

# 보일러 드럼 레벨 트랜스미터 교정

## 핵심 사항

- 변동하는 레벨이나 유입수와 방출증기의 유속은 계측 오류를 초래할 수 있습니다.
- 압력 및 온도 열역학, 증기 드럼의 형상 및 연속 방정식으로 트랜스미터를 교정합니다.
- 트랜스미터의 영점 엘리베이션 및 스패น(zero elevation and span)을 확인해 해당 트랜스미터가 원하는 값으로 교정 가능한지 확인합니다



## 어플리케이션 개요

증기 드럼 레벨은 매우 중요하면서 동시에 매우 어려운 측정입니다. 드럼 내 레벨은 정확히 제어해야 합니다. 너무 높은 레벨은 증기 배관에 물이 흘러들어가는 결과를 초래합니다. 너무 낮은 레벨은 증발관(generating tube)을 노출시켜서 드럼 내 물이 퍼니스 관(furnace tube)을 냉각시키지 못해 퍼니스 관의 손상을 초래하게 됩니다.

여러가지 이유로 인해 이 측정은 매우 어렵습니다. 증기 드럼 자체가 완벽한 수평 상태가 아닙니다. 심지어 정상 상태 조건에서도 드럼 내 난류가 레벨의 변동을 초래합니다. 또한, 유입수 및 방출 증기의 유속은 측정 오류를 초래할 수 있습니다.

차압 트랜스미터를 사용해 보일러 증기 드럼 레벨 측정 시에는 액체의 물성을 고려해야 합니다.

- 증기 드럼은 포화 조건에서 물과 증기의 2상(phase) 혼합물을 포함합니다.
- 물과 증기의 밀도는 포화 온도 또는 압력에 따라 변합니다.
- 물 위의 포화 증기 밀도는 물론 드럼내 포화 물의 밀도를 고려해야 합니다.

이 기술 자료에서는 이러한 요소들을 고려해 트랜스미터를 교정하는 방법에 대해 설명합니다.

공정 과정

그림 1은 해당 공정 프로세스에 대해 간략히 보여줍니다. 우리가 정의한 바와 같이 레벨은 길이 단위로 측정되며, 여기서는 인치로 측정합니다. 한편 차압은 물 열 차압의 인치로 측정됩니다. 이 두 가지가 약간 혼동될 수 있지만 같은 것은 아닙니다. 한 작동 조건하의 1인치 높이의 물 열은 다른 조건하의 동일 높이의 물 열과 동일한 정수압(hydrostatic head pressure)을 가하지 않습니다. 그 이유는 차압을 측정하고 길이 단위로 그 값을 읽기 위한 것입니다.

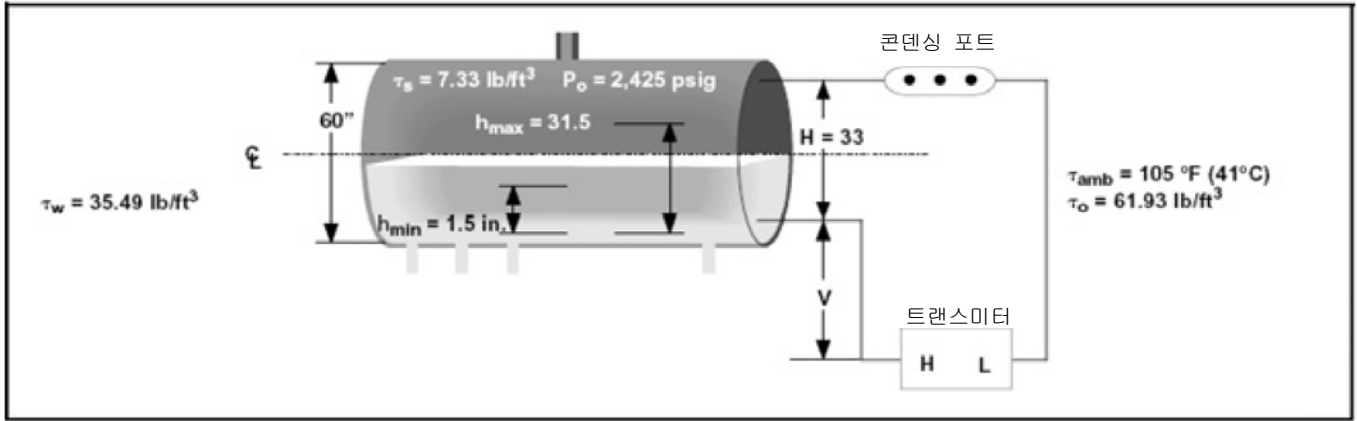


그림 1: 보일러 증기 드럼

트랜스미터 교정을 정의하는데 필요한 단계는 압력 및 온도의 열역학 작동 조건, 증기 드럼의 형상, 그리고 연속 방정식을 사용합니다. 이 교정은 한 가지의 작동 조건 조합만을 가정합니다. 실제의 경우 작동 파라미터는 보일러 부하 및 주변 온도 등 기타 요소들에 의해 달라집니다. 이러한 이유로 3개 요소가 있는 급수 제어 시스템의 경우에는 종종 드럼 레벨 측정과 설계 작동 드럼 압력과의 편차에 대한 보상이 필요합니다. 또한, 플랜트 가동시 드럼 레벨, 즉 0 psig부터 최대 작동 압력사이의 값을 알면 편리합니다. 이 경우 다이내믹 압력 및 온도 보상을 위해서는 별도의 컴퓨터 장치가 필요합니다.

교정의 첫번째 단계는 공정 변수들을 정의하는 일입니다 (그림 1 참조).

- Po = 상단 탭에서의 증기 드럼내 정압력
- Ph = 트랜스미터 상단에서의 정압력
- Pl = 트랜스미터 하단에서의 정압력
- ts= 작동 조건에서 포화 증기 밀도
- tw= 작동 조건에서 포화 물 밀도s
- to= Wet leg 또는 기준 leg 의 물 밀도
- H = 상단 및 하단 드럼 탭간의 거리
- h = (하단 탭으로부터 측정된) 드럼 레벨
- hmax = (하단 탭으로부터 측정된) 최대 허용 레벨
- hmin = (하단 탭으로부터 측정된) 최소 허용 레벨
- ℓ = 증기 드럼의 중앙 선
- V = 하단 탭으로부터 트랜스미터까지 수직 거리

## 솔루션

아래의 연속 방정식을 사용합니다.

$$P_h = P_o + (H-h)(\tau_s) + H(\tau_w) + V(\tau_d)$$

$$P_l = P_o + H(\tau_d) + V(\tau_d)$$

$$\text{따라서, } \Delta P = H(\tau_s - \tau_d) + (\tau_w - \tau_s)$$

이 방정식은 트랜스미터에서의 차압을 계산합니다. 드럼 레벨이 최소일 때 차압이 가장 높으며, 레벨이 최대일 때 차압이 가장 낮습니다. 따라서, 레벨이 높아지면 출력 신호가 커지도록 트랜스미터 영점도 높아져야 합니다.

이 교정을 수행하기 위해서는 증기의 열역학 특성표를 사용해 다음 절차를 수행합니다.

1.  $h_{min}$  및  $h_{max}$ 를 결정합니다. 이는 보일러의 안전 작동을 위해 허용되는 최소 및 최대 레벨입니다. 증기 드럼의 하단 탭으로부터 측정됩니다.
2. 포화 증기 표를 사용해, 드럼 작동 압력에서  $\tau_w$ 와  $\tau_s$ 의 값을 찾습니다.  $\tau_o$ 의 값은 주변 온도 및 드럼 작동 압력에서 기준 또는 wet leg의 압축된 물(Compressed water)의 값입니다. 압축 물 표가 없을 경우 주변 온도에서 포화 물의 비체적의 역수를 사용합니다. 물은 거의 압축이 불가능하므로 이는 드럼 측정에 대해 어느 정도의 정확도를 확보해 줍니다.
3. 다음을 가정합니다.
  - 증기 드럼의 내경은 60 인치
  - $H = 33$  inches (83.82 cm)
  - $P_o = 2,425$  psig (설계 작동 압력)
  - $T_{ambient} = 105$  °F (41 °C)
  - $h_{min} = 1.5$  inches (3.81 cm)
  - $h_{max} = 31.5$  inches (80.01 cm)
  - 요구되는 레벨 측정값은 -15 ~ 15 inch입니다(표준 표시계의 범위)
4. 방정식 풀이
  - 2,425 psig에서 포화상태 물의 비체적 (specific volume)은  $0.02817 \text{ ft}^3/\text{lb}$ ,  $\rightarrow \tau_w = 35.49 \text{ lb}/\text{ft}^3$ 입니다.
  - 2,425 psig에서 포화상태 물의 비체적 (specific volume)은  $0.1364 \text{ ft}^3/\text{lb}$ ,  $\rightarrow \tau_s = 7.33 \text{ lb}/\text{ft}^3$ 입니다.
  - 105 °F에서 포화상태 물의 비체적 (specific volume)은  $0.01615$ ,  $\rightarrow \tau_o = 61.93 \text{ lb}/\text{ft}^3$ 입니다.

모든 단위를 물높이(water column)에 대한 압력 단위로 변환하기 위해 상기 식을 기준 조건으로 수정합니다. 그러기 위해서는  $\tau_o$ 로 나눕니다.

$h_{min}$  에서 트랜스미터 출력은 4mA dc가 됩니다.

$$\begin{aligned} \Delta P &= (H[\tau_s - \tau_o] + h_{min}[\tau_w - \tau_s] \div \tau_o) \\ &= [33(7.33 - 61.93) + 1.5(35.49 - 7.33)] \div 61.93 \\ \Delta P &= \underline{-28.41} \text{ inH}_2\text{O} \end{aligned}$$

이것이 트랜스미터의 영점 엘리베이션(zero elevation)에서 요구되는 값입니다.

$h_{max}$ 에서 (트랜스미터 출력은 20 mA dc가 됩니다.)

$$\begin{aligned} \Delta P &= [33(7.33 - 61.93) + 31.5(35.49 - 7.33)] \div 61.93 \\ \Delta P &= \underline{-14.77} \text{ inH}_2\text{O} \end{aligned}$$

따라서, 트랜스미터의 스패는 다음과 같습니다.

$$28.41 - 14.77 = \underline{13.64} \text{ inH}_2\text{O} \text{ 차압}$$

마지막으로, 트랜스미터 사양에 대해 영점 엘리베이션 및 스패(zero elevation and span)을 확인해 해당 트랜스미터가 원하는 값으로 교정 가능한지 확인합니다.

## 요약

드럼 레벨 트랜스미터가 적절히 교정되면, 실측 값 범위(일반적으로 -15 to 15 inch)의 중간 지점은 '0' 또는 중간 눈금입니다. 이는 드럼 레벨 제어기에 대해 일반적으로 요구되는 값입니다. 그러나, 일부 어플리케이션의 경우 이 지점이 '0'보다 작을 수도 있고 보일러에 따라 달라질 수 있습니다.

드럼 레벨 또는 기타 어플리케이션에 대한 트랜스미터 선정과 관련된 문의 사항은 Rosemount 본사 또는 해당 대리점으로 연락하십시오.

### 드럼 레벨 교정 연습하기

드럼 압력 ( $P_o$ ) \_\_\_\_\_

탭간 거리 (H) \_\_\_\_\_

주변 온도 \_\_\_\_\_

최소 레벨 ( $h_{min}$ ) \_\_\_\_\_

최대 레벨 ( $h_{max}$ ) \_\_\_\_\_

드럼내 물 밀도 ( $\tau_w$ ) \_\_\_\_\_ (드럼 압력에서 포화 물 비체적의 역수)

드럼내 증기 밀도 ( $\tau_s$ ) \_\_\_\_\_ (드럼 압력에서 포화 증기 비체적의 역수)

기준 관내 물 밀도 ( $\tau_o$ ) \_\_\_\_\_ (주변 온도에서)

$$\Delta P_{min} = [H(\tau_s - \tau_o) h_{min}(\tau_w - \tau_s)] \div \tau_o$$

$$[\text{_____}(\text{_____} - \text{_____}) + \text{_____}(\text{_____} - \text{_____})] \div \text{_____}$$

$\Delta P_{min} = \text{_____}$  이는 영점 엘리베이션 값입니다. (트랜스미터 출력은 4 mA입니다.)

$$\Delta P_{max} = [H(\tau_s - \tau_o) h_{max}(\tau_w - \tau_s)] \div \tau_o$$

$$[\text{_____}(\text{_____} - \text{_____}) + \text{_____}(\text{_____} - \text{_____})] \div \text{_____}$$

$\Delta P_{max} = \text{_____}$  (트랜스미터 출력은 20 mA입니다.)

$$\text{Span} = \Delta P_{max} - \Delta P_{min} = \text{_____}$$

**성남본사**

경기도 성남시 중원구 상대원동 513-14 시콕스타워 12층 TEL : 02-3438-4600 / FAX : 02-552-2365

RMD.Korea@emerson.com / www.emersonprocess.co.kr

**여수지사**

555-807 전라남도 여수시 학동 43-7

진남빌딩 5층

TEL : 061-686-4600

FAX : 061-685-0275

**대산지사**

356-800 충청남도 서산시 동문동 199-13층

TEL : 041-669-2330

FAX : 041-669-2338

**울산지사**

680-815 울산광역시 남구 삼산동 1560-4

동원빌딩 203호

TEL : 052-273-2588

FAX : 052-273-2377

Rosemount와 Rosemount 로고는 Rosemount Inc.의 등록상표입니다. 다른 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다.



추가 정보:  
www.rosemount.com

