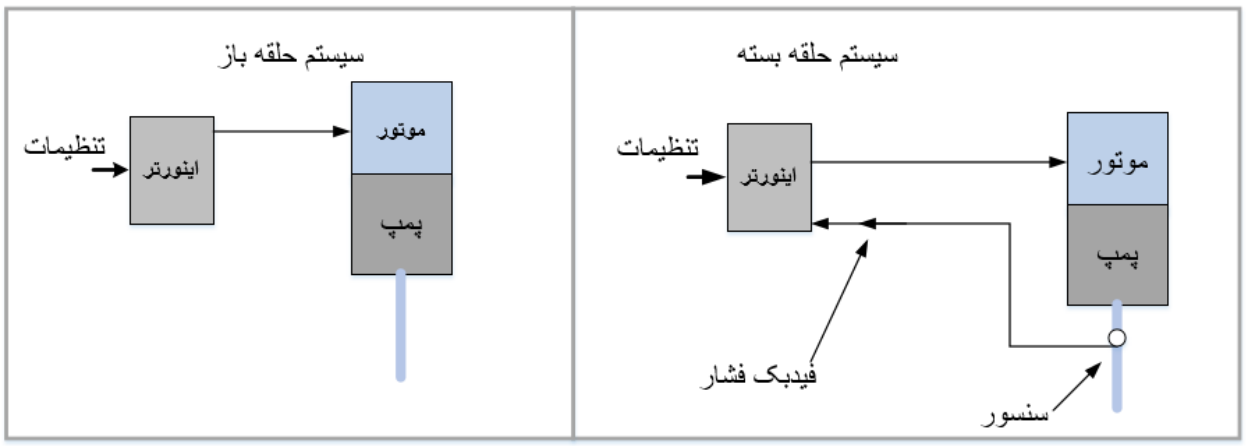
PID کنترل در اینورتر

کنترل حلقه بسته می تواند برای ثابت نگه داشتن دما ، فشار و غیره مورد استفاده قرار بگیرد درایوهای اینورتر ورتکس این ویژگی را به صورت پیش فرض روی خود دارا هستند، بنابراین تعداد کمی از قطعات خارجی مورد نیاز است. حال این ویژگی را با جزئیات بیشتری بررسی می کنیم.

کنترل حلقه باز و حلقه بسته

در ابتدا باید در مورد تفاوت بین کنترل حلقه باز و بسته صحبت کنیم. به عنوان مثال اگر ما پمپی داشته باشیم که بخواهیم در خروجی اش فشار آب ثابتی را به ما بدهد، می توانیم سرعت اینورتر روی آن را به صورت دستی روی مقدار ثابتی قرار دهیم و امیدوار باشیم که فشار در تمامی لحظات روی مدار ثابت بماند، و شب ها هم می توانیم کمی سرعت اینورتر را کم کنیم. این کنترل حلقه باز است. راه حل بهتر بکارگیری یک سنسور فشار و اتصال سیگنال آن به اینورتر است. اینورتر مقدار واقعی (یعنی اندازه گیری شده) فشار را با مقدار مطلوب (نقطه مرجع مورد نظر) مقایسه می کند و سرعت پمپ را دائما تغییر می دهد تا فشار را در مقدار ثابتی نگه دارد. از آنجا که اتصال سنسور فشار یک حلقه تشکیل می دهد (اینورتر-موتور-پمپ-سنسور) این سیستم ها به سیستم های کنترلی حلقه بسته شهرت دارند؛ یک نمونه از این گونه سیستم ها در شکل 1 به نمایش در آمده است.

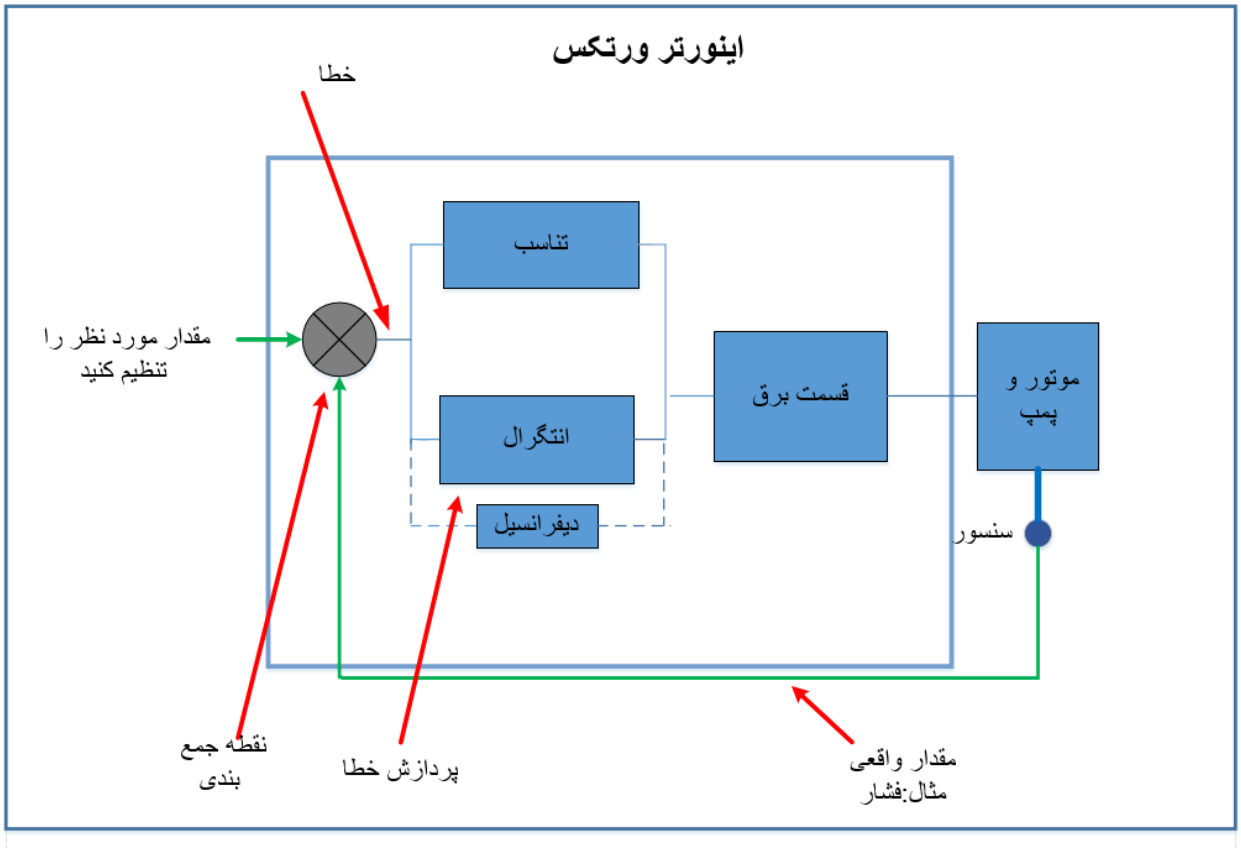


شکل1 : سیستم حلقه باز و حلقه بسته

کنترل حلقه بسته کاربردهای زیادی دارد، از سیستم های تثبیت کننده هواپیما گرفته تا کنترل تنش در سیستم های سیم پیچی، و همچنین کاربردهای ساده تری مثل تثبیت فشار، سرعت جریان، یا دما. مسئله مهم در کنترل حلقه بسته، پایداری است. در این سیستم با پردازش صحیح خطا می توان پایداری را ایجاد کرد. خط اتلاف بین نقطه مرجع و مقدار واقعی، سیگنال فیدبک یا اندازه گیری است. خطا به سیستم کنترلی داده می شود که در اینجا همان اینورتر است. اینورتر باید بتواند با پردازش سریع خطای موجود را پردازش و برطرف کند.

سیستم PID

در یک کاربرد رایج برای سیستم پمپاژ ، نقطه مرجع فشار را می توان با استفاده از یک ورودی آنالوگ یا مقدار ثابت تنظیم کرد و مقدار واقعی نیز با یک مبدل فشار که به دیگر ورودی آنالوگ اینورتر متصل می شود، تعیین می گردد. خطا دائما سرعت موتور را تغییر می دهد. برای اینکه کنترل خوبی داشته باشیم و همچنین سیستم پایدار بماند، سیگنال خطا باید پردازش شود. اینورتر با استفاده از بهره های تناسبی P، انتگرالی I سیگنال خطا را بهبود می بخشد. مقدار دیفرانسیلی D خطا به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد، اما سه عبارت تناسبی P، انتگرالی I و دیفرانسیلی D خلاصه ای از نام سیستم کنترل حلقه بسته است که سیستم PID می باشد. در نتیجه با تنظیم مقادیر P،I و D می توان هر سیستم حلقه بسته را پایدار کرد. شکل 2 نحوه پردازش خطا در یک سیستم PID را نشان می دهد.



شکل2 : سیستم پمپاژ

تئوری کنترل PID

خروجی نهایی کنترلر PID:

که

K_P: بهره تناسبی

K_I: بهره انتگرال

K_d: بهره مشتق

$$U(t)=k_p e(t)+ k_i \int_0^t e(t') + k_d \int_0^t dt' + k_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$e(t)=SP-PV(t)$$

SP: تنظیمات

PV(t): متغییر فرایند

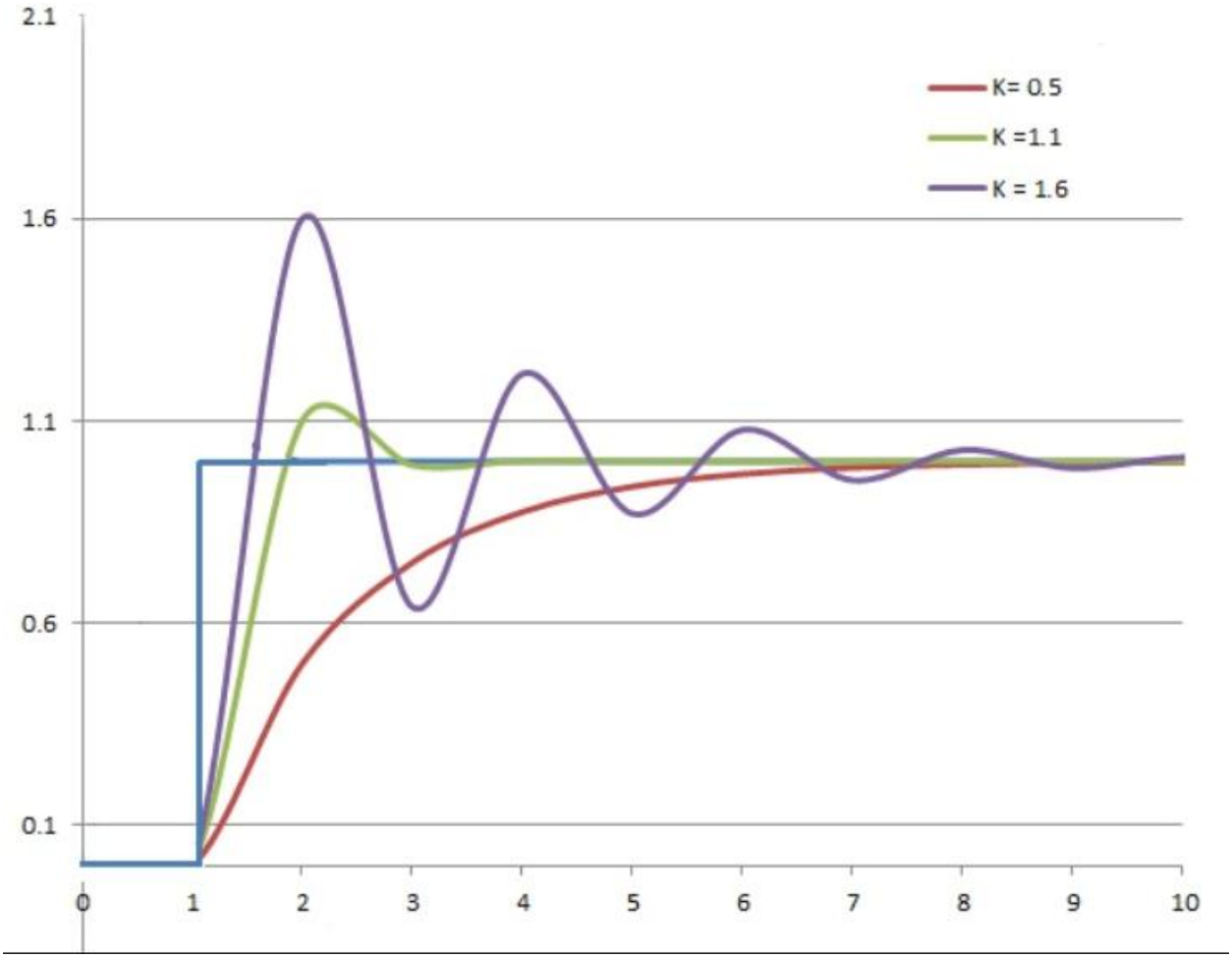
e(t): خطا

t : زمان لحظه ای

P : مقدار خروجی متناسب با مقدار خطای فعلی را بیان می کند. پاسخ متناسب را می توان با ضریب خطا عبارت ثابت K_P تنظیم کرد.

$$P_{OUT}=K_P e(t)$$

بهره تناسبی بالا باعث تغییر بزرگ در خروجی برای تغییر در خطا می شود. اگر بهره تناسبی خیلی زیاد باشد سیستم می تواند ناپایدار شود. در مقابل اگر بهره تناسبی کوچک باشد منجر به خروجی کوچک نسبت به یک خطای ورودی بزرگ می شود.در نتیجه حساسیت کنترل کننده کمتر می شود.



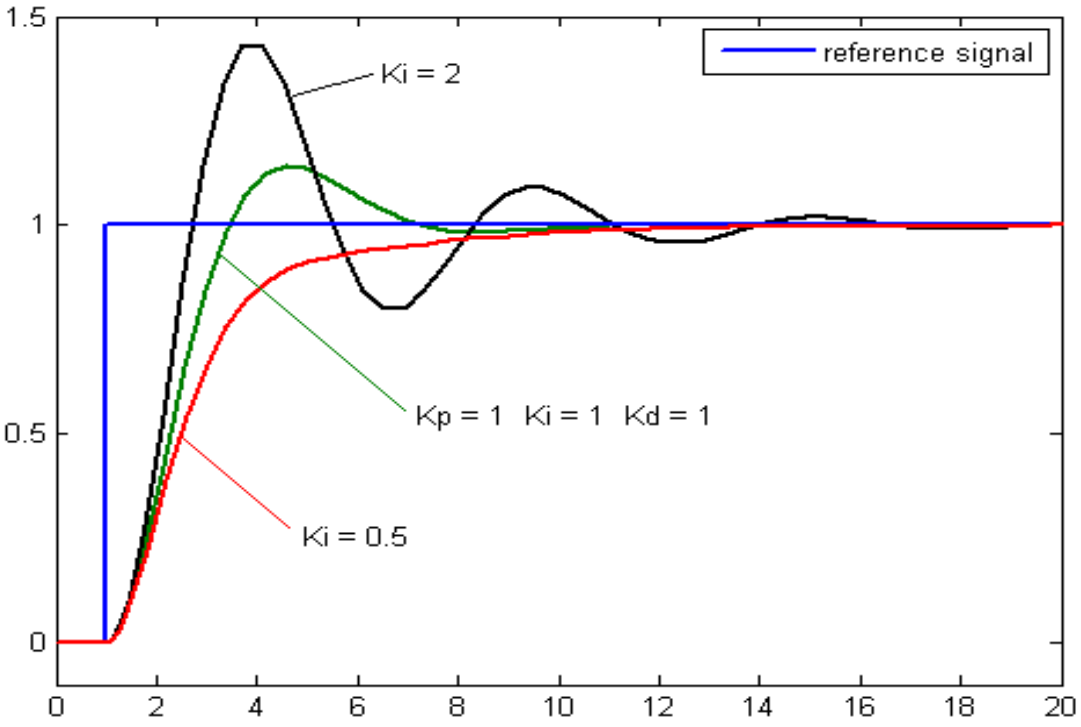
نمودار 1: پاسخ pv به sp برای سه مقدار(k_d, k_i , k_p) ثابت نگه داشته شده

خطای حالت پایدار

تفاوت بین خروجی نهایی مطلوب و مقدار واقعی است. یک کنترل کننده تناسبی معمولا با یک خطای حالت پایدار کار می کند. خطای حالت پایدار(SSE) متناسب با بهره فرایند و برعکس متناسب با بهره تناسبی است.

I: انتگرال باعث تسریع روند حرکت به سمت تنظیمات می شود و خطای حالت پایدار باقیمانده را که با یک کنترلر تناسبی خالص رخ می دهد، از بین می برد.

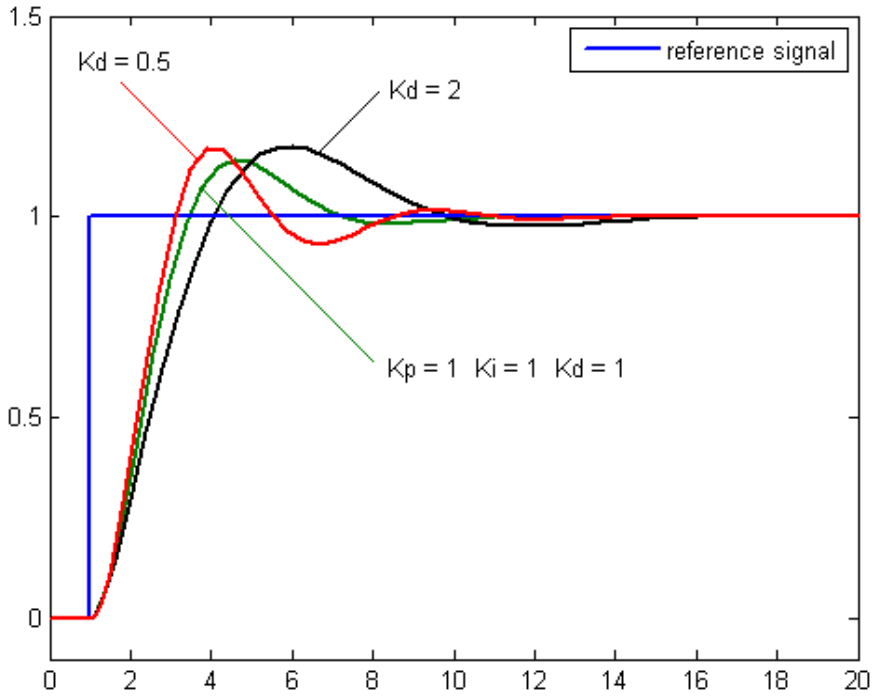
$$I_{OUT}=K_i\int_0^t d(\tau)d\tau$$



نمودار2: پاسخ PVبه SP در زمان برای سه مقدار (K_P,K_i,k_d) ثابت است.

D: عمل مشتق رفتار سیستم را پیش بینی می کند ودر نتیجه زمان ثبات سیستم را بهبود می بخشد.عمل مشتق به ندرت مورد استفاده قرار میگیرد.

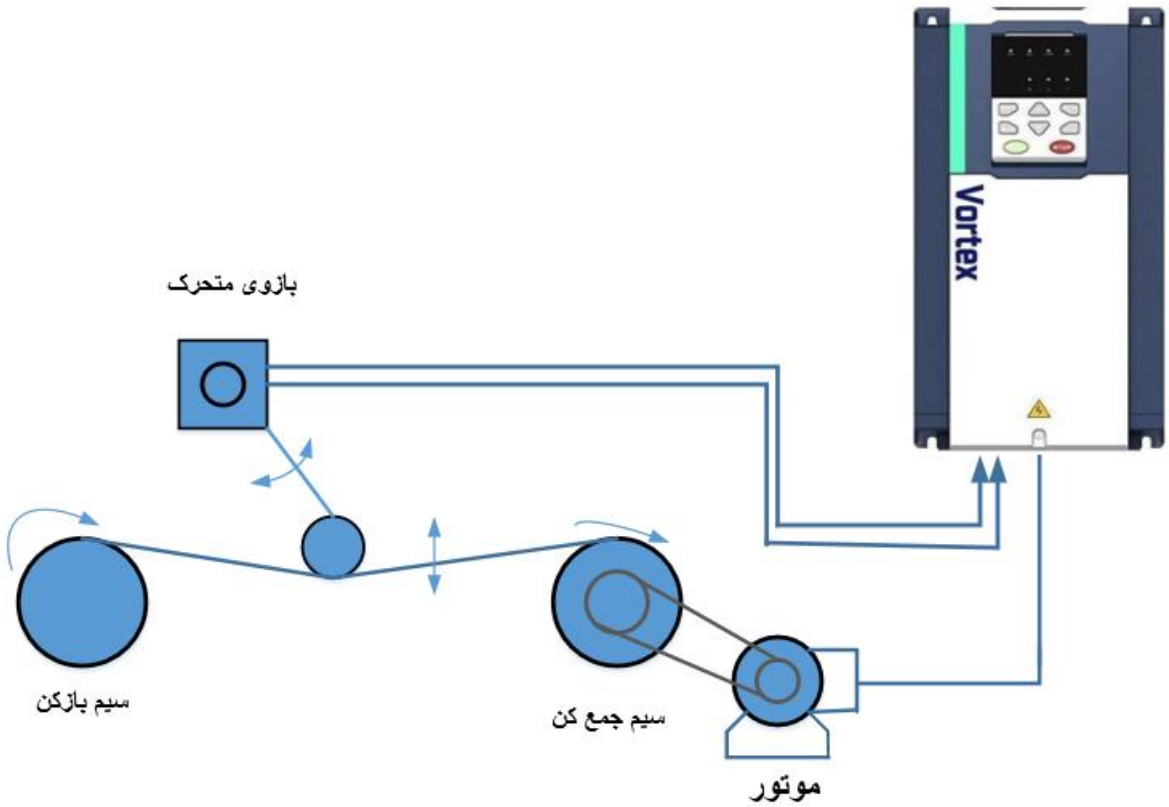
$$D_{OUT}=K_d\frac{de(t)}{d(t)}$$



نمودار3: پاسخ PVبه SP در زمان برای سه مقدار (K_P,K_i,k_d) ثابت است.

کنترل حلقه بسته در سیستم رولینگ

کنترل حلقه بسته برای کاربردهایی همچون کنترل دما، فشار و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. اما کاربردهای بسیار دیگری نیز وجود دارند، مثل حفظ تنش در یک سیستم سیم پیچی یا رولینگ الیاف.که در شکل زیر به نمایش در آمده است. بازوی لغزنده یک پتانسیومتر را به حرکت در می آورد و پتانسیومتر نیز سیگنال را به اینورتر ارسال می کند تا اینورتر میزان تنش روی ماده در حال پیچیدن را در دست داشته باشد. بنابراین اینورتر می تواند سرعت خود را به گونه ای تنظیم کند که تنش روی ماده و یا الیاف ثابت بماند.



شکل3: سیستم رولینگ به همراه اینورتر ورتکس

در اینورترهای ورتکس پارامترهای اضافی متعددی وجود دارند که مفید هستند. شیب های سرعت را می توان کم کرد تا سرعت پاسخ بهبود یابد، اگر اشکالی در سیستم به وجود آید مثل ترکیدن لوله ها ، اینورتر می تواند آن را به صورت هوشمند تشخیص داده و کارکرد را متوقف نماید. اینورتر ورتکس ویژگی های منحصر به فرد مانند کنترل چند پمپه و تکنولوژی اوپتی فلو را در ساختار خود دارا می باشد. این پارامتر ها ویژگی عملی هستند تا سیستم حلقه بسته منعطف تر باشد.

برای اجرای این سیستم با اینورتر به چه صورت عمل کنیم؟

کنترلر PID به صورت پیش فرض روی همه اینورترهای ورتکس موجود است. بنابراین فقط به یک سنسور یا سیگنال فیدبک احتیاج داریم. باید اطمینان حاصل کنیم که سیگنال فیدبک از مبدل مقادیر درستی را نشان می دهد و با تغییر سرعت موتور تغییرات سیگنال فیدبک متناسب است. برای بررسی باید درایو را در حالت حلقه باز روشن نمود.

وقتی که از کارکرد درست سیگنال مبدل اطمینان حاصل کردیم می توانیم کنترل حلقه بسته را فعال کنیم و ببینیم چه اتفاقی خواهد افتاد(P40=0). در نتیجه سیستم درست عمل کرده و پایدار می ماند و نیازی به تنظیمات بیشتر ندارد. اگر به اندازه کافی سیستم پایدار نبود، می توانیم پارامتر P و I را تغییر دهیم. در اینورترهای ورتکس گروه تنظیماتی شماره 40 مربوط به تنظیمات ابتدایی و پیشرفته PID است.

راه اندازی PID کنترل با اینورتر ورتکس

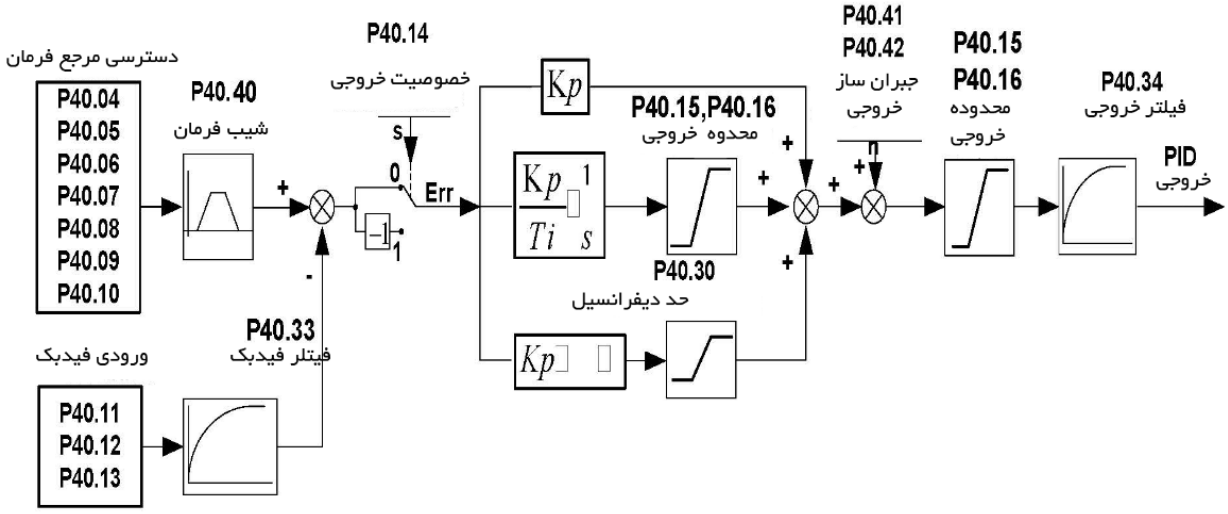
برای راه اندازی سیستم PID در اینورترهای ورتکس ابتدا باید مرجع کنترلر PID مشخص شود اینورتر ورتکس امکان انتخاب مرجع های مختلفی دارد و در عین حال می توان از دو مرجع فرکانسی همزمان استفاده کرد برای اینکار از پارامتر P40.04 برای مرجع اول و نیز 4 پارامتر P40.06~P40.09 برای انتخاب مرجع دوم سپس به کمک پارامتر P40.10 از بین مرجع اول یا دوم و یا روابط ریاضی بین آنها می توان مرجع نهایی را انتخاب کرد.

برای انتخاب مرجع فیدبک نیز می توان از پارامتر P40.11 استفاده کرد بطوریکه کمیت یکان این پارامتر برای منبع فیدبک اول و کمیت دهگان آن برای انتخاب منبع فیدبک دوم استفاده می شود در ادامه به کمک پارامتر P40.13می توان مقدار نهایی فیدبک اعمال شده به اینورتر را مشخص کرد. باید توجه داشت که وجود دومنبع مختلف برای انتخاب مرجع ورودی و یا فیدبک ورودی باعث افزایش قابلیت های اینورتر می شود و شما می توانید تنها از یک منبع برای هر کدام استفاده کنید.

به کمک پارمتر *P40.14* روش اعمال فیدبک به سیستم مشخص می شود. اگر *P40.14=0* قرار داده شود خروجی PID مثبت انتخاب شده است و هنگامی که مقدار فیدبک از مقدار مرجع PID بیشتر شود فرکانس خروجی اینورتر برای حفظ تعادل PID کاهش می یابد. بطور مثال کاربرد کنترل tension هنگام بسته بندی و اگر *P40.14=1* باشد پس خروجی PID منفی انتخاب شده است. هنگامی که مقدار فیدبک از مقدار مرجع PIDبیشتر شود فرکانس خروجی اینورتر برای حفظ تعادل PID افزایش می یابد.بطور مثال کنترل tensionهنگام باز کردن بسته بندی.

ضرایب کنترلی PID را نیز بکمک پارامترهای *P40.17=P, P40.18=I , P40.19=D* می توان تنظیم کرد.

شکل زیر کمک شایانی به درک شرایط PID و پارامترهای آن می کند.



علاوه بر تنظیمات فوق در گروه 40 گروه 41مربوط به پارامترهای تابع خواب هستند. به کمک پارامترهای *P41.04 , P41.03* می توان شرایط به خواب رفتن و نیز بیدار شدن اینورتر را تعیین کرد و حالت کلی عملکرد اینورتر در مد SLEEP به کمک پارامتر P41.00 مشخص می شود. در زیر توضیح این پارامتر قابل مشاهده است.

یکان: انتخاب حالت خواب

0 :تابع خواب غیرفعال

1 :خواب با فرکانس

2 :خواب *AI1(AI1 به عنوان فیدبک فشار)*

3 :خواب *AI2(AI2 به عنوان فیدبک فشار)*

4 :خواب *AI3(AI3 به عنوان فیدبک فشار)*

5 :*خواب AI4(AI4 به عنوان فیدبک فشار)*

دهگان: انتخاب حالت بیداری

0 :تابع خواب غیرفعال

1 :بیداری با فرکانس

2 :بیداری *AI1(AI1 به عنوان فیدبک فشار)*

3 :بیداری *AI2(AI2 به عنوان فیدبک فشار)*

4 :بیداری *AI3(AI3 به عنوان فیدبک فشار)*

5 :بیداری *AI4(AI4 به عنوان فیدبک فشار)*

صدگان: انتخاب جهت خواب وبیدار

0 :جهت مثبت

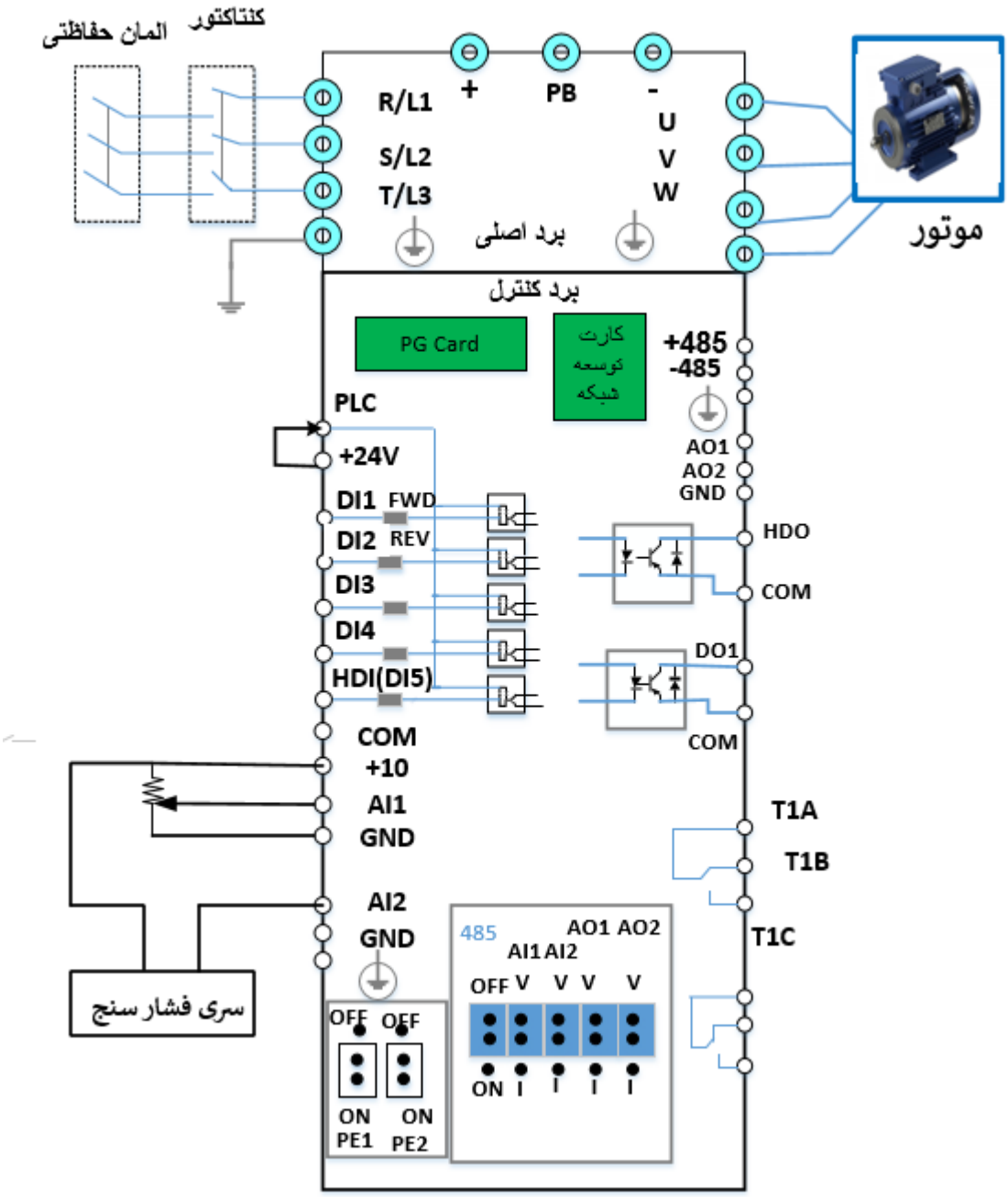
منبع خواب *(AI4 ~ AI1) <P41.03* ، اینورتر خواهد خوابید

منبع بیداری *(AI4 ~ AI1) <P41.04* ، اینورتر از خواب بیدار می شود

1 :جهت معکوس

منبع خواب *(AI4 ~ AI1) <P41.03* ، اینورتر خواهد خوابید.

منبع بیداری *(AI4 ~ AI1) <P41.04* ، اینورتر از خواب بیدار می شود.



شکل 4: شمای فنی اینورتر ورتکس

هنگامی که منبع خواب و منبع بیداری مقدار یکسانی دارند لطفاً به نسبت مقدار *P41.03* و *P41.04*توجه کنید. اگر تنظیم پارامتر غیر منطقی باشد، وقتی حالت بیداری انتخاب شده باشد. حتی اگر خواب ایجاد شود، حالت خواب نمی تواند وارد شود و هنگام استفاده توجه ویژه ای می شود.