

2009

Tuning Cascade Loops

JK LIM
SAYPLANT
2009-10-09



Tuning Cascade Loops

- Cascade Loop의 개념을 이해하면 Cascade loop의 PID Tuning은 어렵지 않습니다 !!!

제가 PID Tuning에 대해 가장 많이 받는 질문중에 하나가 Cascade loop를 어떻게 Tuning을 해야 하나요 라는 것 입니다.

이 질문을 하시는 많은 분들이 중 의외로 PID Tuning의 개념을 이해 하고 계시면서도 Cascade Loop Tuning에 어려움을 겪으시는 경우를 많이 보았습니다.

이것은 PID Tuning에 대한 이해가 부족해서가 아니라 Cascade Loop의 구조가 어떻게 Loop를 Control하게 되어 있는가에 대한 이해 부족에서 발생하는 경우가 많습니다.

Cascade Loop의 Master Controller은 PI(또는 PID) Control을 Slave Controller는 P Control 만을 이용하는 경우가 종종 있는데 그 이유를 모르신다면 아래의 글이 Cascade Loop Tuning에 도움이 될 수 있을 것 입니다.

[그림1] Tank Outlet Temperature에 대한 PID Control

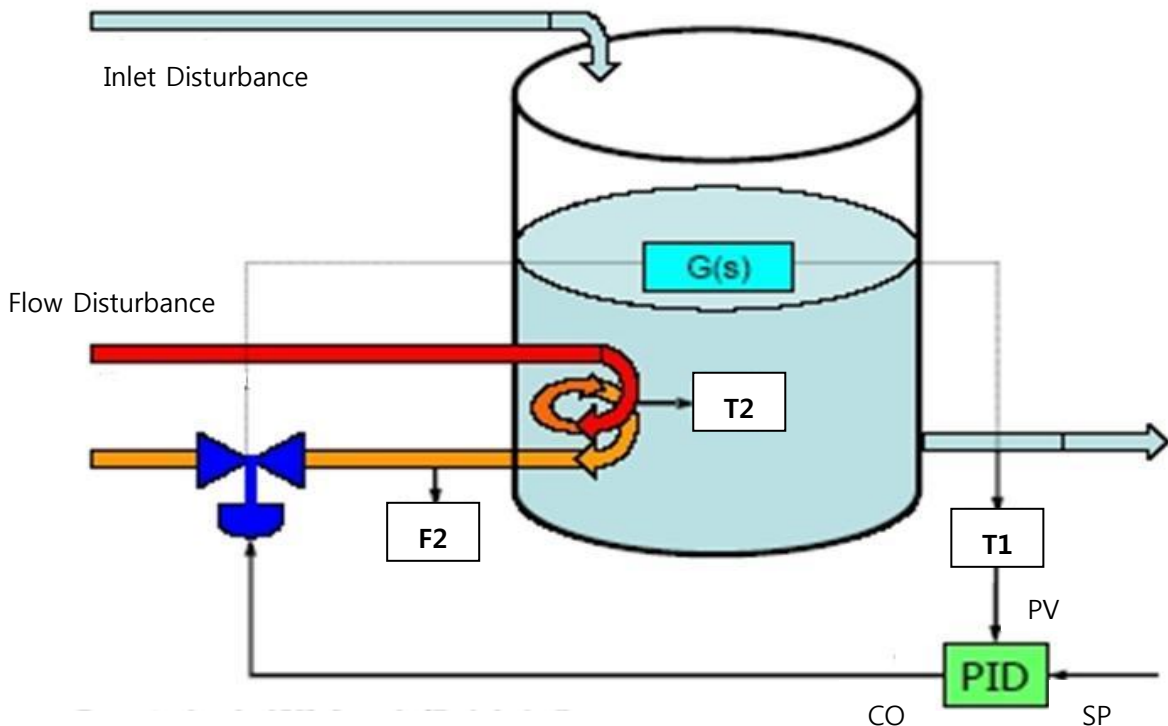


그림1은 Steam으로 가열되는 Tank(수조) 입니다. 이 Control Loop의 궁극적인 목적은 Steam Valve를 조절하여 Tank Outlet의 온도(T1)을 적절히 유지 하는 것 입니다.

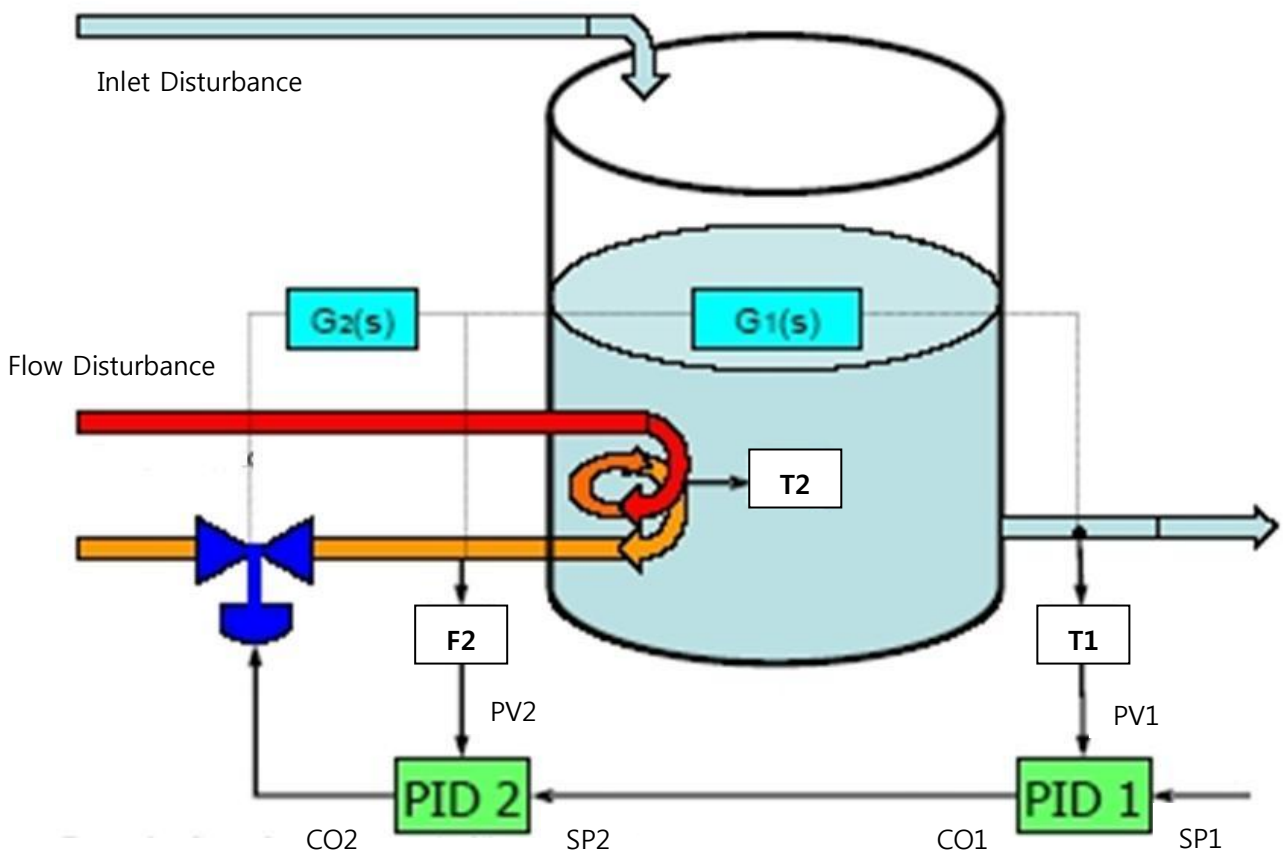
이 온도(T1)을 유지하는데에는 두 가지의 방해 요소(외란; Disturbance)를 고려 할 수 있습니다.

- Inlet Disturbance : 유입수의 유량 또는 온도의 변화
- Steam Flow Disturbance : 공급 Steam의 압력

이 Control Loop의 경우 만약 공급 Steam 압력이 변화 하여 Steam 유량의 변화를 발생 시켜도 Tank Outlet 온도(T1)에 변화가 생기기 전까지는 어떠한 제어 행위도 이루어 지지 않습니다.

이러한 문제를 해결하기 위해 아래와 같은 Cascade Loop가 사용 됩니다.

[그림2] Tank Outlet Temperature에 대한 Cascade PID Control



Cascade Loop에서 PID1은 Master, Primary 또는 Outer Loop

PID2는 Slave, Secondary 또는 Inner Loop라고 부릅니다.

이 Process는 빠른 공정 동특성을 보이는 G2와 상대적으로 느린 동특성을 보이는 G1으로 나눌 수 있습니다. 그러나 Valve는 하나밖에 없죠.

이제 이 Valve는 PID1(TC)에 의해서가 아니라 PID2(FC)에 의해 Steam Flow를 조절 합니다.

PID1(TC)은 온도를 조절(또는 유지)하기 위해 요구되는 Steam Flow의 양을 결정 합니다.

- PID1의 OutPut(CO1)이 PID2의 SetPoint(SP2)가 됩니다

PID2(FC)는 Steam Flow Disturbance에 빠르게 응답 하도록 상대적으로 빠르게(Fast)하게 PID Tuning을 합니다.

PID1(TC)는 여전히 온도를 조절하고 있으므로 느린 동특성을 보이는 Temperature Control에 맞게 PID Tuning을 합니다.

예제의 Cascade Control의 이점은 Tank Outlet 온도의 변화를 일으키는 Steam Flow Disturbance를 PID2(FC)에서 미리 바로 잡아 Tank Outlet 온도를 더 잘 유지(또는 조절) 할 수 있다는 것 입니다.

Cascade Control의 단점은 두개(PID1 & PID2)의 PID Loop를 Tuning해야 한다는 것 입니다.

■ **Cascade Loop가 있는데 어떻게 Tuning을 해야 하나요 라는 질문에 대한 간단한 답변은 !!!**

1> Slave Controller(Inner Loop)를 먼저 Tuning 합니다.

종종 Cascade Loop에서 Slave Controller는 P Control 만 하기도 하는데 왜냐하면 Slave Controller는 잔류 편차(Offset)을 없애는 것 보다는 공정 외란(Disturbance)에 의한 오차를 비례적으로 감소 시켜 주는 역할이 더 중요해서 입니다.

2> Slave Controller가 Auto/Remote 또는 Cascade Mode 상태에서 Master Controller를 Tuning 합니다

■ **Cascade Loop를 구성 하실 때 주의 하실 사항은 항상 Slave 쪽의 공정 동특성(Process Dynamics)이 Master 보다 빨라야 한다는 것 입니다 !!!**

즉 위의 보기와 같이 TC(Master) → FC(Slave) Cascade Loop는 가능 하지만 FC(Master) → TC(Slave) 와 같은 Cascade Loop는 좋은 Control 성능을 발휘 할 수 없습니다.