

국산 분산 제어 시스템의 PID 기능 블럭 개선(II)

변승현*, 박두용*, 정기섭**
*한전 전력연구원, **LG산전(주)

Improvement of a PID Function Block of a Domestic DCS

S.H.Byun*, D.Y.Park*, K.S.Jeong**
*KEPCO, KEPRI, **LG Industrial Systems

Abstract - Used analog control systems have been converted into digital control systems due to performance degradation and difficulty of maintenance. There are few domestic DCS (Distributed Control System)s that have been applied to power plant. To apply a domestic DCS to power plant, the reliability, redundancy, and fault tolerance of DCS is important. Besides those items, the control action of control function block is also important. In this paper, we describe the requirements that PID control function block has to have, and implement a PID control function block that satisfies those requirements. Finally, real control result using an implemented PID function block in thermal power plant shows the validity of an implemented PID control function block.

1. 서 론

마이크로 프로세서의 발달과 함께 산업현장에 등장한 분산제어시스템 관련 기술은 발전소 제어 시스템의 핵심적인 기술이며 선진국들이 기술이전을 기피하는 고급 첨단 기술이다. 현재 적용되어 있는 발전소 분산 제어 시스템의 대부분은 Bailey, ABB, Siemens, Westinghouse 사 등의 외국설비로써 일괄 계약 형태로 시스템 전체가 외국 회사의 설계에 의해서 도입 설치되어 있다. 이러한 상황에서 국산 분산제어 시스템의 기술확보와 기술 자립 차원에서 오래된 아날로그 제어 시스템의 디지털 제어 시스템으로의 개체 작업에 국산 분산 제어 시스템의 적용을 추진하고 있다[1]. 발전소에서의 국내 분산 제어 시스템의 적용은 데이터 로깅 시스템(DLS)이 주류를 이루고 있으며, 분산 제어 시스템이 설치되어 적용되었다 하더라도, 제어 시스템으로의 활용은 미비한 실정이다. 국산 분산 제어 시스템의 발전소에서의 제어 시스템으로의 적용을 위해서는 시스템의 안정화와 이중화, 제어 네트워크 관련 기술도 중요하지만, 제어를 담당하는 기능블럭의 기능 또한 매우 중요하다. 발전소 등의 대규모 공정 플랜트에서 사용하고 있는 대부분의 상용 제어기는 PID 제어기이며, 온도 루프를 제외한 대부분의 제어루프가 PI 제어기를 채용하고 있다[2]. PID 기능 블럭은 PID 제어 연산 뿐만 아니라, 상용 제어기로의 활용을 위해서는 여러 제어 운전 모드를 가지고 있어야 하며, 제어 모드간 전환시 범프가 없어야 하며, 그 밖의 여러 기능들을 구비하고 있어야 한다[2]. 본 논문에서는 분산 제어 시스템의 PID 기능 블럭이 가져야 할 기능을 기술하고, 기술한 내용을 토대로 실제 발전소에 적용한 국산 분산 제어시스템의 PID 기능블럭을 개선구현하고, 중용량 석탄 전소 화력 발전소에 적용하여 실제 운전 데이터를 통해 개선 구현한 PID 기능블럭의 효용성을 보이고자 한다.

2. 본 론

2.1 PID 기능 블럭 구현시 고려사항

본 절에서는 PID 기능블럭을 구현하는데 있어서 고려해야 하는 사항들 중 공정치와 설치치를 받아들이 처리하는 PID 연산 기능외에 산업응용을 위해서 PID 제어가 가져야 할 추가적인 기능에 대해서만 언급하도록 하겠다[3].

2.1.1 4가지 제어 모드의 수용

공정 제어의 특성상 PID 제어기는 수동 모드, 자동 모드, 리모트모드, 트랙 모드의 4가지 제어 모드를 수용하여야 한다.

2.1.2 제어 모드간 범프가 없는 전환

제어 모드간 전환시 제어 출력이 범프(bump)가 없게끔 해야하며, 적분항의 wind-up 방지기능도 가지고 있어야 한다. 수동 모드에서 자동 모드로 전환한다거나 트랙 모드에서 자동 모드로 전환시 제어 출력에는 범프가 없어야 한다.

2.1.3 선행 신호의 수용

경우에 따라서는 선행신호도 수용할 수 있어야 한다. 제어기에서 선행신호를 입력으로 수용하게끔 하여 선행신호의 존재로 인한 불필요한 외부로직의 추가가 필요없게끔 하는 게 좋다. 또한 기능블럭에서 튜닝 가능한 파라미터로 선행신호의 이득을 조절할 수 있게끔 하는게 제어기의 유용성을 높여준다.

2.1.4 제어 모드간 우선 순위 부여

제어모드간 우선순위도 고려하여 모드간 충돌이 일어날 경우에 자동이나 리모트 모드보다는 트랙이나 수동 모드의 우선순위가 높게끔 구성을 해야한다. 본 논문에서 구성하는 PID 제어기에서는 트랙 모드가 가장 높은 우선순위를 가지며, 그 다음에 수동 모드, 자동/리모트 모드 순위로 우선순위를 부여한다.

2.1.5 자동/리모트 모드전환에 대한 허가신호 수용

응용에 따라서 제어기는 자동 모드나 리모트 모드로 전환되어서는 안되는 경우가 있다. 즉 자동 모드나 리모트 모드로 전환 되기 전에 만족해야 할 조건이 있는 경우가 있다. 이러한 경우에는 운전원이 자동으로 제어기를 전환할 수 있도록 보호 장치를 해 놓아야 한다. 그래서 자동 운전 조건이 되지 않을 경우에는 운전원의 조작에 의해 자동 모드로 전환되지 못하도록 외부에서의 허가 신호를 입력으로 받는 기능이 구현되어야 한다.

2.2 개선 구현한 PID 기능 블럭

본 논문에서 구현한 PID 기능블럭의 외관은 그림 1과 같으며, 10개의 외부 입력과 8개의 외부 출력을 갖는다.

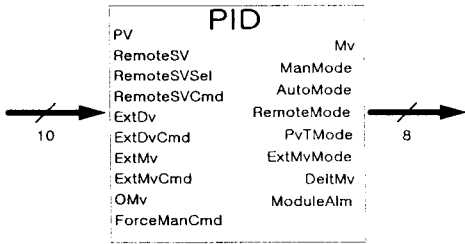


그림 1. PID 기능 블록의 외관

그림 1의 외부 입력과 외부 출력에 대한 설명은 표 1과 같으며, 이탤릭체로 쓰여진 항목은 디지털 값을 의미하며, 나머지는 아날로그 값을 의미한다.

표 1. 구현 PID 기능블록의 입출력 신호 설명

입력		설명
PV		공정값
RemoteSV		리모트 설정값
RemoteSVSel		리모트 모드 인에이블
RemoteSVCmd		리모트 모드 선택 스위치
ExtDv		에러입력
ExtDvCmd		에러입력 선택 스위치
ExtMv		트랙신호
ExtMvCmd		트랙모드 선택 스위치
OMv		선행신호
ForceManCmd		강제수동 선택 스위치 (자동/리모트 모드 허용 신호)
출력		설명
Mv		제어기 출력
ManMode		수동모드 상태 알림
AutoMode		자동모드 상태 알림
RemoteMode		리모트모드 상태 알림
PvTMode		설정값의 공정값 트랙 상태 알림
ExtMvMode		트랙모드 상태 알림
DeltMv		제어기 출력의 편차 출력
ModuleAlm		모듈 알람 출력

개선 구현한 PID 기능블록의 블록 다이어그램은 그림 2와 같다. 개선 구현한 기능블록의 주요 내부 파라미터를 나타내면 표 2와 같으며 각 파라미터에 대해 설명을 하면 다음과 같다.

표 2. PID 기능 블록의 주요 파라미터

항목	설명
[OMV]	선행신호에 대한 이득
[PVTCmd]	SV의 PV 트랙 스위치(0:해제, 1:트랙)
[N/RSel]	ΔMV 정/역 설정(1:정, -1:역)
[PVZERO]	PV의 ZERO 값
[PVSPAN]	PV의 SPAN 값
[PVH]	PV의 High Limit 값
[PVL]	PV의 Low Limit 값
[SVH]	SV의 High Limit 값
[SVL]	SV의 Low Limit 값
[ΔMVH]	+ ΔMV 상한치
[ΔMVL]	- ΔMV 하한치
[MVH]	MV의 상한치
[MVL]	MV의 하한치
[P]	비례대(퍼센트)
[I]	적분 시간(초)
[D]	미분 시간(초)
[PVTC]	PV의 필터상수(초)
[FST]	SV에 대한 Full Scale Travelling 시간

[OMV]는 PID 입력으로 들어오는 선행신호에 대한 이득이며, [PVTCmd]는 부울 설정치로, PID 제어기가 수동모드이거나 트랙 모드일 때 설정치가 공정치를 트랙할 지 여부에 대한 스위치를 가리킨다. 보통 수동 모드나 트랙 모드에서는 설정치가 공정치를 추종해야 자동 모드로의 전환시 범프가 생기지 않게 된다. [N/RSel]은 정역 설정으로, 제어기 동작을 정으로 할 것인가 역으로 할 것인가를 결정하는 중요한 파라미터이다. 역으로 설정하면 설정치를 크게 할 때 제어기 출력이 증가하는 방향으로 동작하고, 정으로 설정하면 설정치를 크게 할 때 제어기 출력이 감소하는 방향으로 동작하게 된다. [PVZERO]와 [PVSPAN]은 공정치의 공업단위의 범

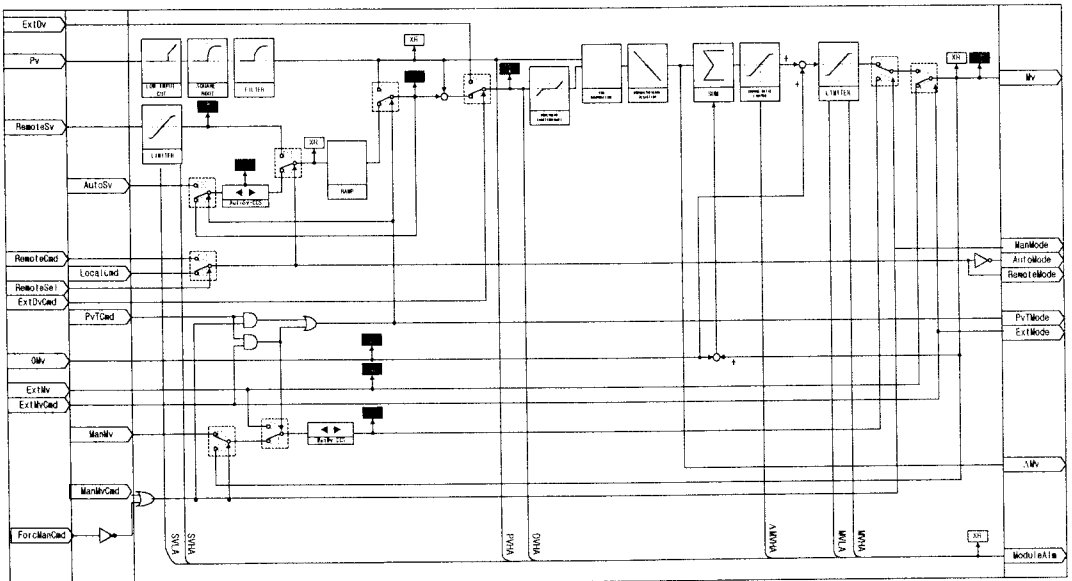


그림 2. 개선 구현한 PID 기능블록의 블록 다이어그램

위를 가리키는 것으로 PID 연산의 퍼센트 계산에 이용되어진다. [PVH]와 [PVL]은 공정치의 상한치와 하한치를 가리키는 것으로 입력으로 받아들이는 공정치에 대해 제어기 입력으로 작용할 때 제한을 둘 때 이용되어진다. [SVH]와 [SVL]도 설정치의 상한치와 하한치를 가리킨다. [MVH]와 [MVL]은 제어기 출력의 상한치와 하한치로 제어기 연산 값을 제한하는데 이용되어지며, [ΔMVH]와 [ΔMVL]은 속도형 PID 제어기의 제어기 출력의 변화분을 제한하는데 이용되어진다. 제어기 출력이 [MVH]보다 클 수 없으며, [MVL]보다 작을 수 없다. [P]는 비례대로 비례 이득과 구분되어야 하는 파라미터로 비례대의 역수에 100을 곱한 값이 비례이득에 해당하므로, 비례대 값 설정시에는 주의할 필요가 있다. [I]와 [D]는 적분시간과 미분시간에 해당한다. [PVTC]는 공정치에 대한 Lag 필드 시상수에 해당한다. [FST]는 설정치의 급작스런 변화에 대처하기 위한 설정치에 대한 속도 제한용 램프 기울기 설정항이다. 발전소 보일러 제어 로직 중 보일러 마스터 제어 로직을 개선 구현한 PID 기능 블록을 이용하여 구성하면 그림 3과 같다.

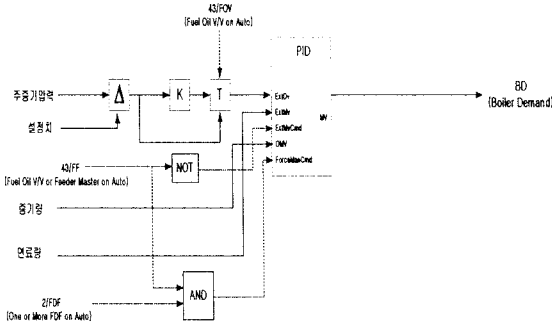


그림 3. 보일러 마스터 제어로직 구성도

보일러 마스터 제어 로직은 주증기 압력을 설정치로 유지하는게 제어의 목적이며, 주증기 압력과 유량을 이용하는 2요소 제어로 구성되어진다. 사용연료에 따라 제어기 이득이 다르며, 제어기가 받아들여 계산하는 에러값 또한 달라 외부에서 에러를 입력으로 받아들인다. 보일러 마스터 제어로직은 한 대 이상의 F.D.Fan이 자동 운전 중이고, 연료 계통이 자동 운전 중일 때만 자동 운전이 가능하며, 연료 계통이 수동 운전 중일 때는 연료량을 트랙하게 되어 있다. 그림 3의 보일러 마스터 제어 로직의 구성도는 언급한 사항들을 반영하고 있다. 그림 4는 개선 구현한 PID 기능블록을 실제 발전소에 적용하여 출력 증발시의 발전 운전 주요 데이터 트렌드를 보여주고 있다. 증용량 화력 발전소 모든 제어루프에 PID 기능블록을 적용하여 자동 운전을 통한 상업운전 중에 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 제어 시스템의 산업 응용을 위해서 필요한 PID 기능블록의 요구사항들을 기술하고, 기술한 요구사항에 기반하여 분산 제어 시스템의 PID 기능블록을 개선 구현하고, 증용량 화력발전소에 실제 적용하여 주요 운전 데이터를 통해 구현한 PID 기능블록의 효용성을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한진 전력연구원, "발전소 보일러용 디지털 분산제어시스템 개발(I)", 중간보고서, 1999
- [2] 변승현, 마복렬, "디지털 PI 제어기 구현에 관한 고찰", 시뮬레이션 학회, 춘계학술대회, 2000
- [3] 변승현, 마복렬, "국산 분산 제어 시스템의 PID 기능블록 개선", 대한전자공학회, 하계종합학술대회, 2000
- [4] 한진 전력연구원, "호남화력 보일러 제어 로직 설명서", TM, 2000
- [5] KATSUHIKO OGATA, "Discrete Time Control Systems", Prentice-Hall, 1987
- [6] Eurotherm, "LIN Blocks Reference Manual", 1993

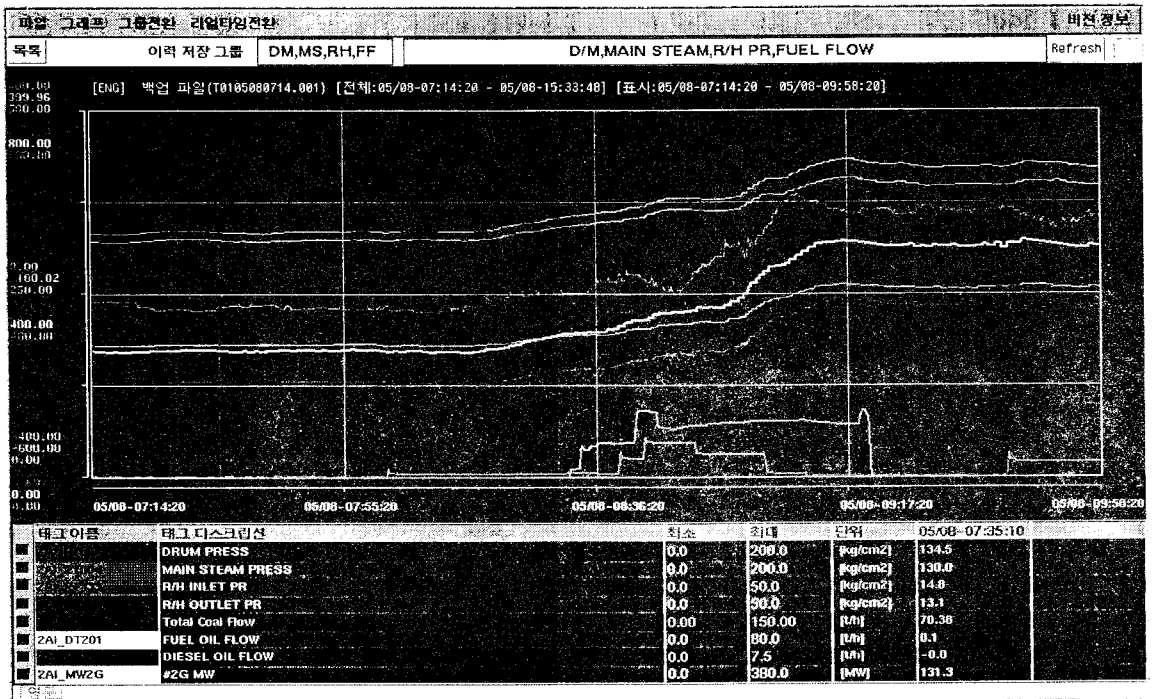


그림 3. 발전 운전 주요 데이터 트렌드