

Chapter 7. Instrumentation Documents

계측 문서는 한 장에 모든 정보를 넣지 않는다. 목적에 따라 도면을 나누고, 필요한 수준까지 확대하여 본다.

1 용어 정의

1.1 PFD: Process Flow Diagram

공정의 큰 흐름을 보는 도면이다.

주요 Vessel, Pipe, Equipment와 유체 및 에너지의 흐름을 나타낸다. 계측·제어의 상세 연결은 거의 표현하지 않는다.

핵심 질문: 공정이 어디서 시작하여 어디로 흐르는가?

1.2 P&ID: Process and Instrument Diagram

공정과 계측·제어 관계를 함께 보는 도면이다.

PFD의 공정 정보에 Instrument, Controller, Final Control Element, Signal Connection, Loop Number와 설치 위치를 추가한다.

핵심 질문: 무엇을 측정하고, 누가 판단하고, 무엇을 조작하는가?

1.3 Loop Diagram

한 개의 Control Loop를 실제 연결 수준까지 나타낸 도면이다.

Wiring, Cable, Terminal, Junction Box, Panel, Grounding, Signal Range와 Calibration 정보를 확인할 수 있다. 일반적으로 왼쪽에는 Field Instrument, 오른쪽에는 Control Panel을 배치한다.

핵심 질문: 이 신호가 실제로 어떤 경로를 따라 전달되는가?

1.4 Functional Diagram

제어전략과 알고리즘을 나타내는 도면이다.

실제 설치 위치나 배선보다 PID, Cascade, Setpoint, Auto/Manual, Analog/Discrete Signal의 기능 관계에 초점을 둔다.

핵심 질문: 이 시스템은 어떤 논리로 제어하는가?

1.5 Instrument Tag

계기의 대상 변수, 기능, 소속 Loop를 나타내는 식별자이다.

$$\text{Tag} = \text{Variable} + \text{Function} + \text{Loop Number}$$

예를 들어 FIC42는 다음과 같이 읽는다.

- F: Flow
- I: Indicate
- C: Control
- 42: Loop Number

따라서

$$\text{FT42} \longrightarrow \text{FIC42} \longrightarrow \text{FV42}$$

는 측정 → 판단 → 조작의 흐름이다. 같은 번호 42는 같은 Control Loop에 속함을 뜻한다.

1.6 Instrument Bubble과 Line Type

Instrument Bubble은 계기의 설치 위치를 나타낸다.

- 선 없는 원: Field Mounted
- 선 있는 원: Panel 또는 Control Room Mounted
- 여러 Bubble을 사각형으로 묶음: 하나의 Physical Instrument에 여러 기능

Line Type은 무엇이 전달되는가를 나타낸다. 공정 유체, 전기 신호, 공압 신호, 유압 신호, Data Link 등을 구분한다.

Tag = 무엇을 하는가? Bubble = 어디에 있는가? Line = 무엇이 전달되는가?

2 용어 간 관계

$$\text{PFD} \longrightarrow \text{P\&ID} \longrightarrow \text{Loop Diagram}$$

오른쪽으로 갈수록 범위는 좁아지고 상세도는 높아진다.

도면	보는 대상	핵심 질문
PFD	공정 전체의 흐름	어디로 흐르는가?
P&ID	공정과 계측·제어 관계	무엇이 측정·판단·조작하는가?
Loop Diagram	한 Loop의 실제 연결	신호가 어디를 통과하는가?
Functional Diagram	제어전략과 알고리즘	어떤 논리로 제어하는가?

Functional Diagram은 단순히 더 상세한 도면이 아니다. PFD-P&ID-Loop Diagram이 설비를 확대해 보는 축이라면, Functional Diagram은 **Control Strategy만 따로 보는 축**이다.

3 문제 해결 스토리

상황

탱크의 LT201 현장값은 정상인데, 제어실의 LIC201에는 0%가 표시된다.

1단계: PFD로 공정 전체를 본다

유체와 에너지가 어디에서 공급되고 어디로 흐르는지 확인한다. 공정 자체가 성립하지 않는다면 이 단계에서 원인을 찾는다.

2단계: P&ID로 제어 관계를 본다

LT201, LIC201, LV201의 관계를 확인한다. 중간에 Converter, Relay 또는 다른 기능이 있는지도 확인한다.

LT201 → LIC201 → LV201

3단계: Loop Diagram으로 신호를 추적한다

현장값이 정상인데 제어실 표시만 이상하므로 이 단계가 우선이다. Cable, Wire, Terminal, Junction Box, Power, I/O Card와 Signal Range를 따라간다. 이 과정에서 신호가 끊긴 지점을 찾는다.

Loop Diagram의 Input/Output Calibration 정보는 각 구간의 정상 여부를 판단하는 기준이 된다.

Input → Instrument → Output

또한 계기의 동작 방향을 확인할 수 있다.

Direct Acting: $Input \uparrow \Rightarrow Output \uparrow$

Reverse Acting: $Input \uparrow \Rightarrow Output \downarrow$

4단계: Functional Diagram으로 제어 논리를 본다

배선과 신호가 정상인데 제어기의 반응이 이상하면 제어전략을 확인한다. 예를 들어 다음 구조는 Level Controller의 출력이 Flow Controller의 Setpoint가 되는 Cascade Control이다.

LT → LIC $\xrightarrow{SP}$ FIC → FCV

문제 해결의 기준은 도면의 고정 순서가 아니라 **문제의 종류**이다. 공정 이상은 PFD, 기능 관계는 P&ID, 신호 경로는 Loop Diagram, 제어 논리는 Functional Diagram에서 확인한다.

4 핵심 암기 구조

1. **PFD**: 공정을 본다.
2. **P&ID**: 계측·제어 관계를 본다.
3. **Loop Diagram**: 실제 연결을 본다.

4. **Functional Diagram:** 제어전략을 본다.
5. **Tag:** 계기의 역할과 Loop를 읽는다.
6. **Bubble:** 계기의 설치 위치를 읽는다.
7. **Line Type:** 전달되는 대상을 읽는다.

공정을 보고(PFD), 제어구조를 찾고(P&ID),
배선을 따라가고(Loop), 제어논리를 확인한다(Functional).