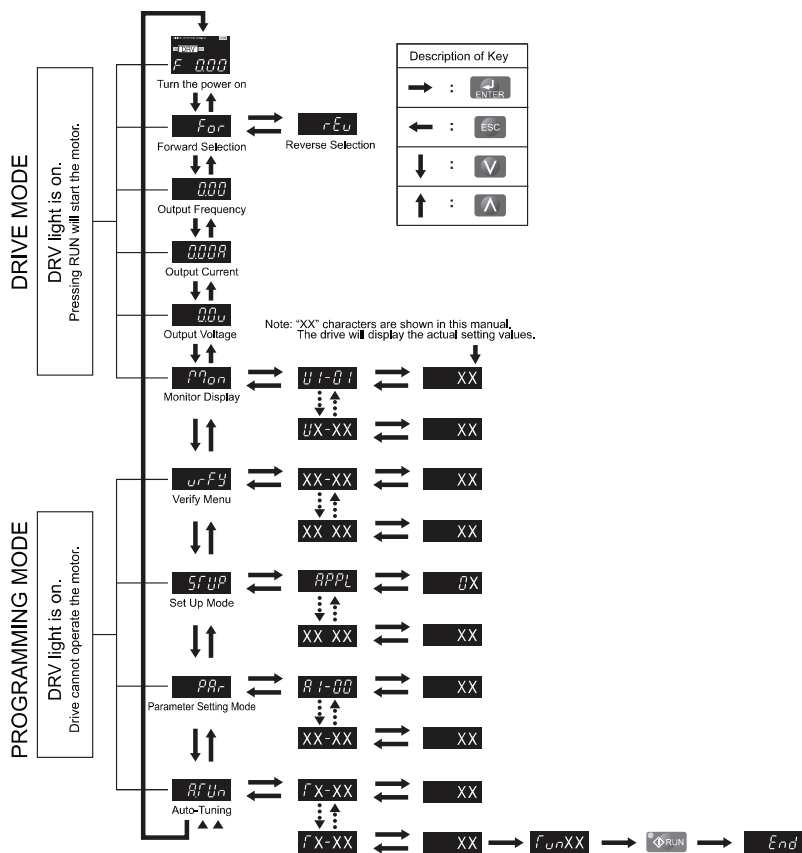
نمودار درختی تنظیمات دو نمونه اینورتر در کتاب درسی آمده که در شکل ۸۳ آن را مجدد می‌بینید.



Switch between groups, or to move the cursor during parameter setup or modification.



Switch between codes, or to increase or decrease parameter values.



شکل ۸۳

کار عملی ۱



الف) می‌خواهیم راه‌اندازی مطابق شکل زیر داشته باشیم و این کار را با دکمه‌های روی اینورتر انجام دهیم.

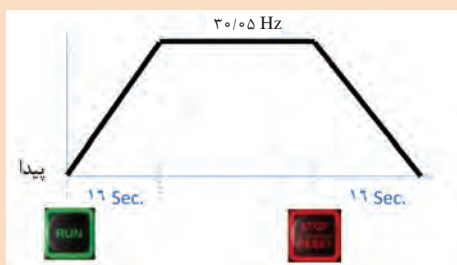
فرض‌های اولیه تنظیم و مقادیر تنظیمی خواسته شده عبارت‌اند از:

۱ فرکانس مرجع صفر باشد بخواهیم مطابق نمودار $30/05 \text{ Hz}$ شود.

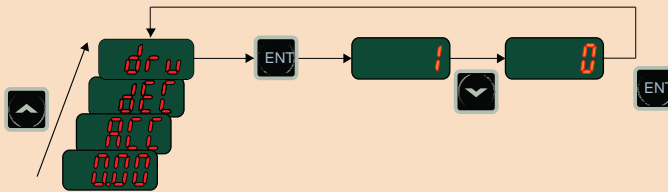
۲ زمان شتاب و زمان توقف 5 Sec باشد. مطابق نمودار تغییر پیدا کند به 16 Sec .

۳ راه‌اندازی از طریق ترمینال‌های ورودی است به دکمه‌های روی اینورتر تغییر یابد.

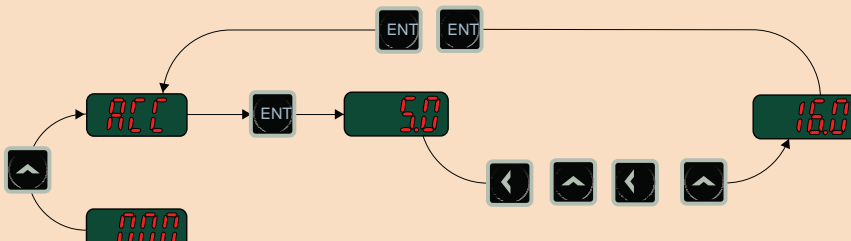
ابتدا برای $LS100$ و از راهنمای آن به زبان انگلیسی داریم:



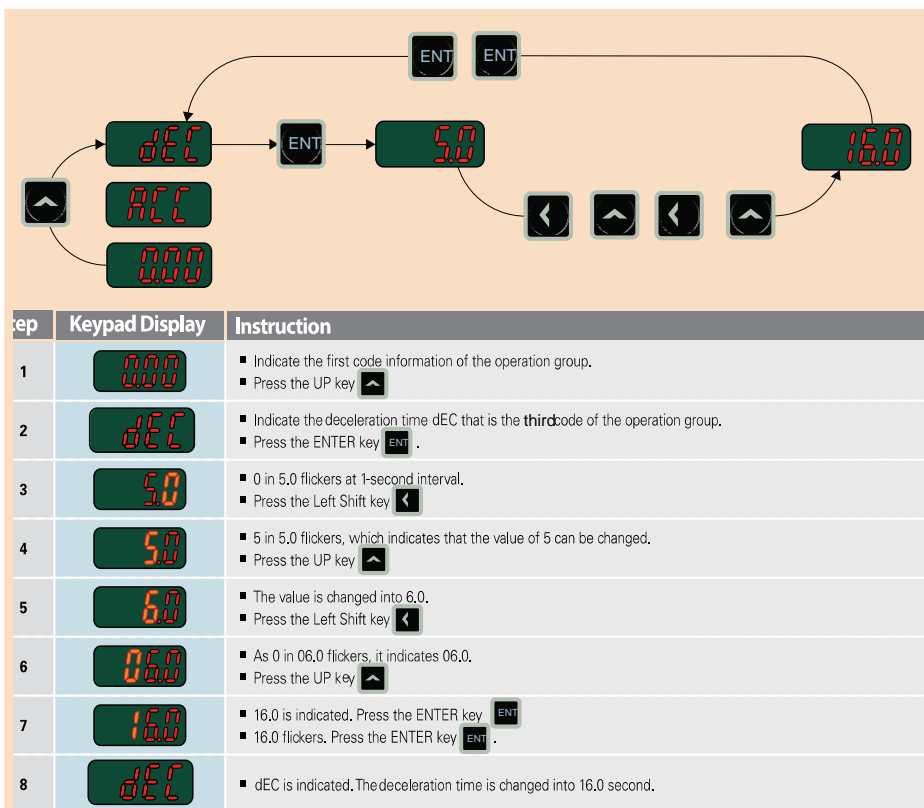
| Step | Keypad Display | Instruction |
|------|----------------|--|
| 1 | 0.00 | Ensure that the first code of the Operation group is selected, and the code 0.00 (Command Frequency) is displayed. Press the [ENT] key. |
| 2 | 0.00 | The value, 0.00 will be displayed with the '0' in the 1/100s place value flashing. |
| 3 | 00.00 | Press the [◀] key 3 times to move to the 10s place value. The '0' at the 10s place value will start to flash. |
| 4 | 30.00 | Press the [▲] key to change it to '3', the 10s place value of the target frequency, '30.05.' |
| 5 | 30.00 | Press the [▶] key 3 times. The '0' at the 1/100s place position will flash. |
| 6 | 30.05 | Press the [▲] key to change it to '5', the 1/100 place value of the target frequency, '30.05,' and then press the [ENT] key. The parameter value will flash on the display. |
| 7 | 30.05 | Press the [ENT] key once again to save changes. Flashing stops. The frequency reference has been configured to 30.05 Hz. |



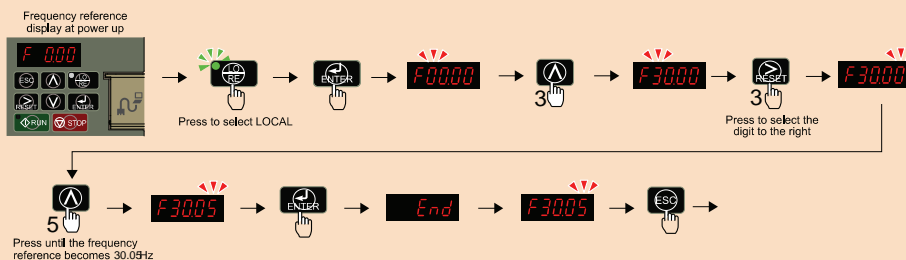
| Step | Keypad Display | Instruction |
|------|----------------|---|
| 1 | - | Turn on the inverter. |
| 2 | 000 | Ensure that the first code of the Operation group is selected, and the code 0.00 (Command Frequency) is displayed. |
| 3 | drv | Press the [▲] key 4 times to go to the drv code. |
| 4 | 1 | Press the [ENT] key. The drv code in the Operation group is currently set to 1 (Terminal input). |
| 5 | 0 | Press the [▼] key to change the parameter value to 0 (Keypad), and then press the [ENT] key. The new parameter value will flash. |
| 6 | drv | Press the [ENT] key once again. The drv code is displayed again. The frequency input has been configured for the keypad. |

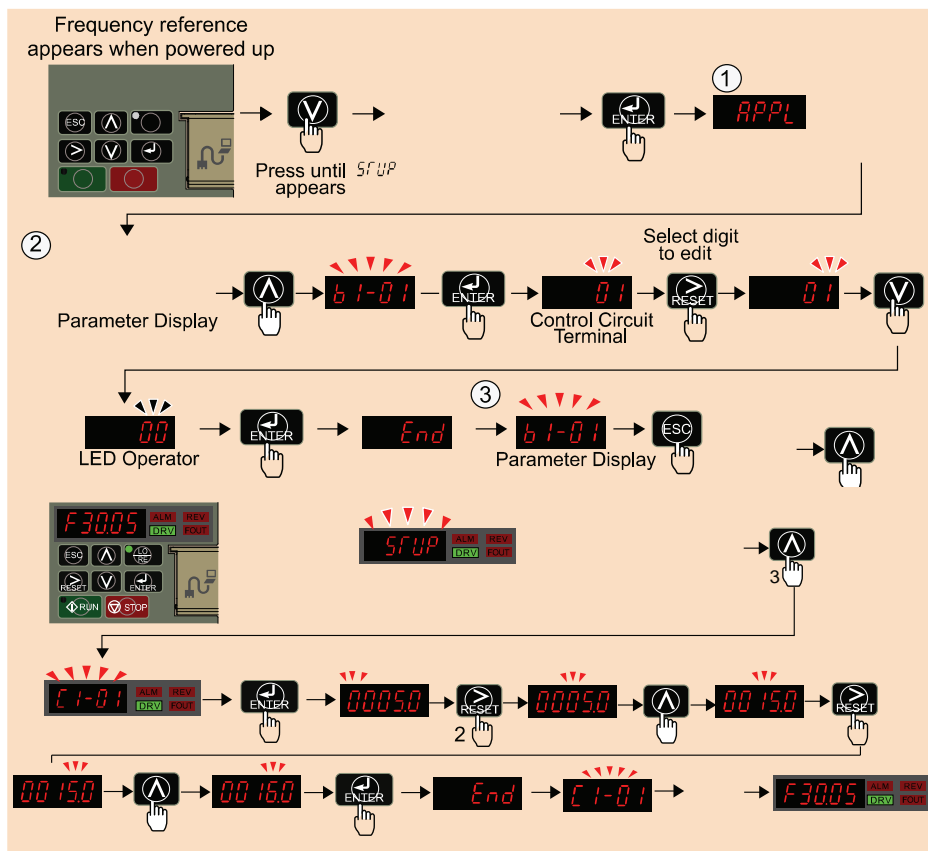


| Step | Keypad Display | Instruction |
|------|----------------|--|
| 1 | 000 | <ul style="list-style-type: none"> Indicate the first code information of the operation group. Press the UP key ▲. |
| 2 | acc | <ul style="list-style-type: none"> Indicate the acceleration time ACC that is the second code of the operation group. Press the ENTER key ENT. |
| 3 | 5.0 | <ul style="list-style-type: none"> 0 in 5.0 flickers at 1-second interval. Press the Left Shift key ◀. |
| 4 | 5.0 | <ul style="list-style-type: none"> 5 in 5.0 flickers, which indicates that the value of 5 can be changed. Press the UP key ▲. |
| 5 | 6.0 | <ul style="list-style-type: none"> The value is changed into 6.0. Press the Left Shift key ◀. |
| 6 | 06.0 | <ul style="list-style-type: none"> As 0 in 06.0 flickers, it indicates 06.0. Press the UP key ▲. |
| 7 | 16.0 | <ul style="list-style-type: none"> 16.0 is indicated. Press the ENTER key ENT. 16.0 flickers. Press the ENTER key ENT. |
| 8 | acc | <ul style="list-style-type: none"> ACC is indicated. The acceleration time is changed into 16.0 second. |



برای yaskawa - v1000 و از راهنمای آن به زبان انگلیسی داریم:





شکل ۸۴

۲۴- کار با نرم افزار ارتباطی اینورتر (درایو اینورتر فرکانسی) و PC

یکی از امتیازات که، کار با نرم افزار درایو (به جای کار با دکمه‌ها) این است که پارامترهای تنظیمی یک درایو را می‌توان دانلود کرده، مورد بررسی قرار داد و به راحتی به دستگاه درایو مشابه انتقال داد، همچنین در تنظیمات پارامتری زمان بر و پیچیده از فایل آماده آن می‌توان کمک گرفت. جدول ۱ انواع درایو و نرم افزار مرتبط را معرفی کرده است.

در سال گذشته مفهوم پروتکل و انواع آن، تا حدودی ارائه شده است. یک پروتکل باز ارتباط شبکه ModBus نام دارد در شبکه‌های صنعتی به دلیل نیاز به سخت‌افزار ارزان راحتی کار، نویزپذیری پایین و البته سرعت مناسب استفاده از ModBus کاربرد عمومی و فراوانی پیدا کرده است. در این بخش به برقراری ارتباط محرک‌های الکترونیکی (درایوها) از طریق این پروتکل پرداخته می‌شود.

جدول ۱- درایو و نرم‌افزار مرتبط

| ردیف | نام سازنده درایو | نرم‌افزار رابط با PC |
|------|------------------|----------------------|
| ۱ | LS | DriveView |
| ۲ | DELTA | VFD soft |
| ۳ | Yaskawa | DriveWizard Plus |
| ۴ | INVT | INVT Studio |
| ۵ | SIEMENS | STARTER/driveMonitor |
| ۶ | Schneider | Somove |

ارتباط درایوها با وسایل دیگر مانند رایانه، کنترل‌کننده‌های منطقی مانند PLR و یا مانیتور صنعتی (HMI)، از طریق پروتکل ModBus و درگاه RS۴۸۵ انجام می‌گیرد (البته با نصب مدارات جانبی می‌توان به پروتکل‌های دیگر مانند CANopen دسترسی داشت که از این بحث خارج است). با توجه به استفاده از درگاه RS۴۸۵ شیوه ارسال داده‌ها در این حالت از نوع RTU است. هرچند روش‌هایی مثل TCP/IP و Plus نیز وجود دارد. کار با دکمه‌های روی دستگاه درایو در شرکت‌های مختلف با هم تفاوت‌هایی داشت نرم‌افزارهایی که برای ارتباط درایو با Laptop و... توسط شرکت‌های مختلف ارائه می‌شوند نیز نام و ظاهری متفاوت دارد. در جدول بالا تعدادی از آنها نام برده شده، نسخه بروز هر کدام از این نرم‌افزارها را می‌توانید از وب‌گاه شرکت سازنده درایو بارگذاری کرده و مورد استفاده قرار داد در این کتاب سعی شده روی یکی از این نرم‌افزارها تمرکز شود البته نحوه ارتباط با سخت‌افزار در همه آن یکسان است در ادامه نیز به نرم‌افزار DriveView۷ که برای درایوهای LS تهیه شده می‌پردازیم.

الف) ارتباط سخت‌افزاری

برای این منظور دو ارتباط درگاه ارتباطی تا رایانه و درایو مورد بررسی قرار می‌گیرد. **– درگاه تا رایانه:** برای این کار به درگاه RS۴۸۵ احتیاج است تا به درایو اتصال داده شود. درگاه متداول در همه لپ‌تاپ یا PCها درگاه USB است پس یک قطعه به عنوان مبدل USB به RS۴۸۵ برای این منظور کافی است اما می‌توان آن را به صورت دو مرحله‌ای یعنی درگاه USB به RS۲۳۲ و بعد درگاه RS۲۳۲ به RS۴۸۵ استفاده کرد. چون درگاه RS۲۳۲ یک درگاه صنعتی بوده و برای کاربردهای ارتباطی دیگری که در PLRها وجود دارد از آن می‌توان استفاده کرد.

پس پیشنهاد می‌شود درگاه USB در PC یا Laptop ابتدا به RS۲۳۲ تبدیل شود که احتیاج به نرم‌افزاری جهت نصب دارد. البته اتصال درست درگاه USB به RS۴۸۵ نیز به نرم‌افزار برای نصب احتیاج دارد فقط درگاه RS۲۳۲ به RS۴۸۵ است که به هیچ نرم‌افزاری جهت نصب احتیاج ندارد (شکل ۸۵).



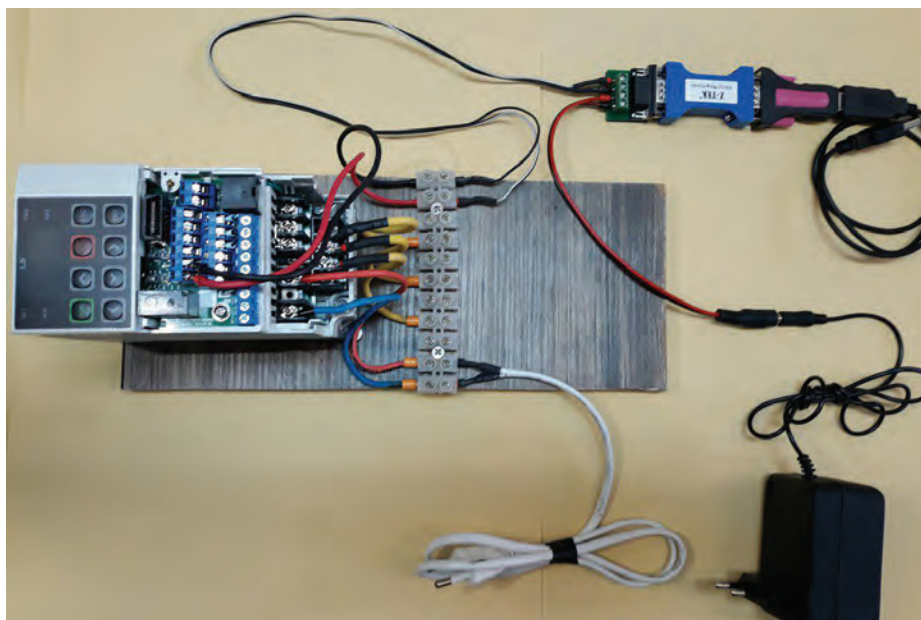
نمونه تبدیل USB به RS۲۳۲



نمونه تبدیل RS۲۳۲ به RS۴۸۵



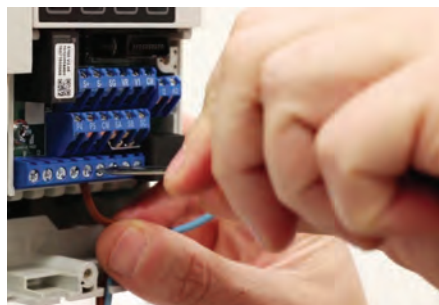
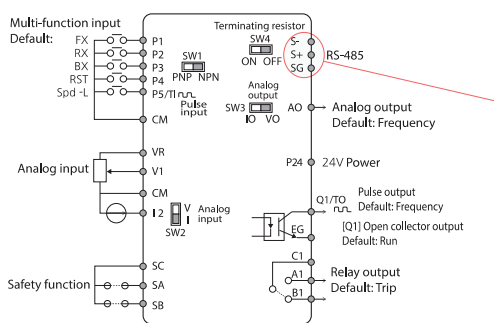
نمونه تبدیل USB به RS۴۸۵



شکل ۸۵- ارتباط سخت‌افزاری اینورتر

- درگاه تا درایو: برای این منظور راهنمای کاربری User Manual درایو را می توان بررسی کرد. نقشه ای برای هر درایو ارائه شده و همچنین بخشی مربوط به ارتباط با RS۴۸۵، نقشه سمت چپ در زیر از راهنمای کاربری درایو S۱۰۰ دیده می شود. پایه های +S و -S نشان داده شده درپوش درایو را باز کنید همین پایه ها را روی دستگاه هم پیدا کنید ضمناً بقیه سیم کشی برای موتور الکتریکی و تغذیه برق را نیز روی سیم کشی کنید و سیم آنها را به بیرون هدایت کنید.

برای سیم کشی به خروجی درگاه RS۴۸۵ ترمینال های مثبت و منفی نام برده در بالا را به پایه های هم قطب T/R یادر برخی موارد (D) آن وصل کنید (شکل ۸۶).



شکل ۸۶

خروجی درگاه RS۴۸۵ دو ترمینال دیگر برای تغذیه دارد که معمولاً ۵ تا ۱۲ ولت DC احتیاج دارند در انواع صنعتی تر آن ولتاژ ۲۴ ولت لازم است این ولتاژ را از ترمینال ۲۴ ولت داخل درایو نیز می توانید تهیه کنید اما برای ولتاژ ۵ تا ۱۲ ولت احتیاج به یک منبع تغذیه جداگانه پیدا می کنید که در شکل ۸۷ دیده می شود.



شکل ۸۷

در برخی موارد خروجی درگاه ها به صورت RS۴۲۲/RS۴۸۵ در بازار عرضه می شوند که شش ترمینال خروجی دارند در این صورت همچنان دو ترمینال آن برای تغذیه

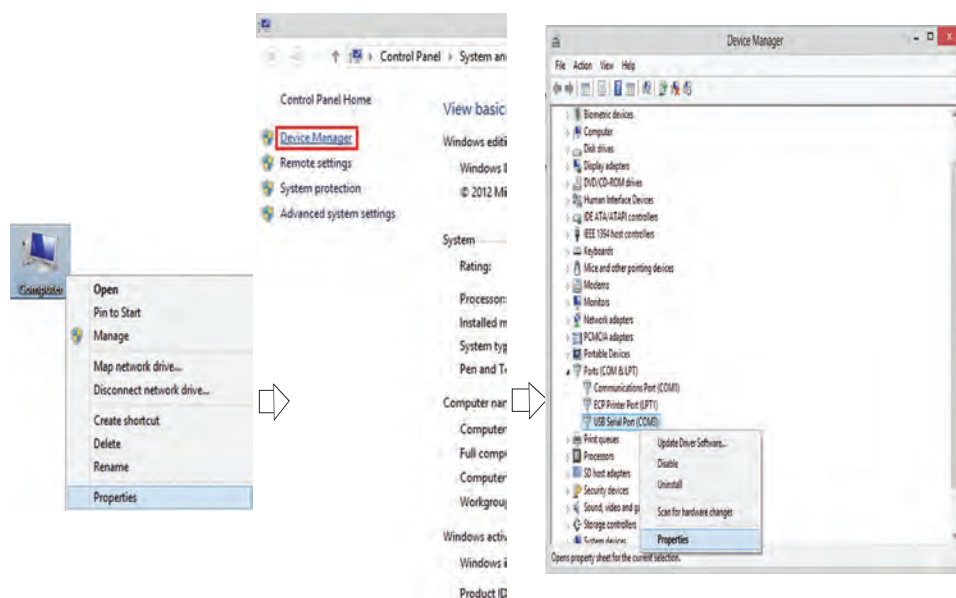
است اما دو ترمینال T و دو ترمینال R جداگانه هستند و باید بهم متصل و مانند بالا به صورت +T/R و -T/R به ترمینال های RS۴۸۵ مثبت و منفی روی داریو متصل شوند (شکل ۸۸).

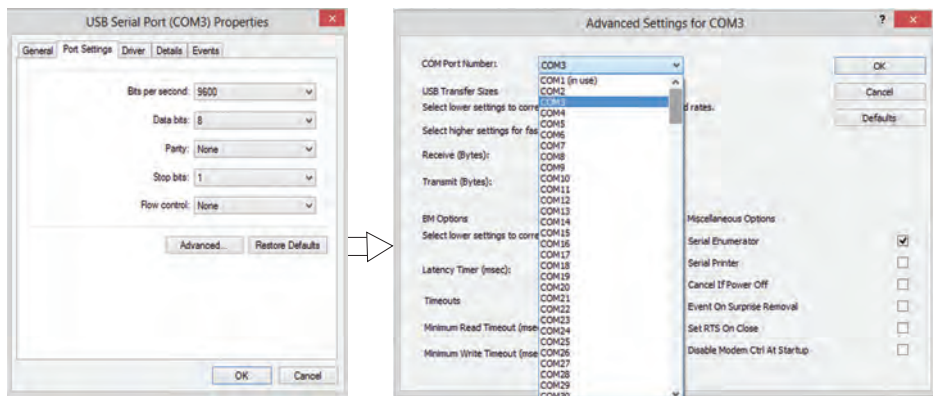


شکل ۸۸

ب) ارتباط نرم افزاری

– تنظیم درگاه USB نصب شده روی مشترک (COM) مشخص: درگاه USB در PC یا Laptop برای تبدیل به RS۲۳۲ یا RS۴۸۵ احتیاج به نرم افزاری دارد که نصب شود پس از نصب این سخت افزار و شناخته شدن آن توسط سیستم عامل ویندوز آن به طور دلخواه روی COM مجازی مثلاً COM۳ تنظیم می شود و لازم است این COM تنظیم شده با COM انتخابی در نرم افزار ارتباطی درایو یکسان باشد. فرض کنید قرار باشد آن را تغییر دهید مثلاً در ویندوز آن را از COM۳ به COM۱ تغییر دهید. برای این تغییر مراحل کار مطابق شکل ۸۹ خواهد بود.

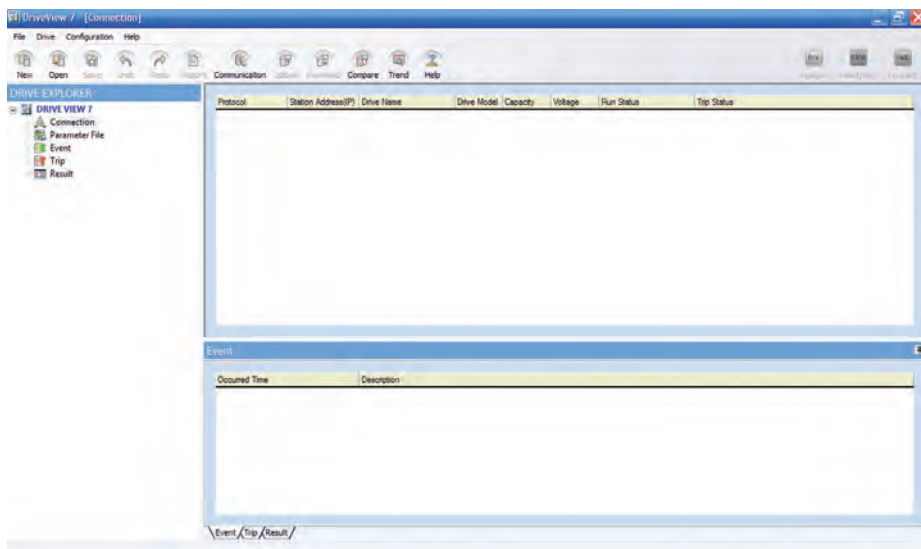




شکل ۸۹

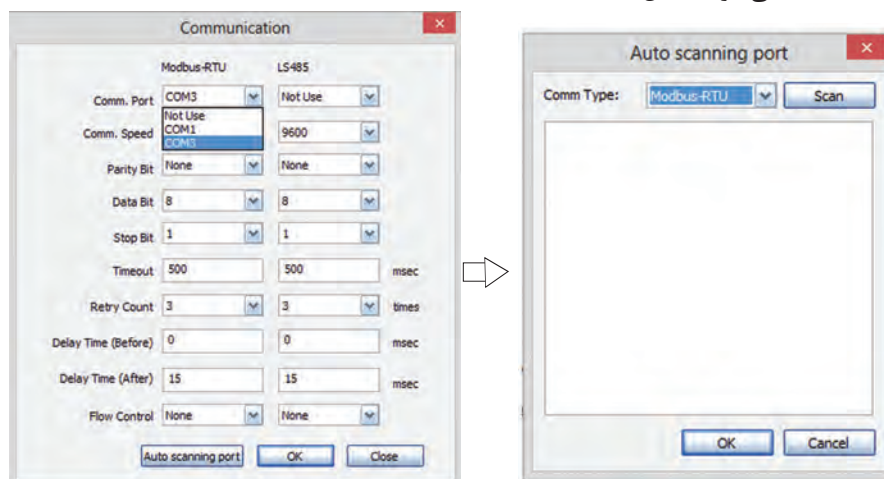
در پنجره سمت راست از بین COMها COM۱ را انتخاب کرده و دکمه OK را انتخاب کنید.

– **تنظیم درگاه در نرم افزار ارتباطی DriveView:** اکنون که ارتباط سخت افزاری برقرار شده است و نرم افزار قطعه ارتباطی را نصب کردید و COM مشخص شد ارتباط را از طریق DriveView که قبلاً آن را نصب کرده اید دنبال کنید با اجرای این برنامه صفحه ای مطابق شکل ۹۰ باز می شود. در این مرحله دکمه communication را انتخاب کنید.



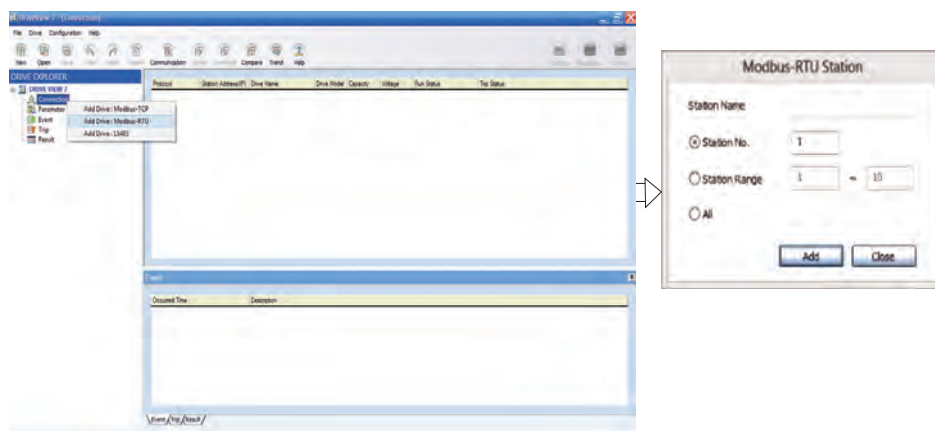
شکل ۹۰

پنجره‌ای مطابق شکل ۹۱ سمت چپ باز می‌شود اینک COM مورد نظر خود را که باید با سخت‌افزار یکسان باشد، انتخاب کرده و دکمه OK را فشار دهید. یا دکمه Auto scanning port را انتخاب کرده تا پنجره سمت راست ظاهر شود و با انتخاب RTU-Modbus و فشار روی دکمه Scan این کار به صورت خودکار انجام می‌شود (شکل ۹۱).



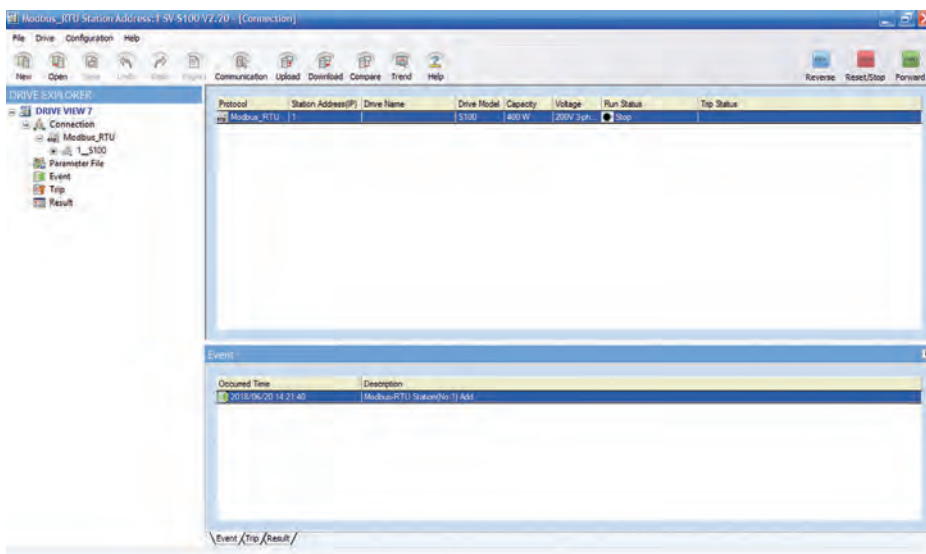
شکل ۹۱

حالا به صفحه اصلی برگشته و روی Connection کلیک راست کرده و مطابق شکل ۹۲ RTU-ModBus را انتخاب نمایید.

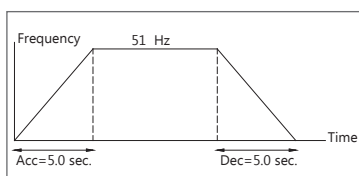


شکل ۹۲

با انتخاب دکمه Add در صورتی که اشکالی در ارتباطات وجود نداشته باشد صفحه اصلی برنامه به صورت شکل ۹۳ در آمده و فعال می شود و می توان کار با درایو را شروع کرد.



شکل ۹۳

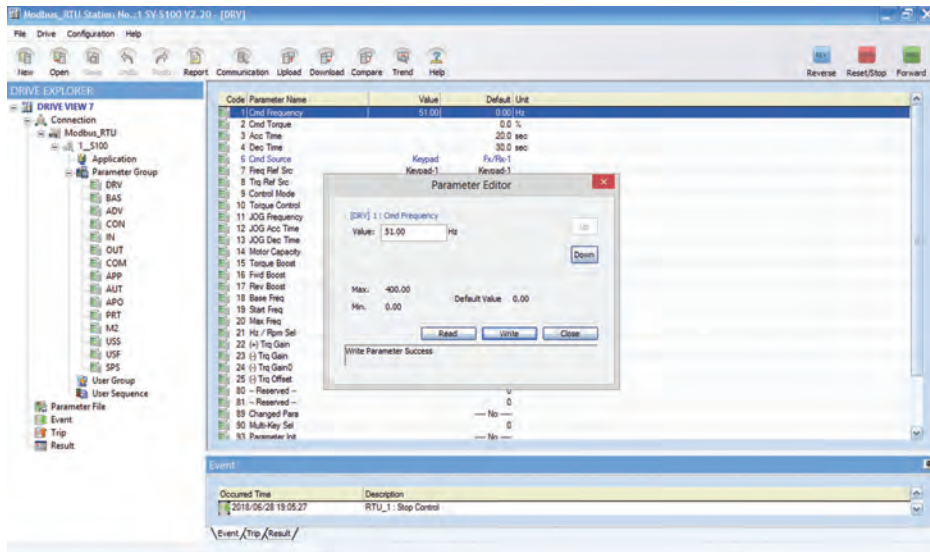


پ) شروع به کار روی درایو

برای انجام کار با درایو از طریق نرم افزار مراحل زیر را دنبال نمایید.
- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۱ باشد و با نرم افزار اینورتر

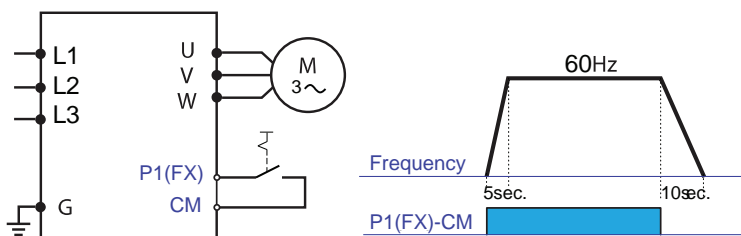
موتور الکتریکی را کنترل نمایید. برای تغییر فرکانس اینورتر در Parameter group اولین تنظیم DRV مقدار پارامتر Cmd Frequency آن را به ۵۱ Hz ویرایش کرده و دکمه Write را مطابق شکل ۹۴ انتخاب نمایید.

مورد ۲ و ۳ در DRV مقادیر Acc Time و Dec Time را نیز به مقدار ۵ ثانیه تغییر دهید مورد ۶ در DRV پارامتر Cmd Source باید روی Int۴۸۵ باشد با زدن دکمه Forward در گوشه سمت راست برنامه، درایو را راه اندازی کنید اتفاقاتی که روی موتور و نمایشگر درایو می افتد را مشاهده خواهید کرد برای مشاهده صفحه مانیتور DriveView روی نام درایو یعنی در اینجا روی S۱۰۰ کلیک کنید. و در ادامه دکمه Stop را نیز زده و زمان توقف و حرکت عقربه برای فرکانس خروجی را مشاهده کنید.



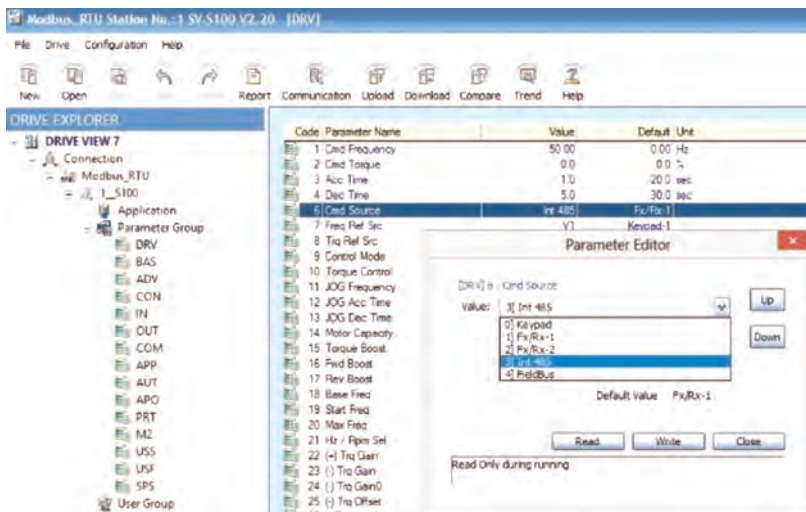
شکل ۹۴

- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۹۵ باشد. یعنی چرخش محور با دکمه های خارجی و به صورت راست گرد باشد.
دوباره به قسمت Parameter group مراجعه نمایید. اگر دو بار کلیک روی هر گروه پارامتر یا کل آنها نمایید. تمامی آنها از درایو فراخوانده می شود و پارامترهایی که نوشته آنها به رنگ آبی است حتی حين کار قابل ویرایش بوده و مقدار ویرایشی را روی درایو می توان Write کرد.



شکل ۹۵

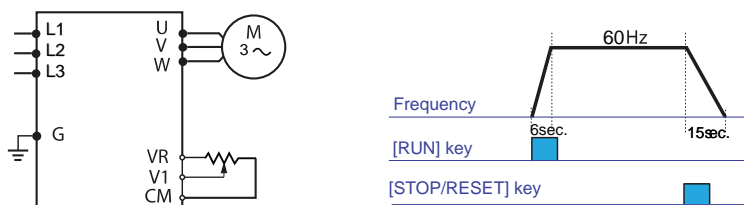
اکنون مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید برای آنکه بتوان با دکمه های خارجی مثل لیمیت سوئیچ فرمان داد باید مورد ۶ در DRV یعنی پارامتر Cmd Source، مطابق شکل ۹۶ روی ۱-Fx/Rx قرار گیرد.



شکل ۹۶

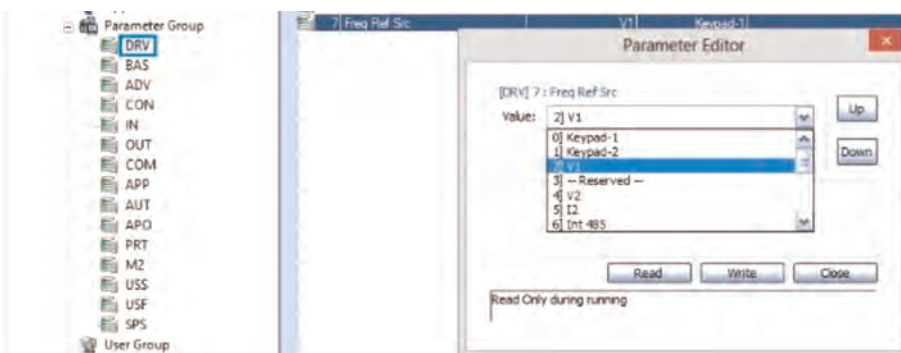
این مقدار را روی درایو Write کنید.

- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۹۶ یعنی با دکمه‌های روی اینورتر و چرخش محور به صورت راست گرد باشد و همچنین با پتانسیومتر هم بتوان کنترل را روی فرکانس اینورتر انجام داد.



شکل ۹۷

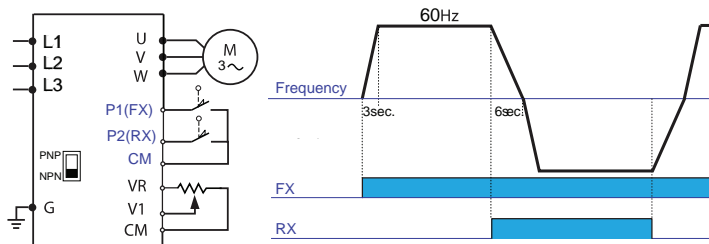
برای انجام این کار مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را مانند قسمت قبل وارد نمایید. برای آنکه بتوان با دکمه‌های روی اینورتر فرمان داد باید مورد ۶ در DRV یعنی پارامتر Cmd Source، به روش قسمت قبل عمل کرد اما به جای Fx/Rx-۱ تنظیم باید روی KeyPad-۱ قرار گیرد. برای تنظیم توسط پتانسیومتر مورد ۷ یعنی Freq ref Src را روی V۱ مطابق شکل ۹۸ تنظیم نمود.



شکل ۹۸

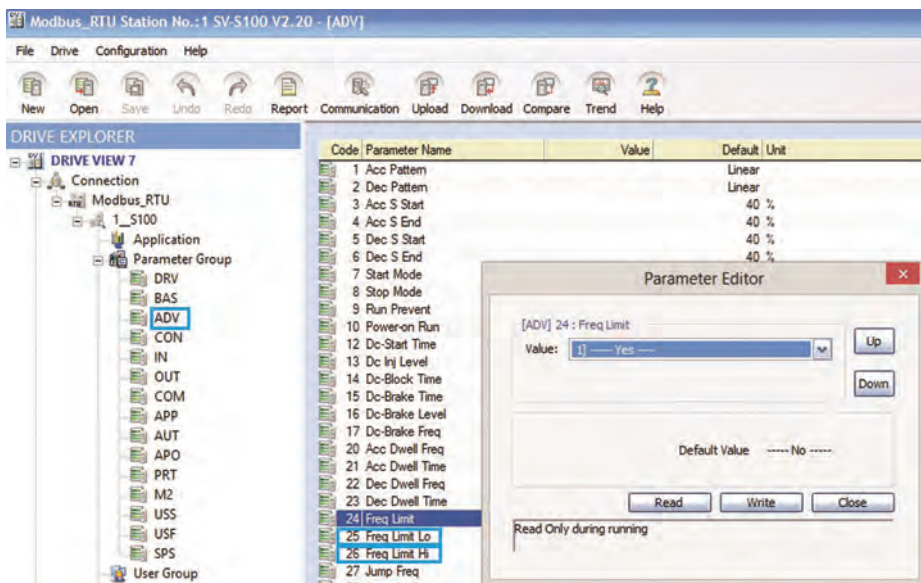
- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۹۹ داشته باشید. با فعال شدن لیمیت سوئیچ Fx موتور با زمان شتاب ۳ ثانیه به صورت راست گرد حرکت و زمانی که لیمیت سوئیچ Rx فعال شد. موتور با زمان توقف ۶ ثانیه ایست کامل کرده و مجدد با زمان شتاب ۳ ثانیه این بار به صورت چپ گرد شروع به کار کند این فرایند به صورت رفت و برگشت تکرار شود همچنین در حین کار با تغییر پتانسیومتر بتوان فرکانس کاری موتور را بین ۳۰ تا ۶۰ هرتز تغییر داد.

برای این کار مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید



شکل ۹۹

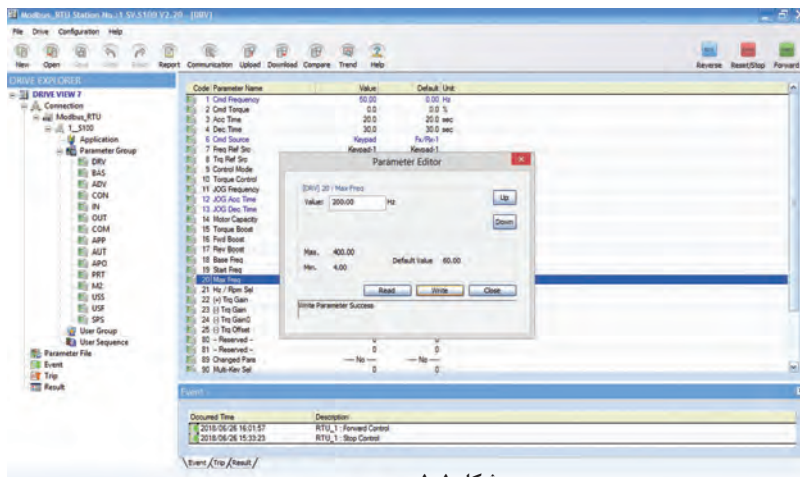
- برای آنکه بتوان با دکمه‌های خارجی مثل لیمیت سوئیچ فرمان داد باید مورد ۶ در DRV یعنی پارامتر Cmd Source باید بر خلاف قبل روی ۲-Fx/Rx قرار گیرد چرا که در اینجا با توجه به نمودار و توضیحات داده شده، لیمیت سوئیچ Rx فقط برای تغییر جهت تعریف شده و در حین تغییر جهت Fx نیز در مدار قرار دارد (شکل ۱۰۰) برای تنظیم توسط پتانسیومتر مورد ۷ یعنی Freq ref Src را روی ۱ باید تنظیم نمود. برای آنکه فرکانس کاری موتور را بین ۳۰ تا ۶۰ هرتز قابل تغییر باشد مطابق شکل Freq Limit را روی Yes انتخاب کنید و محدوده Lo و Hi را هم از سطر ۲۵ و ۲۶ مقادیر ۳۰ تا ۶۰ هرتز را Write می‌کنیم.



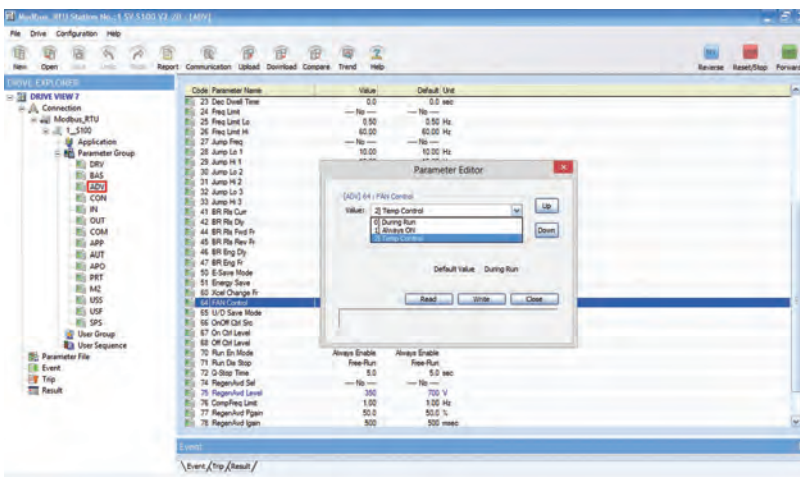
شکل ۱۰۰

- فرض کنید در ادامه کارهای عملی قبل قرار است فرکانس کار موتور الکتریکی به ۷۵ هرتز تغییر داده و دستور روشن شدن هواکش اینورتر را حین کار به آن صادر کند و این کار مشاهده باشد.

برای این کار مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را مانند قسمت قبل وارد نمایید و در ادامه تنظیمات را از پنجره‌های شکل‌های ۱۰۱ و ۱۰۲ وارد نمایید.

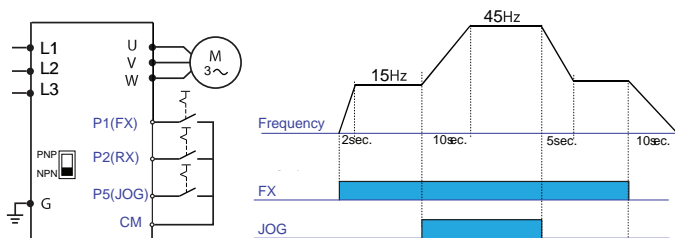


شکل ۱۰۱

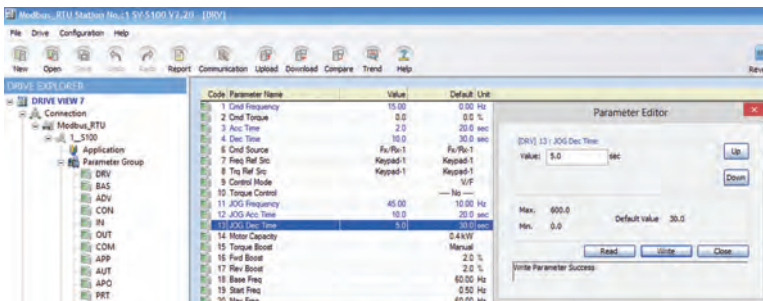
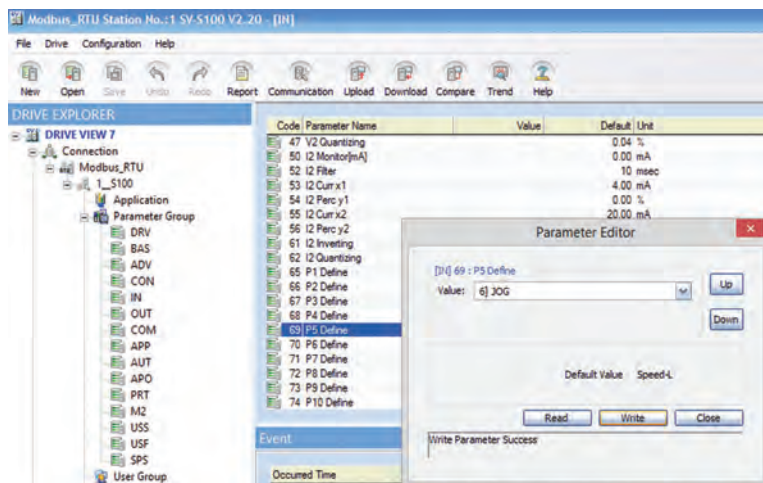


شکل ۱۰۲

- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۳ داشته باشید، همان طور که می بینید یکی از ورودی های اینورتر P5 به عنوان JOG Frequency تعریف شده و موتور را به صورت دوسرعت می توانیم به کار بگیریم با توجه به نمودار یک فرکانس ۱۵Hz و $\text{AccTime}=2\text{Sec}$ و $\text{DecTime}=10\text{Sec}$ در ضمن در اینورتر فرکانسی به نام $\text{JOG Frequency}=45\text{Hz}$ که $\text{Acc Time JOG Frequency}=10\text{Sec}$ و $\text{Dec Time JOG Frequency}=5\text{Sec}$ نیز تعریف شده این مقادیر را باید وارد نماییم مطابق شکل زیر در گروه پارامتری IN ورودی P5 را JOG تعریف می کنیم (شکل ۱۰۴)

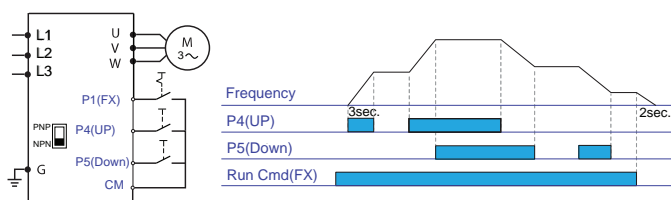


شکل ۱۰۳



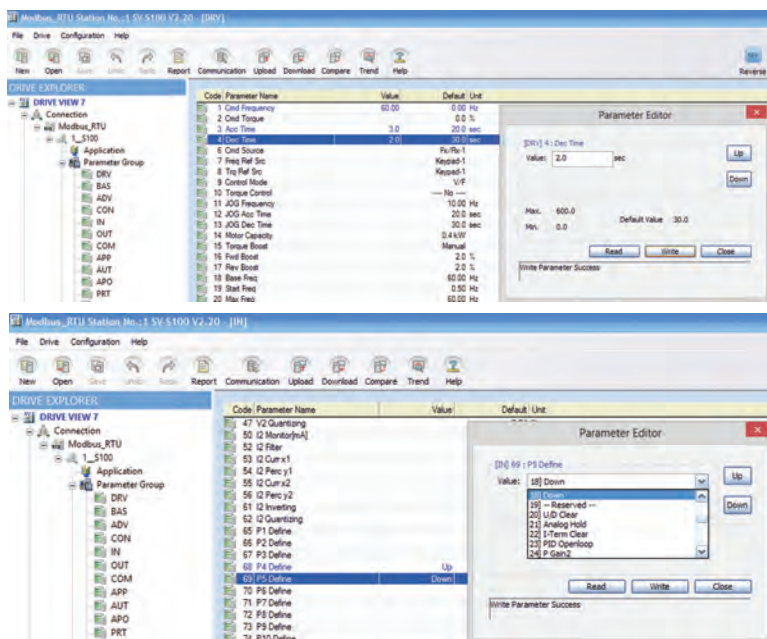
شکل ۱۰۴

– فرض کنید قرار است راهاندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۵ داشته باشید. همان طور که می‌بینید اینورتر به روش UP/DOWN یعنی تغییرات پیوسته دور کار می‌کند ابتدا با زدن کلید Fx موتور روشن شده و با فشردن شستی UP فرکانسی خروجی اینورتر را زیاد کرده تا زمانی که دست از روی شستی برداشته نشده، فرکانس افزایش می‌یابد به محض اینکه شستی رها شود. فرکانس ثابت می‌ماند (دور ثابت می‌ماند) و با شستی دیگر DOWN می‌توان فرکانس را به صورت پیوسته کم کرد و هر لحظه که دست از روی شستی برداشته شود، فرکانس ثابت می‌ماند (دور بر دقیقه ثابت می‌ماند). در این بین زمانی که دو شستی با هم فشرده شود نیز دور ثابت می‌ماند.



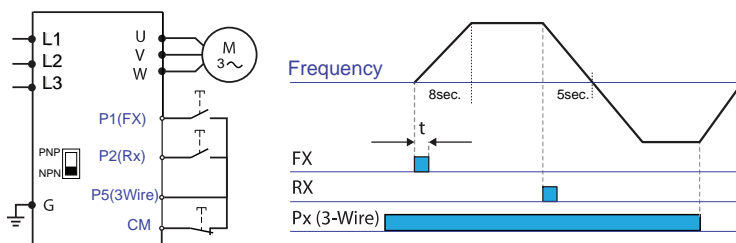
شکل ۱۰۵

برای این منظور مقادیر پارامتری را باید به صورت زیر وارد کنیم.
– مانند قسمت‌های قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید.
– مطابق شکل در گروه پارامتری IN، ورودی P۴ را Up و ورودی P۵ را Down تعریف کنید. (شکل ۱۰۶)



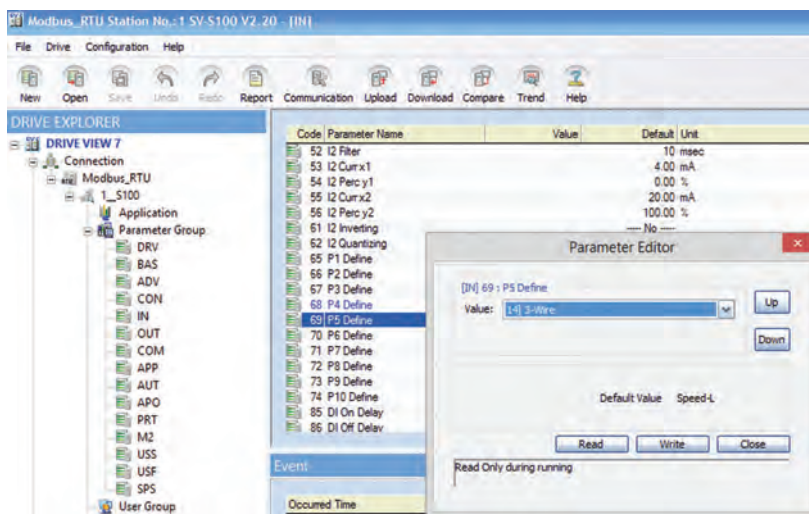
شکل ۱۰۶

— فرض کنید قرار است راهاندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۷ داشته باشید همان‌طور که می‌بینید اینورتر به روش ۳Wire (سه سیمه) کار می‌کند یعنی توسط شستی‌های وصل و قطع به‌صورت لحظه‌ای فعال شده و موتور دائم کار، به‌صورت راست‌گرد (Forward) و چپ‌گرد (Reverse) می‌تواند بچرخد.



شکل ۱۰۷

— مانند قسمت‌های قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید
 — مطابق شکل در گروه پارامتری IN، ورودی P5 را ۳-Wire تعریف کنید (شکل ۱۰۸).



شکل ۱۰۸

کارهای عملی بیشتری در تنظیمات اینورتر آمده که هنرآموزان محترم می‌توانند برای مهارت‌های بیشتر و دانش‌افزایی آنها را دنبال کنند.

- شرایط گفته شده در ادامه را برای اینورتر برقرار کنید:

۱ فرض کنید قرار است با اجباری کردن جهت چرخش از امکان Forward شدن موتور جلوگیری شود.

۲ همچنین قرار است که اینورتر در صورت وصل مجدد برق و بدون فشار دکمه روشن، شروع به چرخش موتور کند.

۳ فرض کنید قرار است در ادامه مقدار گشتاور موتور را ۲٪ افزایش دهید.

۴ ضمناً با زدن دکمه Stop مانند پنکه‌ای که از برق جدا می‌شود موتور بچرخد و سپس توقف کند.

۵ این موتور با ولتاژ سه فاز ۱۷۰ ولت کار می‌کند تنظیمات را در این مورد نیز انجام دهید.

- موتور متصل به اینورتر کارگاه با سرعت ۲۸۸۰ rpm در فرکانس ۵۰ Hz کار می‌کند می‌خواهیم تقریباً مانند موتور سنکرون کار کند چگونه این کار انجام دهیم؟ پاسخ: باید مقدار لغزش به فرکانس تبدیل شود به این کار جبران‌سازی لغزش (Slip

Compensation) گفته می‌شود و از رابطه
$$f_{slip} = f_{roter} - \frac{RPM \times P}{120}$$
 که از این

رابطه عدد ۲ Hz به دست می‌آید یعنی اگر فرکانس ۵۲ Hz به موتور داده شود با

سرعت سنکرون خواهد چرخید این کار در تنظیمات اینورتر بدون محاسبه با دادن مقادیر روی پلاک به سادگی انجام می‌شود.

- جرثقیلی باری را از سطح زمین بلند می‌کند و آن را با ترمز کردن در ارتفاع نگاه داشته است. اما بار حین اندازی کمی به پایین کشیده شده و سپس بالا می‌رود (بار کج شده و تراز نیست) می‌خواهیم با اعمال ولتاژ $DC\ Inj\ Level = 5\%$ و $DC_Start\ Time = 1\ sec$ از این اتفاق جلوگیری کنیم $Start\ After\ DC\ Breaking$.

چگونه این کار را انجام می‌دهد؟

- آسانسوری برای توقف بهتر از مد $Stop\ After\ DC\ Breaking$ استفاده می‌کند با تنظیمات نرم‌افزار اینورتر این کار را چگونه انجام دهیم؟

مقادیر:

$DC_Block\ time = 0/1\ sec$ و $DC_Brake\ time = 1\ sec$ و $DC_Brake\ level = 5\%$ و $DC_Block\ Freq = 0/1\ Hz$.