

# PID 제어 게인 튜닝 가이드

LS ELECTRIC  
Jaehyeong Jo

---

2026-04-17

# Contents

## A. 이론

1. 개요
2. 비례 게인 보상
3. 적분 시간 보상
4. 미분 시간 보상
5. PI 제어
6. PID 제어

## B. S300 파라미터

1. PID 제어 상태 모니터
2. PID 기준값 설정
3. PID 피드백 설정
4. PID 게인값 및 보상량 설정
5. PID 출력 설정

---

## A. 이론

# 1. 개요

---

PID제어는 설정된 기준값에 피드백되는 측정값을 일치시키는 제어 방식입니다. 비례 제어(Proportional), 적분 제어(Integral), 미분 제어(Differential)의 조합으로 이루어 집니다. 속도, 유량, 압력, 온도 등을 프로세스 제어 할 수 있습니다.

다음은 PID제어에서 사용되는 용어입니다.

- SV (Set Value): 설정값, 목표값(Target Value), 기준값(Reference Value)
- PV (Process Value): 현재 상태값, 측정값, 피드백 값 (Feedback Value)

$$PV_{present} = \{PV_{past} * (e^{-\frac{1}{T}})\} + \{MV_{past} * K * (1 - e^{-\frac{1}{T}})\}$$

- MV (Manipulated Value): 조작량, PID 출력값 (PID Output)

$$MV = P + I + D = (Error * P Gain) + \left(\frac{AccumError}{I Time}\right) + \{D Time * \frac{(Error_{present} - Error_{past})}{T}\}$$

- Error: 목표값과 현재 상태값의 오차

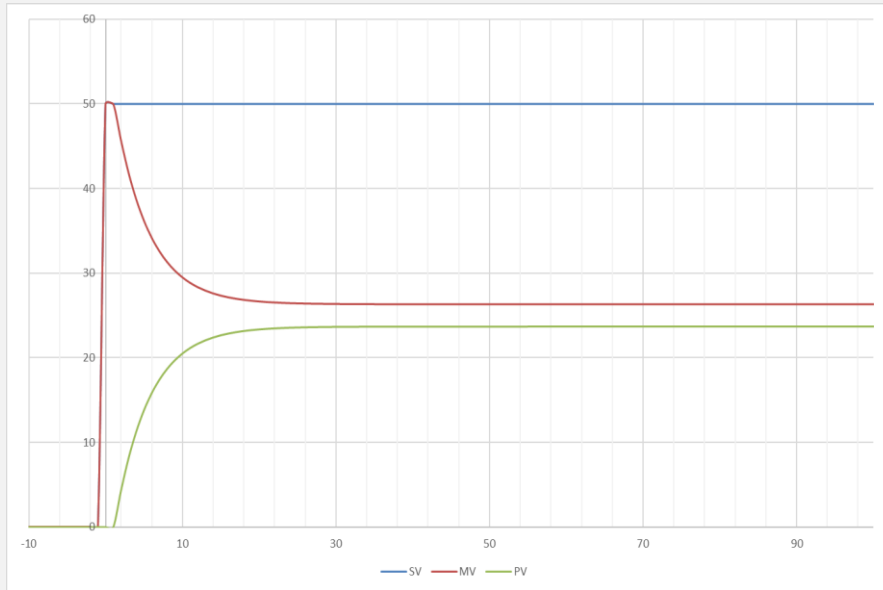
$$Error = SV - PV$$

## 2. 비례 게인 (P Gain) 보상

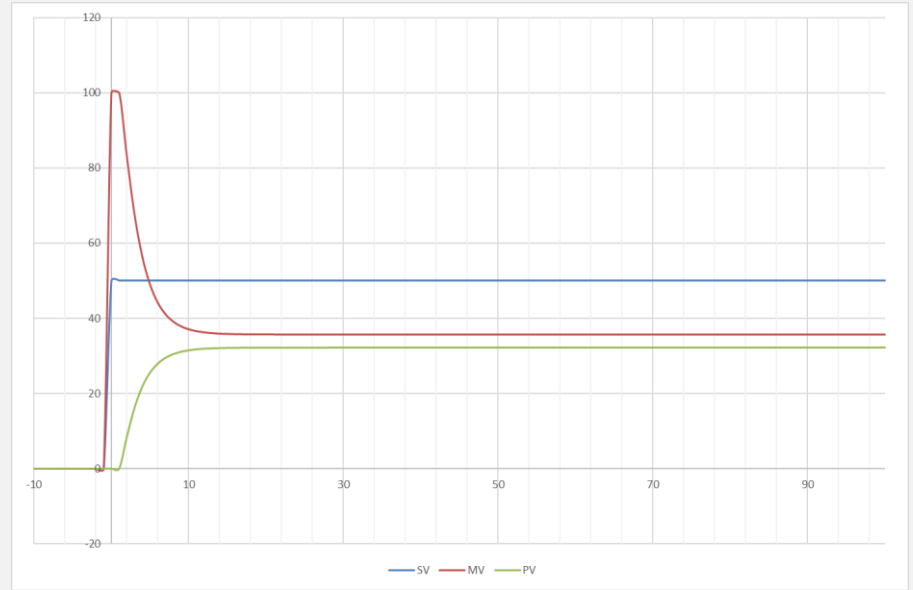
비례 게인 보상은 목표값(SV)과 현재값(PV)의 편차에 비례한 조작량을 출력합니다. 설정 값이 클수록 편차는 작아지지만 너무 크면 제어 상태가 불안정하게 됩니다. 적분, 미분 보상을 제외한 비례 보상만 할 경우에는 초기에는 목표값과 현재값의 오차가 커서 높은 보상량이 출력되지만 목표값에 가까워질 수록 오차가 줄어들므로 보상량도 감소하게 됩니다. 부하의 저항력과 보상량이 일치하게 되면 균형점에 도달하여 더 이상 상태를 변화시키지 못하고 잔류 편차가 발생하게 됩니다.

### P Gain 보상 제어

**P Gain= 100 [%], I Time= 0 [msec], D Time= 0 [msec]**



**P Gain= 200 [%], I Time= 0 [msec], D Time= 0 [msec]**



축 단위: X-axis (msec) / Y-axis (%)

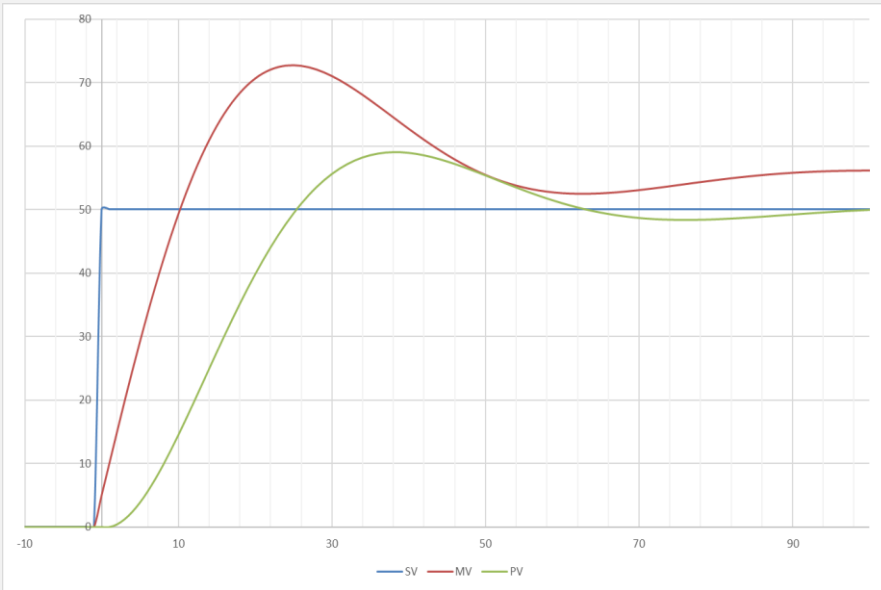
### 3. 적분 시간 (I Time) 보상

적분 시간 보상은 편차를 적분한 조작량을 출력합니다. 비례 제어만으로는 잔류 편차가 완전히 없어지지 않으므로 그 편차를 없애기 위해서 사용합니다.

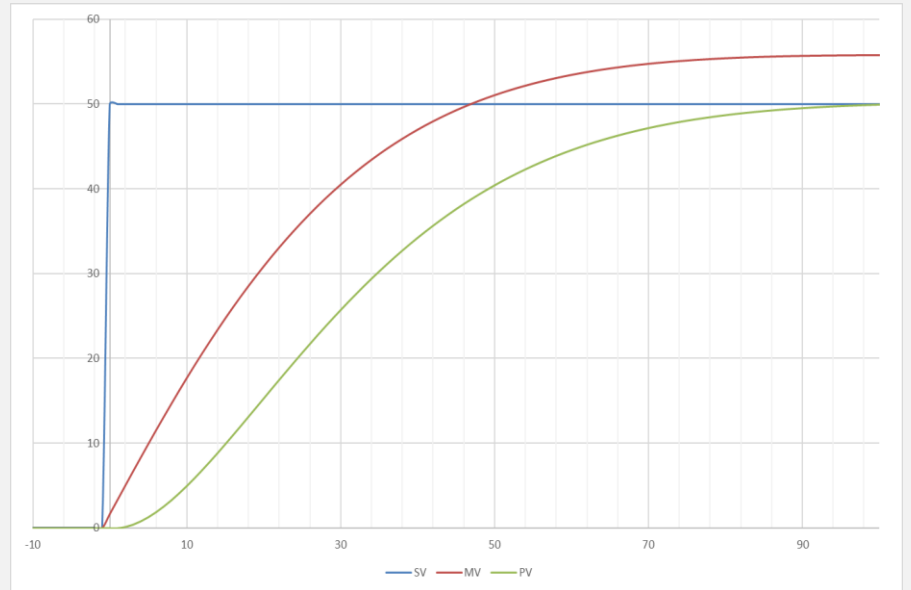
누적된 에러가 100%일 때 100%출력이 되기까지의 시간을 설정합니다. 예를 들면, 에러가 100%일 때 적분 시간을 1초로 설정한 경우 1초 후에 100%가 출력됩니다. 적분 시간이 너무 짧으면 오버슈트나 진동이 발생합니다. 아래 그래프에서는 x축 단위가 msec여서 적분 시간도 msec 단위로 설정했으나 인버터에서는 sec 단위로 설정 가능합니다.

#### I Time 보상 제어

*P Gain= 0 [%], I Time= 10 [msec], D Time= 0 [msec]*



*P Gain= 0 [%], I Time= 30 [msec], D Time= 0 [msec]*



축 단위: X-axis (msec) / Y-axis (%)

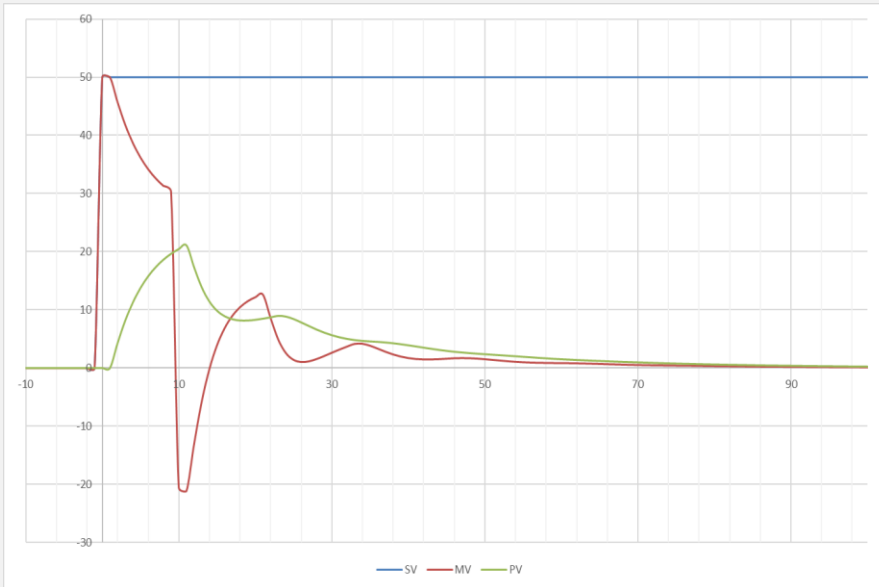
## 4. 미분 시간 (D Time) 보상

미분 시간 보상은 시스템의 응답성을 높이고 싶은 경우 사용합니다. 미분 시간을 높이면 응답성은 높아지지만 진동이 발생합니다. 낮추면 오버슈트를 억제할 수 있지만 응답성이 나빠집니다. 미분 보상만 단독으로 사용하면 에러 보상이 전혀 이루어지지 않으며 제어 자체가 불가능해집니다. 오차의 변화율(기울기)에 비례해서 값을 내는 것이기 때문입니다.

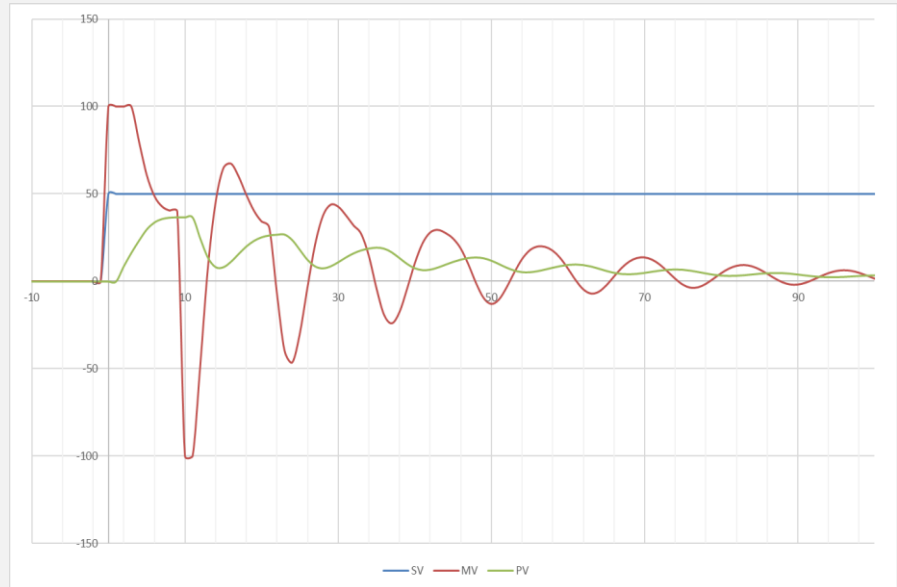
편차의 기울기(미분)에 미분 시간을 곱하여 그 결과를 PID 입력에 더해 출력합니다. 미분 시간을 1msec로 설정하는 경우 1초당 에러 변화율이 100%인 경우 10msec에 1%씩 출력합니다.

### D Time 보상 제어

P Gain= 0 [%], I Time= 0 [msec], D Time= 10 [msec]



P Gain= 0 [%], I Time= 0 [msec], D Time= 30 [msec]



축 단위: X-axis (msec) / Y-axis (%)

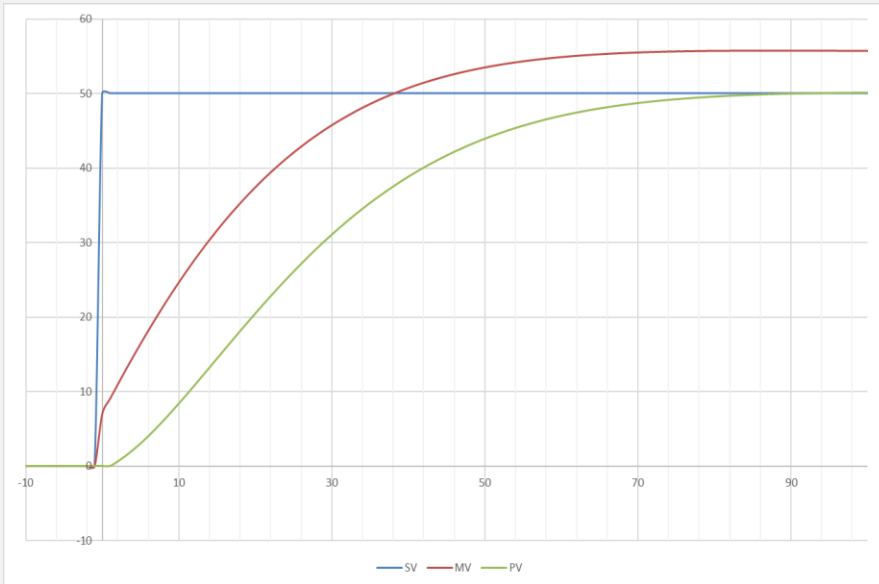
## 5. PI 제어

에러 변화폭이 크지 않은 시스템에서는 비례 보상과 적분 보상만으로 충분합니다. 이런 경우 미분 보상을 사용하면 오히려 변동폭만 커지는 부작용이 더 크므로 사용하지 않습니다.

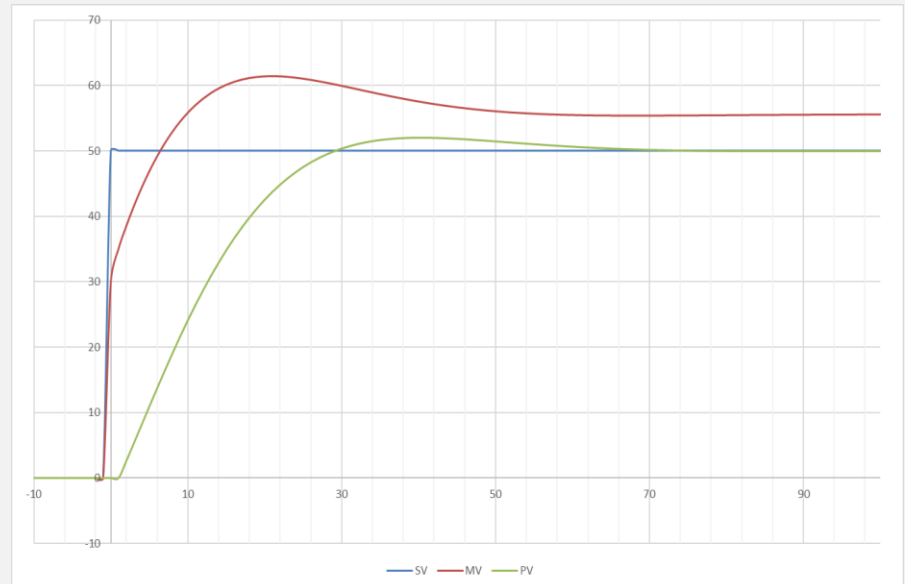
아래 그래프와 같이 비례 보상이 작고 적분 보상이 클 때는 조금 늦지만 오버슈트가 없고, 비례 보상이 크고 적분 보상이 작을 때는 응답성은 개선되지만 오버슈트가 조금 생길 수 있습니다.

### PI 제어

**P Gain= 10 [%], I Time= 25 [msec], D Time= 0 [msec]**



**P Gain= 50 [%], I Time= 10 [msec], D Time= 0 [msec]**



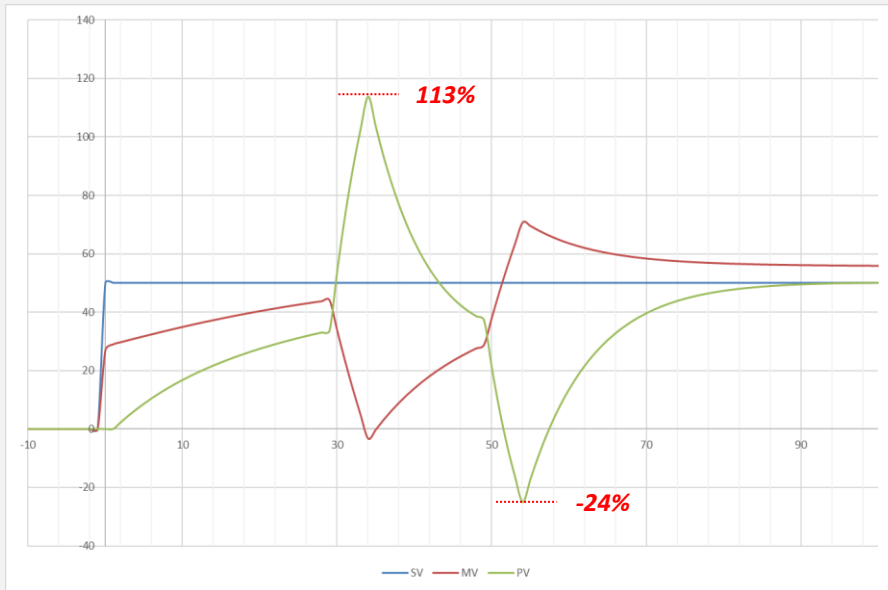
축 단위: X-axis (msec) / Y-axis (%)

## 6. PID 제어

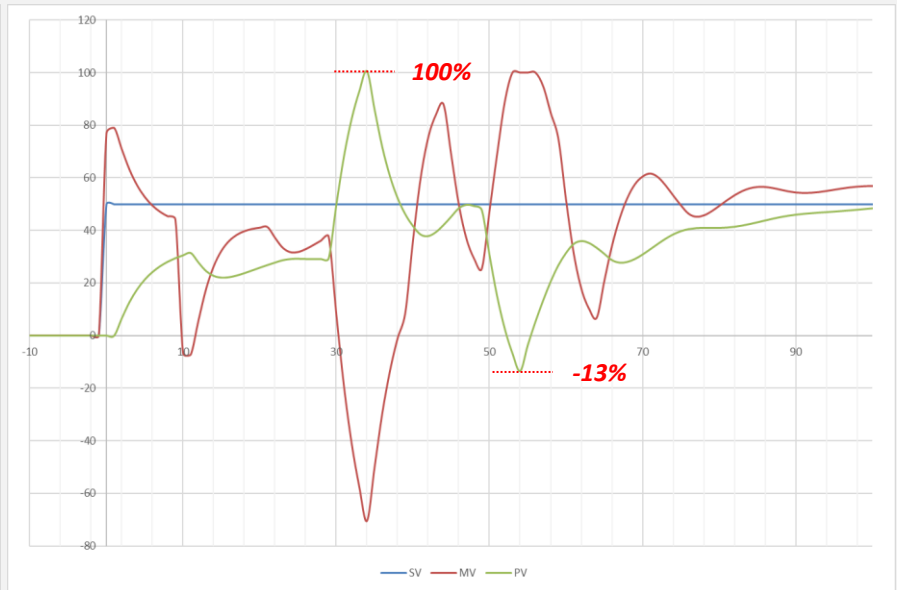
급격한 에러 변화가 있는 시스템에서는 변동폭을 억제하기 위해서 미분 시간을 상향 조정할 필요가 있습니다. 아래 그래프에서 미분 시간을 더 길게 설정했을 때, MV (조작량)의 응답성이 더 높아지고 그로 인해 PV (현재값)의 파고치가 감소한 것을 확인할 수 있습니다. 다만, 진동이 심해지며 PV가 SV (설정값)에 조금 더 늦게 수렴하게 됩니다.

### PID 제어

**P Gain= 50 [%], I Time= 25 [msec], D Time= 0 [msec]**



**P Gain= 50 [%], I Time= 25 [msec], D Time= 10 [msec]**



축 단위: X-axis (msec) / Y-axis (%)

---

## B. S300 파라미터

# S300 파라미터

## 1. PID 제어 상태 모니터

그룹	번호	명칭	설정	설명
APP	01	Process PID Enable	1: Yes	PID 기능 활성화/비활성
	01	Control State	읽기 전용	PID 운전 상태 모니터
PPID	02	Output Value	읽기 전용	PID 출력값
	03	Reference Value	읽기 전용	PID 기준값
	03	Feedback Value	읽기 전용	PID 피드백 값
	05	Error Value	읽기 전용	PID 오차값

가장 먼저 APP-01을 Yes로 설정하여 PID 기능을 활성화 합니다.

PPID-01~05에서는 현재 PID 제어 상태를 모니터할 수 있습니다.

## 2. PID 기준값 설정

그룹	번호	명칭	설정	설명
PPID	10	Reference1 Source	0 ~ 12	기준값 설정 방법
	11	Ref1 Keypad Set	PPID-92*2-PPID-93 ~ PPID-93	PID 기준값 (키패드로 기준 값 설정시)
	12	Ref1 Auxiliary Src	0 ~ 7	PID 보조 기준값 설정 방법
	13	Ref1 Auxiliary Mode	0 ~12	최종 기준값 연산 수식
	14	Ref1 Auxiliary Gain	-200.00 ~ 200.00 [%]	PPID-13에 필요한 계인

PPID-10에서 기준값 설정 방법을 선택하고, 선택한 방법으로 원하는 기준값을 입력합니다.

선택적으로 PID 보조 기준값이 필요하다면 PPID-12~14 파라미터를 설정하면 됩니다.

# S300 파라미터

## 3. PID 피드백 설정

그룹	번호	명칭	설정	설명
PPID	20	Reference Acc Time	0.00 ~ 6000.00 [sec]	기준값 기준 가속 시간
	21	Reference Dec Time	0.00 ~ 6000.00 [sec]	기준값 기준 감속 시간
	25	Feedback Source	0 ~11	피드백 입력 방법
	26	Fdb Auxiliary Src	0 ~4	보조 피드백
	27	Fdb Auxiliary Mode	0 ~ 12	최종 피드백 연산 수식
	28	Fdb Auxiliary Gain	-200.00 ~ 200.00 [%]	PPID-27에 필요한 게인

PPID-20~21에는 최종 PID 기준값에 대한 가속 시간 및 감속 시간 파라미터입니다.

PPID-25~28은 피드백 관련 파라미터들입니다. 기준값과 마찬가지로 보조 피드백 소스 설정도 있습니다.

## 4. PID 게인값 및 보상량 설정

그룹	번호	명칭	설정	설명
PPID	35	Proportional Gain1	0.0 ~1000.0 [%]	비례 게인
	36	Integral Time1	0.00 ~ 200.00 [sec]	적분 시간
	37	Derivative Time1	0 ~ 1000 [msec]	미분 시간
	38	Feedforward Gain	0.0 ~ 1000.0 [%]	전향 보상 게인

PID 제어에 적용될 비례 게인, 적분 시간, 미분 시간 파라미터들입니다.

PPID-38은 전향 보상 게인으로써 설정된 목표량을 PID 출력에 더하는 비율입니다. 높이면 더 즉각적인 빠른 응답성을 얻을 수 있습니다.

# S300 파라미터

## 5. PID 출력 설정

그룹	번호	명칭	설정	설명
PPID	45	Output Mode	0 ~ 5	최종 PID 출력 연산 수식
	46	PID Limit Lo	-100.00 ~ PPID-47 [%]	PID출력 하한값
	47	PID Limit Hi	PPID-46 ~ 100.00 [%]	PID출력 상한값
	48	Output Scale	0.1 ~ 1000.0 [%]	PID출력 크기 비율
	49	Output LPF Gain	0 ~10000 [msec]	PID 출력 저역통과필터
	50	Output Inverse	0:No / 1:Yes	PID 출력 반전

PID 최종 출력 연산 방법을 결정하고, 출력에 대한 크기를 조정할 수 있는 파라미터들입니다. PPID-50은 PID 출력 반전 기능으로, 피드백 (PV)값이 기준값 (SV)보다 낮을 때 조정량 (MV)을 오히려 반대로 낮출 필요가 있을 때 사용합니다.

그룹	번호	명칭	설명
PPID-45	0	Not use Output	사용 안함
	1	Only PID Freq Out	PID 주파수 출력
	2	PID+Main Freq	PID 주파수+일반 운전 주파수
	3	Only PID Trq Out	PID 토크 출력
	4	PID+EPID1 Out	기본 PID+외부 PID1 출력
	5	PID+EPID1+Main	기본 PID+외부 PID1 출력+일반 운전 주파수

PID 출력 모드를 선택해 PID 연산에 의한 주파수 출력을 내보낼 것인지, PID 연산 값에 DRV-11(1st Freq Ref Src)에 설정된 주파수 설정 소스에 의한 값을 더해줄 것인지, 혹은 External PID 출력값을 더해줄 것인지를 설정할 수 있습니다.