

پیشگفتار

از اینکه اینورتر سری S280 با قابلیت‌ها و کاربردهای پیشرفته، عرضه شده توسط شرکت SAM را انتخاب کرده‌اید، سپاسگزاریم. این محصول نتیجه‌ی تحقیق، توسعه و تجربه‌ی گسترده در زمینه‌ی کنترل حرکت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های صنعتی است و طراحی آن به گونه‌ای بوده است که پاسخ‌گوی نیازهای متنوع کاربران در کاربردهای مختلف صنعتی باشد.

راهنمای پیش‌رو به‌طور اختصاصی به مبحث مهم کنترل PID در اینورتر S280 می‌پردازد. کنترل PID به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های کنترلی در صنایع مختلف، نقش مهمی در پایداری، دقت و پاسخ‌گویی سیستم‌های کنترلی ایفا می‌کند. در این مستند سعی شده است ضمن معرفی مفاهیم پایه، نحوه فعال‌سازی، تنظیم و بهینه‌سازی پارامترهای PID در این درایو به زبانی ساده، فنی و کاربردی ارائه گردد.

این راهنما با هدف ارتقاء سطح دانش فنی کاربران، افزایش دقت در تنظیمات کنترلی و بهره‌گیری حداکثری از قابلیت‌های اینورتر تهیه شده است. مطالعه‌ی دقیق آن به مهندسان، تکنسین‌ها و کاربران صنعتی کمک خواهد کرد تا بتوانند از این قابلیت قدرتمند درایو به‌صورت مؤثر و ایمن استفاده کنند.

امیدواریم این راهنما بتواند راهگشای شما در مسیر بهره‌برداری بهینه از سیستم کنترل و افزایش بهره‌وری در فرایندهای صنعتی باشد. نظرات و پیشنهادات شما نیز قطعاً ما را در بهبود مستندات و ارتقاء سطح خدمات یاری خواهد کرد.



پارامترهای ورودی و فیدبک آنالوگ در PID فرآیندی

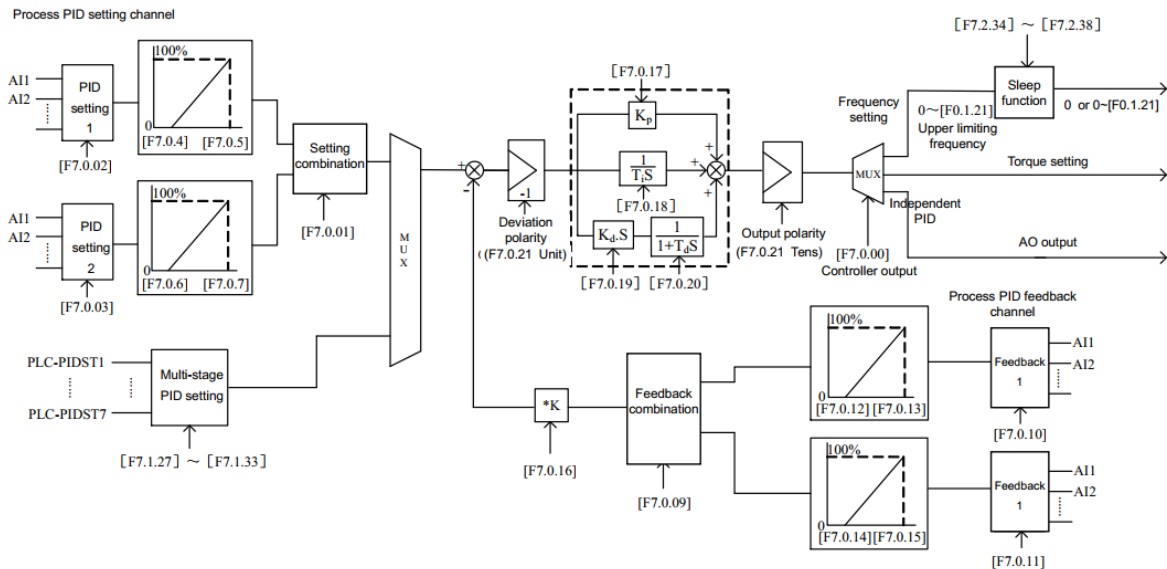
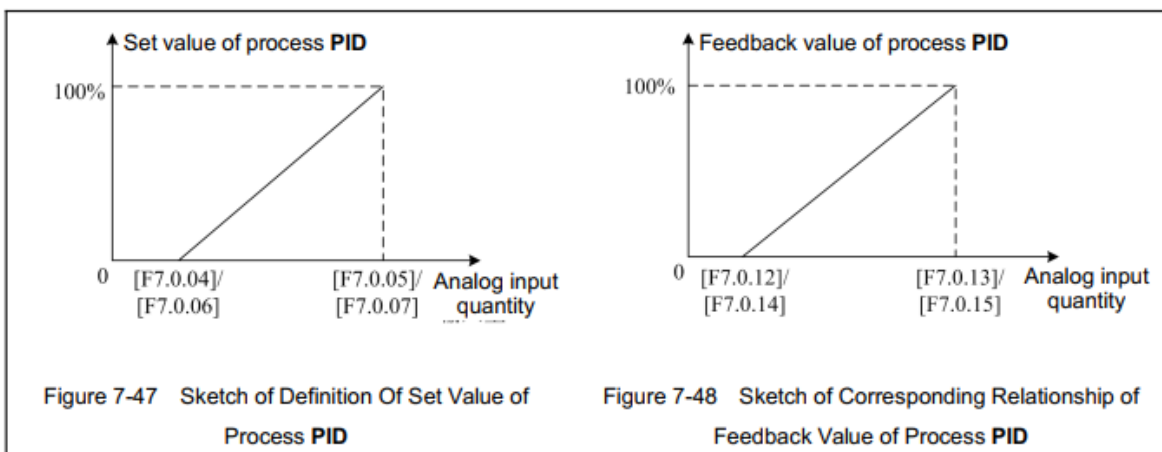


Figure 7-46 Schematic Block of Process PID Control

◆ پارامترهای ورودی آنالوگ Setpoint (مقدار تنظیمی)

شماره پارامتر	توضیح	بازه تنظیم	مقدار پیش فرض کارخانه
F7.0.04	مقدار ورودی آنالوگ متناظر با 0٪ تنظیم (کانال 1)	0.0V~[F7.0.05] AI2: 0.0mA~[F7.0.05]	0.0
F7.0.05	مقدار ورودی آنالوگ متناظر با 100٪ تنظیم (کانال 1)	[F7.0.04]~10V AI2 : [F7.0.04]~20mA	10.0
F7.0.06	مقدار ورودی آنالوگ متناظر با 0٪ تنظیم (کانال 2)	0.0V~[F7.0.07] AI2: 0.0mA~[F7.0.07]	0.0
F7.0.07	مقدار ورودی آنالوگ متناظر با 100٪ تنظیم (کانال 2)	[F7.0.06]~10V AI2 : [F7.0.06]~20mA	10.00

فرآیندی انتخاب شود، می‌توان از این پارامترها برای تنظیم PID هنگامی که ورودی کانال آنالوگ به‌عنوان منبع تنظیم مقدار محدوده مقادیر آنالوگ ورودی استفاده کرد. (شکل 7-47)



پارامترهای فیدبک آنالوگ - (Feedback)

شماره پارامتر	توضیح	بازه تنظیم	مقدار پیش فرض کارخانه
F7.0.12	مقدار فیدبک آنالوگ متناظر با 0٪ فیدبک (کانال 1)	0.0V ~ [F7.0.13] AI2: 0.0mA ~ [F7.0.13]	0.0
F7.0.13	مقدار فیدبک آنالوگ متناظر با 100٪ فیدبک (کانال 1)	[F7.0.12] ~ 10.00V AI2: [F7.0.12] ~ 20.00mA	5.00V
F7.0.14	مقدار فیدبک آنالوگ متناظر با 0٪ فیدبک (کانال 2)	0.0V ~ [F7.0.15] AI2: 0.0mA ~ [F7.0.15]	0.0
F7.0.15	مقدار فیدبک آنالوگ متناظر با 100٪ فیدبک (کانال 2)	[F7.0.14] ~ 10.00V AI2: [F7.0.14] ~ 20.00mA	5.00V

هنگامی که ورودی کانال آنالوگ به عنوان منبع فیدبک PID فرآیندی انتخاب شود، این پارامترها برای تنظیم محدوده سیگنال فیدبک استفاده می‌شوند. (شکل 7-48)

F7.0.16 - ضریب ضرب فیدبک (مثلاً محاسبه جریان با فشار تفاضلی)

شماره پارامتر	توضیح	بازه تنظیم	مقدار پیش فرض کارخانه
F7.0.16	ضریب ضرب فیدبک (مثلاً برای محاسبه جریان با فشار تفاضلی)	0.01 ~ 100.00	1.00

توضیحات:

این تابع عمدتاً در مواقعی که محاسبه جریان با فشار تفاضلی انجام می‌شود، استفاده می‌شود. هنگامی که مقدار فیدبک با مقدار داده شده از PID فرآیندی تطابق ندارد اما یک رابطه خطی خاص وجود داشته باشد، این گروه از پارامترها می‌تواند برای هماهنگ‌سازی معنی مقدار فیدبک و مقدار داده شده از PID فرآیندی استفاده شود.

به عنوان مثال، اگر مقدار داده شده از PID فرآیندی نشان‌دهنده جریان لوله باشد و مقدار فیدبک نشان‌دهنده دبی جریان لوله باشد، و فرض کنیم که مقدار تنظیم این پارامتر نشان‌دهنده مساحت مقطع لوله باشد، در این صورت مقدار داده شده و فیدبک PID باید هماهنگ باشند.

پارامترهای تنظیم PID فرآیندی

- F7.0.17 بهره تناسبی (Proportional Gain)

مقدار پیش فرض کارخانه	بازه تنظیم	توضیح	شماره پارامتر
2.00	0.0 ~ 100.00	بهره تناسبی	F7.0.17

توضیحات:

بهره تناسبی (Kp) مشخص کننده بزرگی انحراف است. هرچه مقدار تنظیمی بیشتر باشد، پاسخ سیستم سریع تر خواهد بود، اما اگر مقدار آن خیلی بزرگ باشد، ممکن است موجب نوسانات شود. هرچه مقدار آن کوچکتر باشد، پاسخ سیستم کندتر خواهد بود.

- F7.0.18 زمان انتگرال (Integral Time)

مقدار پیش فرض کارخانه	بازه تنظیم	توضیح	شماره پارامتر
20.0	0.0, 0.1 ~ 1000.0 ثانیه	زمان انتگرال	F7.0.18

توضیحات:

زمان انتگرال (Ti) برای حذف انحراف باقی مانده از سیستم استفاده می شود. هرچه زمان انتگرال کوچکتر باشد، پاسخ سیستم سریع تر است، اما اگر زمان خیلی کوچک یا خیلی بزرگ باشد، ممکن است باعث نوسانات سیستم شود.

- F7.0.19 ضریب تفاضلی (Differential Coefficient)

مقدار پیش فرض کارخانه	بازه تنظیم	توضیحات	شماره پارامتر
0.0	0.0, 0.01 ~ 10.00	ضریب تفاضلی	F7.0.19

توضیحات:

ضریب تفاضلی (Kd) به میزان تغییرات انحراف در زمان مربوط است و کمک می‌کند تا نوسانات سیستم کاهش یابد. این پارامتر به تنظیمات دقیق‌تر سیستم برای کاهش خطا و بهبود پاسخ‌دهی کمک می‌کند.

- F7.0.20 زمان فیلترینگ اینرسی تفاضلی (Differential Inertia Filtering Time)

شماره پارامتر	توضیحات	بازه تنظیم	مقدار پیش‌فرض کارخانه
F7.0.20	زمان فیلترینگ اینرسی تفاضلی	0.01 ~ 100.00 ثانیه	10.00

توضیحات:

این پارامتر زمان فیلترینگ تفاضلی را تنظیم می‌کند. هدف آن کاهش تأثیر نویز و نوسانات غیر ضروری در سیستم است که می‌تواند پاسخ سیستم را بهبود بخشد.

توضیحات کلی:

- تنظیمات پروپورشنال (F7.0.17) به سرعت پاسخ سیستم تأثیر می‌گذارد اما ممکن است موجب نوسانات شود.
- زمان انتگرال (F7.0.18) به حذف انحراف باقی‌مانده کمک می‌کند، ولی نیاز به تنظیم دقیق دارد تا از نوسانات جلوگیری کند.
- ضریب تفاضلی (F7.0.19) به سیستم کمک می‌کند تا تغییرات سریع در انحرافات را پیش‌بینی و اصلاح کند.
- زمان فیلترینگ اینرسی تفاضلی (F7.0.20) برای بهبود پایداری سیستم و جلوگیری از تأثیرات نوسانی تنظیم می‌شود.

این تنظیمات به‌طور کلی برای بهینه‌سازی عملکرد PID و به حداقل رساندن خطاها و نوسانات استفاده می‌شوند.

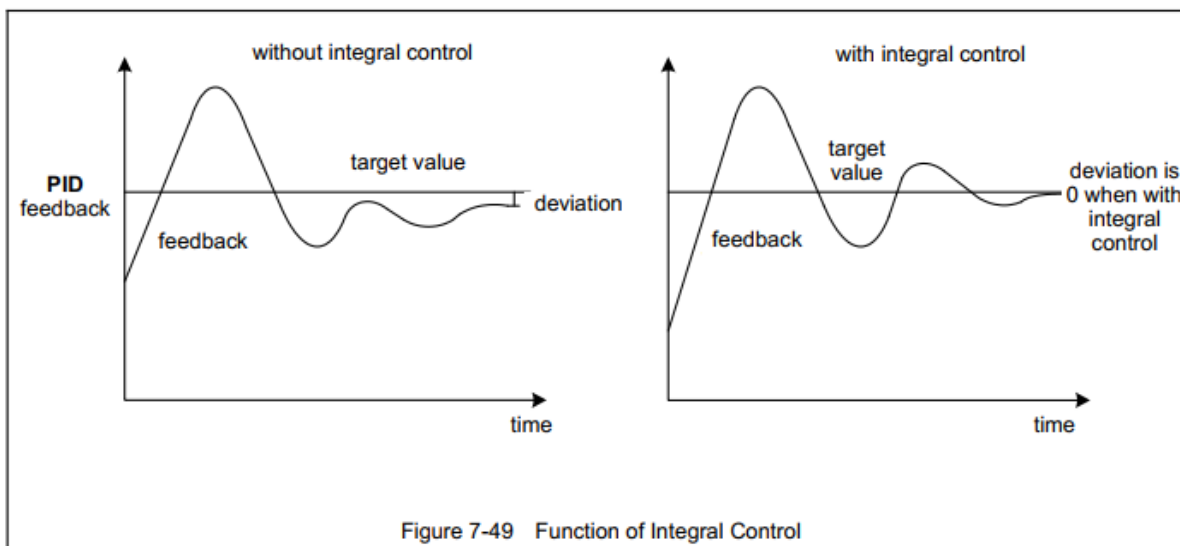


Figure 7-49 Function of Integral Control

تابع تفاضلی

تابع تفاضلی می‌تواند به تغییر نرخ انحراف پاسخ دهد. هرچه تغییرات بیشتر باشد، بهره خروجی نیز بیشتر خواهد بود، به این معنی که بهره آن متناسب با نرخ تغییر انحراف است. اما به انحرافات ثابت پاسخ نمی‌دهد. زمانی که ضریب تفاضلی برابر با 0.0 تنظیم شود، این بدان معناست که تابع تفاضلی در کنترلر غیرفعال شده است. تابع تفاضلی می‌تواند مسئولیت‌پذیری سیستم را بهبود بخشد.

کنترل بدون انتگرال و با انتگرال

- بدون کنترل انتگرالی: انحراف از هدف باقی می‌ماند.
- با کنترل انتگرالی: انحراف به تدریج به صفر می‌رسد.

تنظیمات ضریب تفاضلی و فیلتر اینرسی تفاضلی

- هرچه ضریب تفاضلی بزرگتر تنظیم شود، عملکرد تابع تفاضلی قوی‌تر می‌شود. در سیستم‌های عمومی، معمولاً نیازی به وارد کردن لینک تفاضلی نیست.
- زمان فیلتر اینرسی تفاضلی بزرگتر می‌تواند تنظیمات تفاضلی را نرم‌تر کند. این مقدار معمولاً متناسب با اینرسی سیستم تنظیم می‌شود.

F7.0.21 تنظیمات ویژگی‌های کنترلر (H) PID

محدوده تنظیم: 0000~0111

تنظیم پیش فرض کارخانه: 0000

واحد: قطبیت انحراف

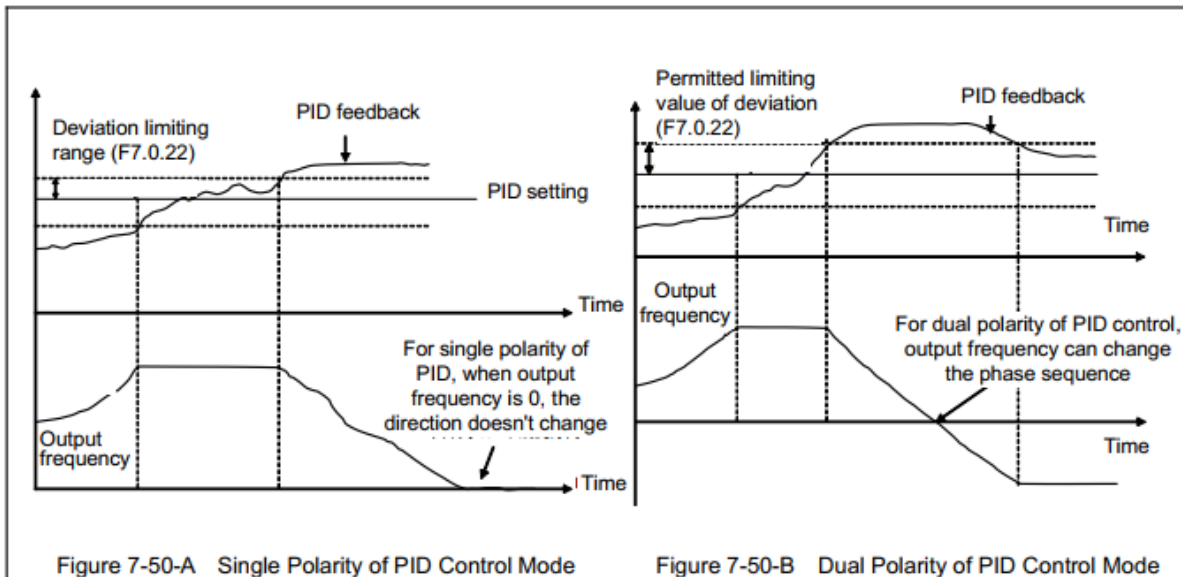
- **0:** انحراف مثبت: زمانی که سیگنال بازخورد ضعیف‌تر می‌شود، خروجی PID افزایش می‌یابد.
- **1:** انحراف منفی: زمانی که سیگنال بازخورد ضعیف‌تر می‌شود، خروجی PID کاهش می‌یابد.

رقم دهگان: قطبیت خروجی

- **0:** تک قطبی
- **1:** دو قطبی

در حالت کنترل PID با تک قطبیت، خروجی تنظیم‌کننده PID همیشه مقدار مثبت است و حد پایین آن 0 است. برای تنظیم فرکانس‌ها، جهت عملکرد اینورتر فرکانس با دستور کنترل خارجی تعیین می‌شود، در حالی که خروجی PID نمی‌تواند جهت عملکرد را تغییر دهد. این حالت معمولاً برای دستگاه‌هایی که موتور آن‌ها معکوس نمی‌شود، مانند پمپاژ آب یا انتقال فشار، کاربرد دارد. به شکل 7-50-A-مراجعه کنید.

در حالت کنترل PID با دو قطبیت، خروجی تنظیم‌کننده PID مقدار منفی خواهد بود. برای تنظیم فرکانس‌ها، جهت عملکرد اینورتر فرکانس با دستور کنترل خارجی و محاسبه "عملگر انحصاری" OR جهت خروجی PID تعیین می‌شود و خروجی PID قادر به تغییر جهت عملکرد خواهد بود. در صورتی که پارامتر قفل جهت (F0.1.17) فعال باشد، خروجی مؤثر PID باید مقدار مطلق را بگیرد. به شکل‌های 7-50-A و 7-50-B مراجعه کنید.

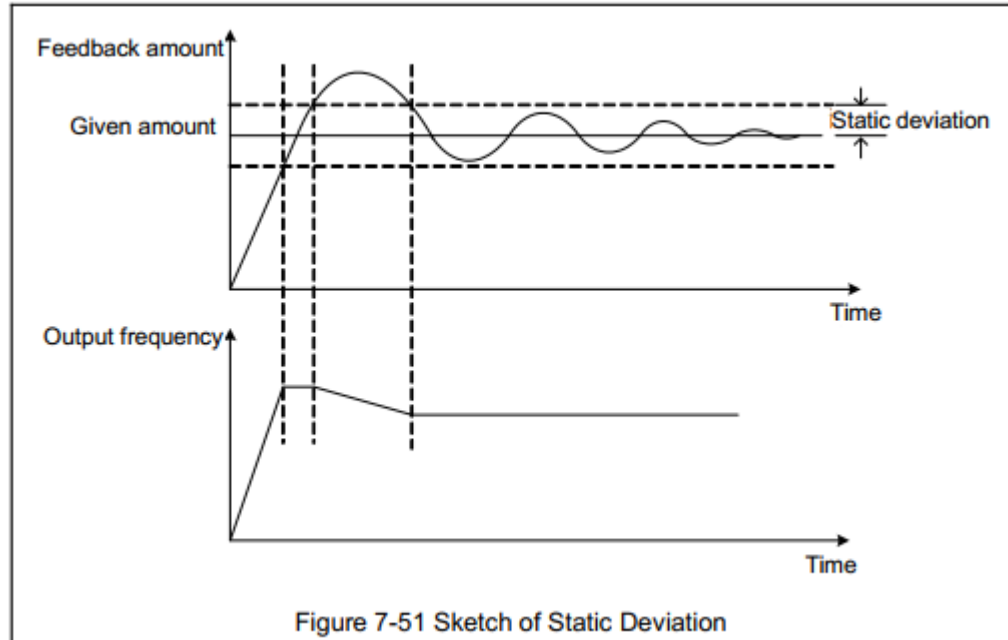


۷.۰.۲۲ انحراف ایستا مجاز (تنظیم نسبت ۱۰۰٪)

محدوده تنظیم: ۰.۰ تا ۲۰.۰٪

پیش فرض کارخانه: ۵.۰

مقدار خروجی کنترلر، حداکثر انحراف مجاز از مقدار تعیین شده برای کنترلر است. زمانی که مقدار بازخورد در محدوده انحراف مجاز قرار گیرد، کنترلر از اعمال تنظیمات اضافی خودداری می کند. تنظیم صحیح این پارامتر به حفظ دقت و پایداری خروجی سیستم کمک می کند و از نوسانات غیرضروری جلوگیری می نماید.



F7.0.23 پیش تنظیم خروجی PID نسبت به فرکانس حد بالای خروجی

محدوده تنظیم: ۰.۰ تا ۱۰۰.۰۰٪

پیش فرض کارخانه: ۰.۰

F7.0.24 زمان نگاهداشت پیش تنظیم قبل از شروع PID

محدوده تنظیم: ۰.۰ تا ۳۶۰۰.۰ ثانیه

پیش فرض کارخانه: ۰.۰

این تابع باعث می شود که سیستم زودتر به مرحله پایدار در تنظیمات PID برسد. مقدار پیش تنظیم خروجی PID، درصدی از فرکانس حد بالای تنظیم شده در پارامتر [F0.1.21] است.

هنگامی که اینورتر شروع به کار می کند، ابتدا سرعت آن تا مقدار پیش تنظیم شده PID افزایش می یابد و پس از مدتی کارکرد در این فرکانس) بر اساس مقدار تنظیم شده در [F7.0.24]، به عملکرد حلقه بسته PID منتقل می شود.

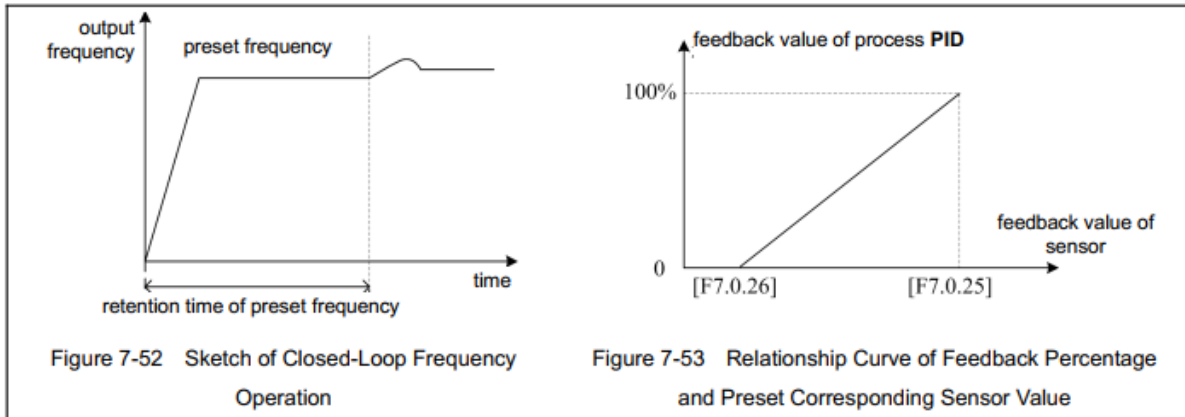


Figure 7-52 Sketch of Closed-Loop Frequency Operation

Figure 7-53 Relationship Curve of Feedback Percentage and Preset Corresponding Sensor Value

F7.0.25 مقدار واقعی سنسور (بازه‌ای که معادل ۱۰۰٪ فیدبک است)

محدوده تنظیم: ۰.۰۱ تا ۱۰۰.۰۰

پیش‌فرض کارخانه: ۱.۰۰

F7.0.26 مقدار واقعی سنسور معادل ٪ فیدبک

محدوده تنظیم: ۱۰۰.۰۰ تا ۱۰۰.۰۰

پیش‌فرض کارخانه: ۰.۰

این گروه از پارامترها رابطه بین درصد فیدبک و مقدار فیزیکی متناظر را تعیین می‌کند که مقادیر نمایش داده شده در پارامترهای مانیتورینگ d0.1.36 و d0.1.37 را مشخص می‌کند. نمودار رابطه متناظر در شکل 7-53 نشان داده شده است

F7.0.25 مقدار واقعی سنسور (بازه‌ای که معادل ۱۰۰٪ فیدبک است)

محدوده تنظیم: ۰.۰۱ تا ۱۰۰.۰۰

پیش‌فرض کارخانه: ۱.۰۰

F7.0.26 مقدار واقعی سنسور معادل ۰٪ فیدبک

محدوده تنظیم: ۱۰۰.۰۰ تا ۱۰۰.۰۰

پیش‌فرض کارخانه: ۰.۰

این گروه از پارامترها رابطه بین درصد فیدبک و مقدار فیزیکی متناظر را تعیین می‌کند که مقادیر نمایش داده شده در پارامترهای مانیتورینگ d0.1.36 و d0.1.37 را مشخص می‌کند. نمودار رابطه متناظر در شکل 7-53 نشان داده شده است.

7.28 تنظیم چندمرحله‌ای PID فرآیندی گروه (F7.1)

F7.1.27~F7.1.33 تنظیم چندمرحله‌ای مقدار تنظیم‌شده PID فرآیندی (مراحل ۱ تا ۷)

بازه تنظیم: 100.0~100.0(%)

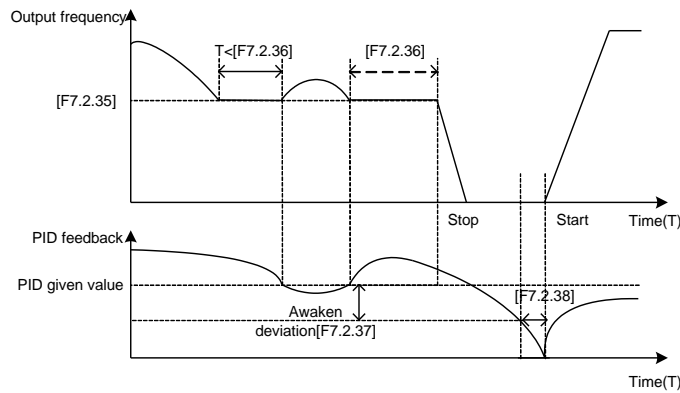
مقدار پیش فرض کارخانه: 0.0

این گروه از پارامترها مقدار تنظیم‌شده برای عملکرد چندمرحله‌ای PID فرآیندی را تعیین می‌کند. مقدار تنظیم‌شده به صورت درصدی از مقدار تنظیم‌شده PID فرآیندی که در پارامتر F7.0.01 تعیین شده، تعریف می‌شود.

عملکرد چندمرحله‌ای PID فرآیندی را می‌توان به‌طور انعطاف‌پذیر از طریق ورودی چندمنظوره ترمینال‌ها پیاده‌سازی کرد. برای اطلاعات بیشتر، به توضیحات مربوط به عملکرد ورودی‌های چندمنظوره 1، 2 و 3 (کدهای 28 تا 30) در F3.0.00~F3.0.08 مراجعه کنید. همچنین، برای اطلاعات تکمیلی، یادداشت‌های مربوط به پارامترهای F6.1.15~F6.1.45 را بررسی نمایید.

7.29 عملکرد خواب PID فرآیندی گروه (F7.2)

این تابع زمانی معتبر است که خروجی PID فرمان فرکانس را صادر کند؛ نمودار شماتیک در زیر نشان داده شده است.:



: مقدار تنظیمی انحراف بیدارسازی F7.2.37 درصدی از مقدار تنظیمی PID می‌باشد.



