



# The Engineer's Guide to Level Measurement

**ROSEMOUNT**<sup>®</sup>



**EMERSON**<sup>™</sup>  
Process Management

레벨측정

레벨 계측 기술

Rosemount 레벨제품

레벨의 응용 및 기술의 선택

적용 사례에 따른 기술 자료

안전 루프(safety loops)

제품 승인 및 인증

용어사전 / 자주 묻는 질문

참고자료

1. 레벨측정 \_\_\_\_\_ 5

2. 레벨 계측 기술 \_\_\_\_\_ 27

3. Rosemount 레벨제품 \_\_\_\_\_ 43

4. 레벨의 응용 및 기술의 선택 \_\_\_\_\_ 63

5. 적용 사례에 따른 기술 자료 \_\_\_\_\_ 83

6. 안전 루프(safety loops) \_\_\_\_\_ 159

7. 제품 승인 및 인증 \_\_\_\_\_ 165

8. 용어사전 / 자주 묻는 질문 \_\_\_\_\_ 173

9. 참고자료 \_\_\_\_\_ 195





## 레벨 측정

| Topic                | Page |
|----------------------|------|
| 1.1 레벨 측정의 이유        | 6    |
| 1.2 레벨 관련 용어         | 7    |
| 1.3 기기 선택            | 12   |
| 1.4 레벨 계측 기술의 분류     | 16   |
| 1.5 유전상수 및 레이더 레벨 계측 | 19   |
| 1.6 압력 기반 레벨 계측      | 24   |

# 1. 레벨 측정

계측 절차를 안전하고 수익성 있게 진행하기 위해서는 신뢰할 수 있는 정확한 기기를 갖추는 일이 필수적이다. 레벨 계측의 기본은 탱크와 원자로 또는 기타 다른 베슬 내부의 표면 위치를 결정하는 것이다. 조금 더 정확하게 말하자면, 레벨을 계측하는 것은 하나의 기준점(보통 베슬의 바닥)과, 액체나 고체의 가장 상부 혹은 두 액체의 간 거리를 결정하는 일인 것이다. 여러 가지 프로세스를 적용할 때, 탱크, 원자로 또는 기타 다른 베슬 안에 존재하는 액체의 레벨을 정확하게 조절하는 일이 중요하다.

재고 관리를 위해 종종 레벨을 계측한다. 재고 관리 잘하려면 정확한 레벨계측이 필요하다. 제품의 레벨을 계측하는 여러 장치나 시스템은 시중에서 구입할 수 있다. 각각의 기기는 공통적으로 레벨을 정확하게 계측하도록 고안되었으나, 저마다 작동되는 방식이 다르고 계측의 정확성에서도 차이가 난다. 레벨 계측에는 감지 기기나 요소 또는 시스템 그리고 베슬 내부의 물질 간의 상호작용 과정이 포함된다.

여기서는 레벨을 계측하는 가장 보편적인 이유를 소개하고 레벨을 계측하는 여러 기술이 다른 이유는 무엇이며, 어떻게 다른지 설명하고자 한다. 이를 통해 특정 경우에 사용되는 레벨 계측 장치를 선택할 수 있고, 레벨 계측 제품의 이점과 한계가 무엇인지에 대해서도 이해할 수 있을 것이다.

## 1.1 레벨을 측정하는 이유

### 1.1.1 재고관리

레벨을 계측하는 주된 이유는 재고의 부피나 중량을 계속 파악하기 위함이다. 업계에서는 재고관리의 중요성이 증대되었다.

탱크 내의 재고를 계측하는 경우 레벨을 계측함으로써 신뢰성 있고 정확한 물품관리가 가능하다.

온도, 압력 그리고 수위를 계측하는 것 역시 재고를 관리하는 방법이다. 지난 몇 년 동안 재고관리의 중요성을 증대되어 왔으며, 이는 저장 베슬의 내용물을 사용하는 작업자에게뿐만 아니라, 회사의 간부, 회계, 손실 및 누출 관리자 등을 포함한 전체 회사에게도 마찬가지이다. 이처럼 중요성이 증대된 이유는 안전과 소유비용, 그리고 보관 물품의 가치에 초점을 맞추는 경향이 증가하였기 때문이다. 레벨 계측은 이제 1/8인치 (3mm) 이상의 정확성을 요구하는 것이 보편적이다.

### 1.1.2 소유권의 이동

상거래용 물질의 양 (소유권의 이동)은 많은 경우, 부피나 중량으로 변환된 (수학적 방정식이나 스트래핑 테이블(strapping tables) 이용) 레벨 계측에 기초를 두고 있다 (12 페이지의 스트래핑 테이블 참조). 소유권이 이동되는 상황에서는 레벨 계측도구의 정확성이 매우 높은 수준이어야 한다. 계측된 레벨이 1/8 인치(~3mm)만 차이가 나도 매우 큰 오류가 발생된다.

소유권의 이동에는 법률적 이동과 상업적 이동이라는 두 가지 주된 유형이 있다. 상업적 소유권 이동은 양측이 부피 계측의 정확성과 계측에 사용된 기기에 동의하는 경우 발생된다. 법률적 소유권 이동은 더욱 엄중하며, 기상학상으로 승인된 기기를 필요로 한다. 이러한 기기는 사용하기에 앞서 법률적 유형의 승인을 거쳐야 하며, 일반적으로 1/16 인치(1mm) 이상의 계측 정확성을 지닌다. 소유권이 이동되는 물품에 사용하는 레벨 계측 기기에 대한 도움말이나 권장사항은 API Manual of Petroleum Measurements(MPMS) 3.1 B장 및 OIML R85에서 확인할 수 있다. 국가별로 준수해야 할 각 국내 승인 사항을 가지고 있는 나라들도 있다.

### 1.1.3 프로세스의 효율성

레벨 계측이 정확하면 효율성이 증대된다. 예를 들어, 석유 탱크 집합 지역은 특정한 양의 물질을 항상 보유하고 있어야 하는데 저장 탱크가 전용량(全容量)까지 채워지지 않는다면, 시설은 추가적인 저장 베슬을 구입하고 관리하기 위해 불필요한 비용을 허비해야 할 것이다. 그림 1.1.1의 보관 탱크는 석유 탱크 집합 지역에 새로운 탱크를 구입할 필요가 있기 전, 생산물을 추가로 60 단위(unit) 보관할 수 있다. 저장 공간을 효율적으로 사용함으로써 추가적인 보관 베슬을 구입하는 데 필요한 추가 비용을 지출하지 않을 수 있게 된다.

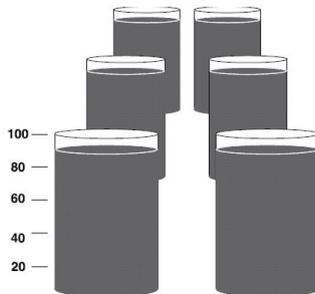


그림 1.1.1 : 저수 효율

## 1.1.4 안전성

레벨은 안전상의 이유로도 계측된다. 수용할 수 있는 양 이상으로 베슬을 채우게 되면 위험 상황이 발생할 수 있다 - 열린 형태의 베슬에서 유체가 넘치거나 흐를 수 있다. 베슬 내의 물질이 부식성이거나 반응성, 또는 뜨겁거나 가스성의 위험한 물질인 경우, 유체가 흐르거나 베슬에 과도한 압력이 가해지면 대참사가 일어날 수 있다. 레벨의 변화를 감지하여 탱크가 새지 않는지 확인하는 것 역시 이러한 위험한 물질들을 다룰 때 중요하다. 베슬 내 유체가 흐르거나 새는 것을 방지하는 일은 환경 관련 규약을 준수하는 데 있어 중요하다

## 1.1.5 지속적 공급

안정적인 입력(input)과 출력(output)은 많은 프로세스에 있어 필수적이다. 공급 속도가 각기 다르거나 공급 라인 상 급증 현상이 발생하면 지속적으로 공급을 유지하는 일은 어려워질 것이다. 공급과 프로세스 간 보관 베슬은 완충장치의 역할을 한다. 유입에 변동이 있어도 유출을 일정하게 유지해주는 것이다(그림 1.1.2). 보관 베슬 내의 프로세스 레벨이 적절한 범위 내로 항상 유지되면, 보관 베슬로의 공급 속도는 보관 베슬에서 프로세스로의 공급 속도에 영향을 미치지 않고 변화한다.

지속적인 공급은 펄프와 종이 산업에서 제품의 품질과 직접적으로 연결이 된다. 펄프 및 종이 산업에서는 모든 종이의 두께가 동일해야 하기 때문이다.

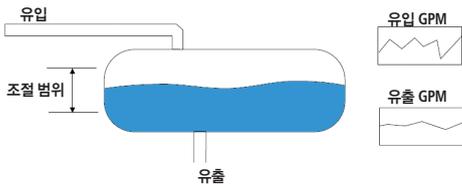


그림 1.1.2: 지속적인 공급의 보장

## 1.2 레벨 관련 용어

탱크, 원자로 혹은 기타 다른 베슬 내의 제품 레벨을 정확하게 조절하는 일은 많은 기기에서 중요하다. 조절을 잘 하기 위해서는 정확한 계측이 필수적이다. 여기서는 레벨 기술

기기의 개념과 용어를 살펴보고, 이러한 기기들이 작동하는 방법, 그리고 레벨 계측에 의해 달라지는 물질의 특성(예를 들면, 부피나 밀도)에 대해 소개하고자 한다.

레벨 계측은 일반적으로 피트(feet)나 미터(meter)로 표현된다. 레벨은 베슬이 차 있는 비울이나 계측된 범위에 대한 퍼센트로 표현될 수도 있다. 예를 들어, 그림 1.2.1 베슬의 레벨은 9피트(2.7m)나, 90% full, 또는 계측 범위의 50%로 표현될 수 있다. 계측 범위란 레벨 트랜스미터(LT)가 특정한 베슬 내에서 계측할 수 있는 가장 낮은 레벨과 가장 높은 레벨 간의 거리를 의미한다. 그림 1.2.1에서 계측된 범위는 8 - 10 피트(2.45 - 3 미터)이다.

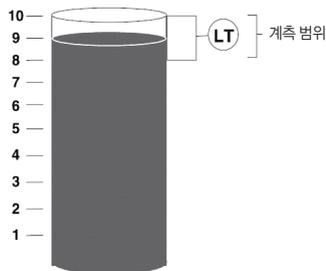


그림 1.2.1: 레벨 계측

## 1.2.1 표지 vs. 조절

레벨 계측 계기장치로 현장의 레벨 확인이 가능하다. 작업자는 계기장치를 사용하여 계측된 것을 해석하고 적절한 행동을 취해야 한다. 레벨 계측 계기장치가 장착된 시스템을 개방형 루프 컨트롤 시스템(open-loop control systems)이라 한다. 또한 자동 컨트롤 시스템의 눈금을 매길 때 종종 계기장치를 사용하기도 한다.

베슬 내 레벨을 전기적으로 조절하는데 자동 컨트롤 시스템 또는 폐쇄형 루프 시스템(closed-loop systems)을 사용할 수 있다. 트랜스미터와 결합된 레벨 계측 기기는 베슬 내 레벨에 비례하는 전기 조절 신호를 발생시킨다. 다른 기기(예를 들면 밸브나 펌프)를 작동시키는 컨트롤러가 이 신호를 수신하는데, 이는 차례로 베슬 내 외부로 흐르는 제품의 양을 조절한다. 자동 조절 기능이 있는 베슬에 레벨 계측 계기장치를 포함시킬 수도 있다.

## 1.2.2 탱크 게이징 시스템, 연속 레벨 혹은 포인트 레벨

### 탱크 게이징 시스템

원자재가 시설로 들어가거나 중간 탱크에 보관하는 경우나 제품으로 완성되어 물품관리나 소유권 이동 시스템이 요구될 때, 사용자가 기기를 사용하는 경우 탱크 게이징 시스템이 사용된다. 이러한 탱크의 높이는 일반적으로 33 ~ 100ft(10-30 미터)이다. 예외적으로, 첨가제 탱크는 더 작을 수 있다. 요구되는 정확도는 약 1-3mm로 높은 수준이다.

전형적인 탱크 게이징 기기:

- 단자, 파이프라인, 창고 및 기타 다른 보관 시설의 대형 보관 탱크
- 정유 공장의 수신기/중간/완료 제품 보관 탱크
- 화학, 아스팔트, 전기 시설 및 항공 연료 창고의 일부 대형 원자재 및 제품 보관 탱크

탱크 게이징 시스템에는 레벨뿐만 아니라, 일반적으로 온도, 압력, 저수저 계측이 포함된다. 통신장치, 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어 역시 시스템 솔루션에 포함된다. 계측값은 소유권 이동(상업적 및 법률적 목적), 재고 계산, 운영 및 안전 상의 목적으로 실제 부피를 산출하는데 사용된다. 금전적인 청구서 발부의 목적에 계측의 결과치가 종종 이용되며, 계측의 결과는 매우 정확하고 반복 가능하며 API MPMS 3.1B 및 OIML R85 또는 국내 정확도 기준을 준수해야 한다. Rosemount 탱크 게이징 시스템은 이러한 국제 기준을 준수하며, 많은 국가에서 정부 당국이 그 정확성을 승인했다. 기기의 정확도는 +/-0.5mm이다.

### 연속 레벨 트랜스미터

레벨 트랜스미터는 대규모 기계류의 시설 내에서 사용된다. 레벨 계측은 보통 컨트롤 시스템에 대해 독립적인 입력이다. 계측의 신뢰성과 반복성이 정확히 읽는 것보다 더 중요하다. 요구되는 정확도는 보통 5-10mm의 범위이다.

연속 레벨 트랜스미터는 화학, 오일 및 가스, 전기, 정제, 펄프 및 종이, 채굴, 제약, 식품 및 음료 그리고 기타 다른 프로세스 시설을 포함한 모든 산업에서 이용된다. 이러한 탱크 대다수의 크기와 모양이 다양하지만, 대부분은 높이가 60ft (18m) 이하이다. 많은 레벨 기기들은 베슬 내 직접 존재하지 않고, 해당 레벨 영역 옆 베슬 외부에 존재하는 바이패스 챔버

(bypass chamber)에 존재한다.

이러한 기기들이 시설 프로세스 내부에 존재하면 계측 시 발생하는 어려움의 정도가 다양할 수 있다. 중간 버퍼나 침강 탱크는 그 중 적용이 쉬운 기기에 속한다. 챔버 내부를 계측하는 것도 보편적이거나, 제품이 혼합되거나 휘어지는 위치의 회전식 리액터(batch reactor)와 탱크에도 다른 형태의 어려움이 존재한다.

### 포인트 레벨

싱글 포인트 고레벨 및 저레벨 경고를 위해 연속 레벨 계측과 함께 종종 스위치가 사용된다. 그러나 스위치는 단순히 가득 차 있거나 비어 있는 상태를 표시하기 위해 단독으로 사용되기도 한다. 사이즈와 공간의 제약과 기기의 상태로 전기 스위치 또는 플로트(Float) 스위치인지를 결정한다.

### 기기에 따른 기술 선택

사용자의 각기 다른 요구사항을 이해하면 포인트/연속 레벨 계측과, 탱크 게이징 시스템 중 어떤 것을 선택할 것인지 보다 쉬워진다. 4장에는 수 많은 기기들이 나열되어 있으며, 적절한 기술에 대한 권장사항과 핵심적인 설치 정보 및 그 실제 적용에 대해 설명하고 있다. 기기를 응용하는 모든 상황에 대해 설명하는 것이 비실용적이므로, 본 장에서는 여러 산업에서 찾아볼 수 있는 매우 일반적인 응용과 특정한 어려움이 존재하는 몇 가지 활용에 대해 개관하고자 한다. 다양한 기술이 사용되는 예에 대해서도 살펴볼 것이다. 그러나 어떤 기술을 선택할 것인지 최종적으로 선택할 때는 적용 시의 조건과 설치 상의 제약, 기술의 역량을 고려해야 할 것이다.

## 1.2.3 접촉식 vs. 비접촉식

접촉식 계측에서, 계측 시스템의 일부는 베슬의 내용물에 직접적으로 접촉한다. 웨이브 레이더(wave radar), 플로트 및 딥 스틱(dipsticks)이 접촉식 계측 기술의 예이다.

비접촉식 계측에서는 계측 시스템은 베슬의 내용물에 직접적으로 접촉하지 않는다.

비접촉 방식은 계측하는 유체가 연마성이거나, 응고되거나, 점성이 있거나, 오염되어 있거나, 부식성일 때 주로 사용된다.

## 1.2.4 Bottom-up vs. top-down 측정

top-down 계측은 누수의 위험이 적으며(그림 1.2.2), Top-down 방식을 사용하면 탱크를 비우지 않고도 레벨 계측 기기를 설치하거나 제거할 수 있다(예를 들면 레이더 게이지). top-down으로 계측 시 프로세스의 유체에 접촉할 수도, 접촉하지 않을 수도 있다.

압력 트랜스미터를 사용하는 레벨 기기는 bottom-up 계측 시스템이다. bottom-up 계측은 일반적으로 프로세스의 유체에 접촉한다(예를 들면, DP 레벨).

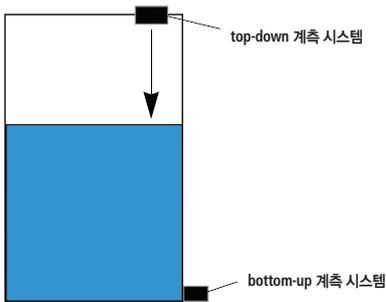


그림 1.2.2: bottom-up vs. top-down 계측

## 1.2.5 직접 vs. 간접 계측

직접 계측은 직접 계측된 레벨을 표시하는 것이다. 예를 들어, 딥 스틱을 사용하여 자동차 연료의 레벨을 계측할 때 이 직접 계측법을 사용한다. 직접 계측은 다른 프로세스의 변수에 독립적이다.

간접 계측은 추론 계측이라고도 하는데, 레벨 이외의 변수를 우선 계측한 후, 이를 레벨 계측에 이용한다. 예를 들어, 압력 트랜스미터는 질량과 유체의 특정 중력을 이용하여 레벨을 계산한다.

## 1.2.6 밀도

밀도는 부피 단위 당 물질의 질량이다. 밀도는 종종 파운드와 피트로 표시되거나(lb/ft<sup>3</sup>), 킬로그램과 미터로 표시한다(kg/m<sup>3</sup>). 비중은 종종 물의 밀도와 비교한 물질의 밀도를 설명하는데 사용된다.

### 비중

일반적인 기준 온도 환경에서 물의 밀도에 대한 물질 밀도의 비율로 나타낸 것이 비중이다. 물의 밀도는 39.2°F (4°C)에서 62.43 lb/ft<sup>3</sup> (1 g/cm<sup>3</sup>)이다. 비누의 구성성분 중 하나인 글리세린(glycerin)의 밀도는 78.66 lb/ft<sup>3</sup> (1.26 g/cm<sup>3</sup>)이다. 따라서 앞 조건과 동일한 온도에서 글리세린의 비중은 1.26 (78.66/62.43)이다.

## 1.2.7 부피

부피는 물질이 공간을 점유한 양으로, 종종 부피를 계산하기 위해 레벨을 사용한다. 부피는 특히 갤런(gallons), 리터, 세제곱 센티미터, 세제곱 피트, 또는 배럴(barrels)로 표시된다. 부피는 레벨을 이용해서 구하는 가장 일반적인 계측값이다.

부피는 탱크 내 레벨을 계측한 뒤, 탱크의 기하학적 구조를 고려하여 계산한다.

많은 레벨 계측 기기에는 일반적인 탱크의 기하학적 구조에 대한 레벨/부피 관계를 저장하는 전기적 구성요소가 존재하며, 이를 이용하여 직접 부피 산출량을 계산할 수 있다.

다른 경우에는, 분산제어 시스템(Distributed Control System)이나 프로그램 가능 논리 제어 장치(Programmable Logic Controller) 내에서 부피를 계산하거나, 레벨을 부피에 관련시키는 탐색표를 사용하여 결정한다. 몇몇 일반적인 탱크 형태에 대한 레벨과 부피 간의 관계는 뒷면을 참고하라.

# 1 - 레벨 측정

Where:

- v = 탱크 부피
- r = 탱크 반지름
- H = 탱크 높이 (또는 길이)
- L = 제품의 레벨

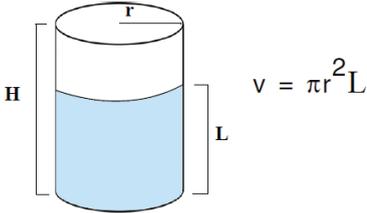
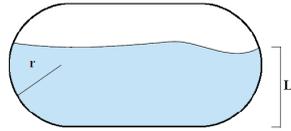


그림 1.2.3: 수직형 실린더



$$v = \frac{\pi L^2}{3}(3r-L) + 2r^2(H-2r)\text{atan}\frac{\sqrt{L}}{\sqrt{2r-L}} + (H-2r)(L-r)\sqrt{L(2r-L)}$$

그림 1.2.7: 수평형 탄환형태

## 접시 모양 경판을 지닌 탱크

접시 모양 경판을 지닌 탱크는 기본적인 형태를 지니지 않는다(그림 1.2.8). 따라서 이러한 형태의 탱크의 부피는 기하학적 구조를 이용하여 결정될 수 없다. 대신 스트래핑 테이블(strapping tables)을 이용하여 부피를 결정한다.

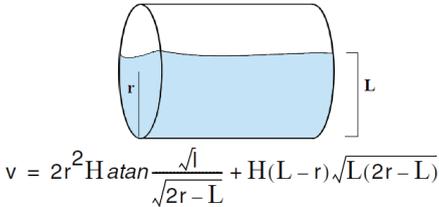


그림 1.2.4: 수평형 실린더

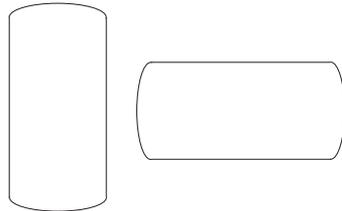


그림 1.2.8: 접시 모양 경판을 지닌 탱크

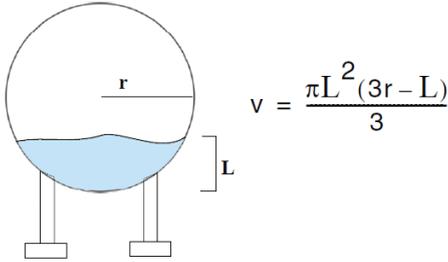


그림 1.2.5: 구

## 스트래핑 테이블(strapping tables)

레벨과 탱크의 기하학적 구조를 이용하여 부피를 계산하면 대부분의 사용자의 요구를 충족시킬 만큼 정확한 부피를 예측할 수 있다. 그러나 몇몇 예에서 탱크의 기하학적 구조는 불규칙적일 수 있으며, 이로 인해 레벨과 부피의 관계를 수학적으로 계산해내는 일이 거의 불가능할 수 있다. 이러한 경우, 스트래핑 테이블을 사용하여 레벨을 읽어내 부피를 결정해야 한다.

If  $L \leq r$

$$\left[ v = \frac{\pi L^2}{3} 3r - L \right]$$

If  $r < L < (H - r)$

$$\left[ v = \frac{2}{3} \pi r^3 + \pi r^2 (L - r) \right]$$

If  $(H - r) \leq L$

$$\left[ v = \pi r^2 (H - 2r) + \frac{\pi (L + 2r - H)^2}{3} (3r - (L + 2r - H)) \right]$$

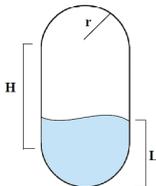
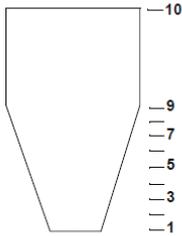


그림 1.2.6: 수직형 탄환형태

스트래핑 테이블은 탱크 내 몇 개의 독립적인 지점에서 레벨을 부피에 관련시키는 탐색표이다(그림 1.2.9). 스트래핑 테이블은 보통 이미 알고 있는 제품의 부피를 탱크에 더한 후, 이 부피에 일치하는 제품의 레벨을 예측하여 구한다(수동 스트래핑). 부피와 레벨 예측값은 스트래핑 테이블에 기록된다. 이후 부피를 예측하고자 할 때, 레벨을 예측하여 스트래핑 테이블에서 그 값을 탐색하여 일치하는 부피를 찾아낸다.



|    |     |     |
|----|-----|-----|
| 1  | 0   | 0   |
| 2  | 5   | 10  |
| 3  | 10  | 32  |
| 4  | 15  | 68  |
| 5  | 20  | 115 |
| 6  | 25  | 173 |
| 7  | 30  | 230 |
| 8  | 35  | 313 |
| 9  | 40  | 394 |
| 10 | 100 | 957 |

그림 1.2.9: 스트래핑 테이블

스트래핑 테이블은 탱크의 모양을 수용하기 위한 몇 개, 또는 수백 개의 지점일 수 있다. 가득 차면 볼록한 형태가 되는 경향이 있는 대형 탱크에는 다수의 지점을 사용한다. 계측한 레벨이 테이블 상의 두 개의 지점 간에 존재하면, 이 두 지점을 보간하여(interpolating) 부피를 결정한다. 일반적으로 스트래핑 테이블은 레벨과 부피의 관계가 선형이 아니라, 탱크의 영역에서 포인트가 높은 수준으로 밀집된다. 예를 들어, 그림 1.2.9에서 스트래핑 포인트는 탱크의 밑바닥 근처에 밀집된다. 이처럼 스트래핑 포인트가 밀집되면 스트래핑 테이블 상에서 해상도가 높아지고, 계측값이 더욱 정확해진다.

레벨 계측 시 스트래핑 테이블이 필요한 몇 가지 상황이 있다. 제품이 탱크에 첨가될 때 탱크의 측면이 볼록해지는 경우(bulging)가 바로 이에 속한다. 탱크가 볼록해지면 특정한 탱크의 기하학적 구조에 대하여 수학적으로 계산할 때 오류가 발생한다. 오류의 양은 볼록해진 정도와 관련이 있다. 스트래핑 테이블은 탱크가 볼록해져서 발생하는 오류를 제거할 때 보통 사용된다(그림 1.2.11).

스트래핑 테이블은 불규칙한 모양의 탱크(그림 1.2.9)나, 내부에 기기를 지닌 탱크(그림 1.2.10)에 대한 레벨/부피의 관계를 저장할 때도 사용된다.

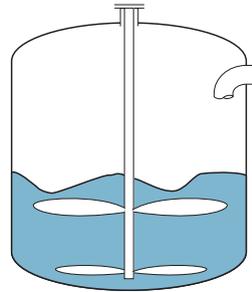


그림 1.2.10: 내부 기기를 지닌 탱크

몇 가지 경우(예를 들면, 석유 보관 및 수송), 탱크가 볼록해져 발생하는 오류로 인해 공급자가 소비자에게 청구하는 요금에 문제가 발생할 수 있다.

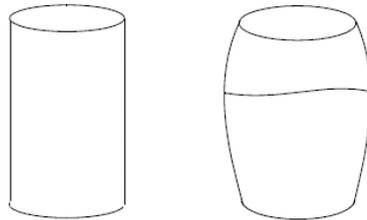


그림 1.2.11: 탱크가 볼록해져 발생하는 오류

## 1.2.8 질량

사물이 포함하는 물질의 총량인 질량은 무게라는 용어와 혼용하여 사용하기도 한다. 질량은 일반적으로 킬로그램, 그램, 톤 혹은 파운드로 표시한다. 질량은 온도에 의해 영향을 받지 않는다. 따라서 50 °F (10 °C)에서 60 lb (27.2 kg)인 기름은 86 °F (30 °C)에서도 여전히 60 lb이다. 그러나 오일의 전체 부피는 팽창에 의해 변할 수 있다.

밀도를 알고 있는 경우, 우선 부피를 확인한 후 다음의 방정식을 사용하여 레벨을 계측해 질량을 계산할 수 있다.

$$\text{질량} = \text{밀도} \times \text{부피}$$

일부 레벨 계측 기기는 질량을 직접 계측하기도 한다 (예를 들면, 로드 셀).

## 1.2.9 인터페이스 (Interface)

인터페이스이란 서로 다른 밀도를 지닌 두 가지의 혼합되지 않는(혼합이 불가능한) 액체 사이의 경계이다(예를 들면 물과 기름). 인터페이스를 계측하여 서로 다른 밀도를 지니며 동일한 탱크 내에 보관되어 있는 두 액체 간의 경계를 확인할 수 있다. 예를 들면, 물과 기름이 동일 베슬을 점유하고 있을 때, 기름은 물의 상부에 뜨게 된다. 이 두 액체간의 인터페이스는 물의 상부 레벨과 기름의 하부 레벨이다(그림 1.2.12).

사용자가 하나의 탱크 내에 두 가지의 액체 중 상부 액체만을 따라내고자 할 때 인터페이스를 사용한다. 인터페이스를 계측하면 따라내는 행위를 중지할 시점을 알 수 있다.

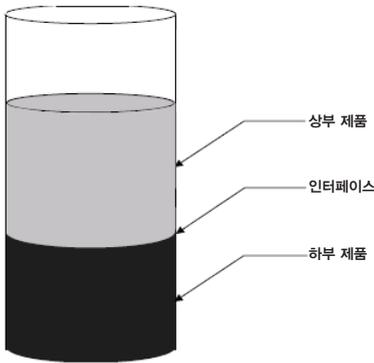


그림 1.2.12: 인터페이스

분리기에서도 인터페이스 계측을 이용할 수 있다. 분리기에서는 오염을 최소화하며 베슬 외부로 상부와 하부 액체의 흐름을 조절하는데 인터페이스가 이용된다.

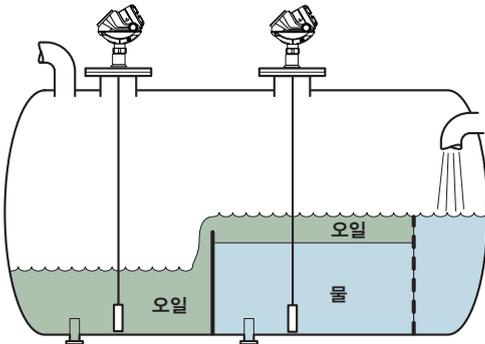


그림 1.2.13: 분리기에서의 레벨 및 인터페이스 계측

## 1.3 기기 선택

시중의 레벨 계측 기기는 굉장히 다양하기 때문에 특정한 용도에 알맞은 기기를 선택하는 일은 어려울 수 있다. 대부분의 레벨 계측 기술이 한 가지 이상의 프로세스 계측에 활용 가능한 반면, 모든 용도에서 적용이 가능한 단일 레벨 기기는 존재하지 않는다. 그러나 적절하게 질문하고 몇몇 기본적인 적용 상의 요구사항을 이해함으로써 사용자는 선택의 범위를 좁혀 각각의 적용 상황에 최적인 기기를 결정할 수 있을 것이다.

### 1.3.1 레벨 측정이 필요한 이유

**제품 레벨에 대한 대략적인 표시가 필요한가? 아니면 베슬 내 존재하는 제품의 양이 얼마만큼인지 정확히 알고 싶은 것인가?**

이 질문에 대한 대답은 레벨 계측 기기에 요구되는 정보가 무엇이며, 어떤 종류의 레벨 계측이 필요한지를 나타낼 것이다(예를 들면, 질량 계측 또는 싱글 포인트 계측) 예를 들면, 사용자가 제품이 넘치는 것을 방지하고자 하거나, 베슬을 리필(refill)할 시기를 알고자 할 때는 싱글 포인트 레벨 기기가 충분하다. 베슬 내에서 특정 범위 내에 제품의 부피를 유지하고자 한다면 연속 레벨 기기가 필요하다. 사용자의 목적이 몇 파운드의 제품이 필요한지 알고자 하는 것이라면, 질량 계측이 필요하다. 재고 관리나 소유권 이동이 필요한 경우 완전한 탱크 게이징 시스템이 필요하다.

### 1.3.2 인터페이스 계측이 필요한가?

인터페이스에 적용하기 위해 레벨 제품을 선택할 때에는 몇 가지 고려해야 할 사항들이 있다.

인터페이스 계측을 위한 두 가지의 적절한 기술을 Guide Wave 레이더와 차압이다. 아래는 이 두 가지 기술 중 하나를 선택할 때 고려해야 할 요소이다.

#### Guide Wave 레이더

두 액체 간의 유전율 차이를 기반으로 한 인터페이스 응용

일반적인 응용의 예시: 물 상부의 기름, 산(acid) 상부의 기름, 물이나 산 상부의 저유전 유기 용액. 낮은 DK 유기 용액에는 톨루엔(toluene), 벤젠(benzene), 사이클로헥산(cyclohexane), 헥산(hexane), 터펜틴(turpentine) 및 자일렌(xylene)이 포함된다.

- 저유전체 액체는 상부에 위치한다.
- 두 액체 간 유전율 차이는 최소 10이다.
- 고유전체는 알려진 것이어야 한다; 현장에서의 결정도 가능하다.
- 상층의 최대 두께는 그 유전율에 따라 결정된다.
- 트랜스미터 모델과 프로브 형태에 따라 상부 액체층의 두께는  $\geq 4$ 인치(10cm)에서 8인치(20cm)이어야 인터페이스가 탐지될 수 있다. 자세한 사항은 GWR 설치 도움말의 5.5 장을 참조하라.
- 목표로 하는 적용, 상층의 저유전체( $<3$ )와 하층의 고유전체( $>20$ )
- 레벨 계측과 인터페이스 계측이 모두 가능하다.
- 유제(emulsion)는 인터페이스 계측에 영향을 미칠 수 있다. 액체의 혼합에 따라 그 결과는 다양할 것이다. 많은 사례에서 인터페이스는 유제층의 상부에서 계측될 것이다. 얇은 유제층( $<2$  (50mm))은 처리가 쉬우며 감지되지 않을 수도 있다.

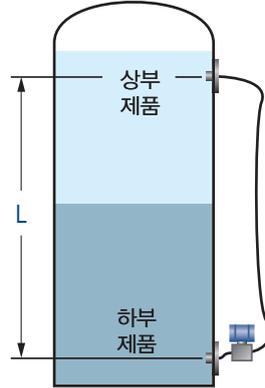


그림 1.3.2: 차압에 의한 인터페이스 계측

### 1.3.3 베슬 내 조건은 어떠한가?

#### 레벨 계측 기구가 고압과 고온을 처리할 기능을 지녀야 하는가?

일부 레벨 계측 기구는 고온과 고압을 상당히 잘 버텨낼 수 있으나, 그렇지 않은 것들도 있다. 기기 사양 상의 한계는 기기 선택에 영향을 준다. 표 1.3.1은 보편적인 레벨 기기들의 몇 가지 사양의 한계를 보여주고 있다. 프로세스 상의 극한 상황을 견딜 수 있는 몇 가지 기기의 경우 성능은 우선순위가 아니다. 일부 기기의 정확성은 온도의 변화에 의해 영향을 받을 수 있다.

#### 동요나 혼합에 의해 제품이 격렬하게 변화하는가? 제품 상부 공간에 스팀이나 증기가 존재하는가?

제품에 변화가 심하거나 제품 상부의 증기로 인해 일부 top-down 기기에서 계측이 어려울 수 있다. 예를 들어, 일부 기기에서는 제품 표면으로부터 반사되는 복귀 신호가 필요하다. 제품의 격변 현상이나 증기가 존재하는 경우 이러한 신호가 약해지거나 또는 전혀 되돌아오지 않을 수 있다. bottom-up 계측 기기에서는 격변 현상이나 증기가 덜 문제가 된다.

#### 인터페이스나 온도의 변화도, 포말, 부유물질의 존재 가능성은 없는가?

베슬 내 인터페이스 또는 온도의 변화도, 포말, 부유물질은 선택한 기술이 무엇이나에 따라 계측의 타당성에 잠정적으로

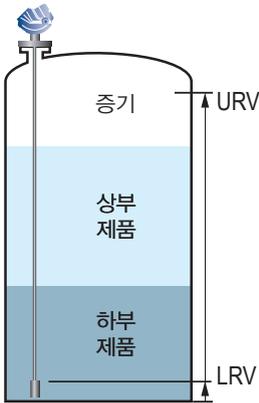


그림 1.3.1: Guide Wave 레이더에 의한 인터페이스 계측

### 차압

두 용액 간 밀도 차이를 기반으로 한 인터페이스 응용

- 두 탭(tap)은 모두 막혀있어야 한다.
- 두 탭 간 거리(L) × SG 상의 차이 = DP
- 권장 최소 DP는 20 인치 H2O(500 mm H2O)
- 인터페이스 계측만 가능
- 유제나 구별되지 않는 인터페이스층은 계측에 영향을 미치지 않는다.

# 1 - 레벨 측정

영향을 미칠 수도 있다. 예를 들어, 일부 기기는 부유물질 때문에 막히기도 한다. 포말(foam)의 경우, 일부 소비자는 포말의 상부에서 레벨을 계측하는 것을 선호하는 반면, 어떤 소비자는 하부에서 레벨을 계측하고자 하기 때문에 포말은 중요한 고려 요소이다.

## 베슬 상에 설치하고자 할 때 제약이 있는가?

가능한 기존의 탭(tap)을 사용하는 것이 좋다. 베슬이 유리로 이장(lining)되어 있거나 이중 벽인 경우 설치는 어려워진다. 소형 탱크에는 설치 공간이 부족하다. 탱크가 지하에 존재하거나, 서로 인접해있거나 천정에 근접한 경우, 또는 가열 코일로 싸여있다면 접근이 어려울 수 있다. 일부 top-down에서는 플로팅 루프(floating roof)가 설치 시 제약이 된다.

## 기기를 챔버(chamber) 내에 설치해야 하는가?

챔버를 통해 기기에 접근이 가능하므로, 챔버 내 설치하면 프로세스가 진행 중일 때 계기에 눈금을 매기거나 고장을 수리할 수 있다. 챔버는 전체 영역 대신 해당 영역만을 포함하도록 위치시킬 수 있다. 탱크 내 레벨을 잘 나타내기 위해서는 연결부위의 크기가 액체의 상태가 유지되도록 액체가 잘 흐를 만큼 충분히 커야 한다. 탱크와 챔버 간 거리는 동일한 이유로 최소화되어야 한다. 베슬 내에서의 온도를 최대한 유지하기 위해 절연처리/히트 트레이싱(heat tracing)이 필요할 수 있다.

| 기술       | 압력*                            | 온도                           |
|----------|--------------------------------|------------------------------|
| 원자력      | 제한 없음                          | 제한 없음                        |
| 정전용량     | 5000 psig까지 완전 진공 (345 bar)    | -200 ~ 900°F (-129 ~ 482°C)  |
| 디스플레이서   | 4000 psig까지 완전 진공 (276 bar)    | -40 ~ 900°F (-40 ~ 482°C)    |
| 폐쇄 시 압력  | 4000 psig까지 완전 진공 (276 bar)    | -100 ~ 600°F (-73 ~ 316°C)** |
| 압력       | 4000 psig까지 완전 진공 (276 bar)    | -40 ~ 380°F (-40 ~ 193°C)    |
| 초음파      | -3.6 ~ 44 psig (-0.25 ~ 3 bar) | -22 ~ 158°F (-30 ~ 70°C)     |
| 비접촉식 레이더 | 789 psig까지 완전 진공(55 bar)       | -40 ~ 752°F (-40 ~ 400°C)    |

|                        |                                  |                             |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Guide Wave 레이더         | 5000 psig까지 완전 진공 (345 bar)      | -320 ~ 752°F (-196 ~ 400°C) |
| 진동 포크 (vibrating fork) | 1450 psig까지 완전 진공 (-1 ~ 100 bar) | -94 ~ 500°F (-70 ~ 260°C)   |
| 플로트 스위치 (float switch) | 2900 psig까지 완전 진공 (200 bar)      | -72 ~ 752°F (-60 ~ 400°C)   |

\*완전 진공(full vacuum) = -14.7 psig; 대기 = 0 psig

\*\*폐쇄를 위한 상부 온도는 진공 적용에 제한됨

표 1.3.1: 압력과 온도 한계

## 1.3.4 환경과 외부 조건이란 무엇인가?

### 기기 성능에 환경 조건이 미치는 영향은 무엇인가?

내부 설치의 경우, 온도 변화가 최소화되고 습도도 일정하기 때문에 주변 환경이 상당히 안정적인 편이다. 그러나 외부 설치의 경우는 온도와 습도의 조건이 극심할 수 있다. 진동, 전자기의 존재, 과전압(조명으로 인한 전원 서지(surge)) 등도 고려해야 할 외부 조건들이다. 과전압 보호기(또는 서지 보호기)를 사용하고 기본적인 사항을 숙지하여 실행하면 과전압을 방지할 수 있다.

## 1.3.5 제품의 특성은 무엇인가?

모든 프로세스를 동일한 유형의 기기로 계측할 수는 없다. 부식성 프로세스는 레벨 센서 상의 특수한 구조물질을 필요로 한다. 특수한 물질이 필요한 경우, 이러한 물질을 손쉽게 구할 수 있는지, 아니면 프로세스에 접촉하지 않는 기기를 선택하는 것이 더 나은지의 여부를 고려해야 한다.

프로세스의 특성은 각기 다른 방식으로 각각의 기기에 영향을 미칠 수 있다:

- 점성이 있는 물질은 일부 기기의 포트(port)를 막히게 할 수 있다.
- 먼지, 표면의 포말, 그리고 증기는 일부 전송 신호에 방해가 될 수 있다.
- 프로세스의 밀도가 변한 경우, 이것이 보상되지 않으면 압력 기기의 레벨 표시가 영향을 받을 수 있다.
- 유전상수(하나의 분체에서 다른 분체로 전하량을 전송하는 액체의 능력과 관련된 전기화학적 특성)가

- 변하면, 전기 용량 계측이 영향을 받을 수 있다.
- 프로세스를 코팅(coating)하는 경향은 일관성에 필요한 기기의 감수성에 영향을 미칠 수 있다.
- 고체는 베슬 내에 쌓여 표면을 편평하지 않게 만들 수 있다. 안식각(Angle of repose) (제품이 이동하지 않는 최대 경사)의 어떤 지점에서 레벨이 계속되어야 하며, 이러한 지점이 불변하는지의 여부를 고려해야 한다. 전송하는 액체의 능력과 관련된 전기화학적 특성)가 변하면, 전기 용량 측정이 영향을 받을 수 있다.

### 1.3.6 응용 시 요구되는 정확도는 어느 정도인가?

#### 기기의 정확도는 어떻게 명시되는가?

소형 탱크에서 작동이 잘 되는 기기는 대형 탱크에서 요구되는 정확도를 충족시키지 못할 수도 있다. 예를 들어, 0.1%의 정확도 범위를 지닌 기기는 5 ft(1.5m) 탱크 레벨 상에서  $\pm 0.06$  inch (1.5mm)의 정확도를 보이지만, 50 ft(15m)의 탱크 레벨 상에서는  $\pm 0.6$  inch(15mm)의 정확도를 보인다.

Top-down 레이더 기기와 같은 다른 기기에서는, 일반적으로 특정한 값( $\pm 0.1$  inch 또는 3mm) 내, 또는 계측한 거리의 퍼센트로 정확도를 명시한다. 다른 성능 변수(예를 들면, 온도의 영향)의 영향 또한 평가되어야 한다.

#### 높은 수준의 정확도가 요구되는가?

기기 적용 시 어떤 경우에는 단순히 신뢰성 있는 계측을 하는 것이 주요 목표일 수도 있다. 계측 시의 반복성, 예를 들면 불변하는 레벨을 반복적으로 계측 시 동일하게 계측되는 능력이 정확성보다 훨씬 더 중요한 경우도 있다.

탱크 게이징 기기의 경우(소유권 이동과 재고 사용 시), 정확도가 높고 안정적이며 반복성 있는 레벨 계측 기능이 있어야 한다. 이러한 계측 기능은 자금 거래에 미치는 경제적 영향이 매우 거대하며, 사용자는 국제·국내의 법률적 소유권 이동에 필요한 계측 조건들을 충족시켜야 한다.

### 1.3.7 기기에 필수적인 요소는 무엇인가?

#### 승인이 요구되는가?

유해한 상황에 대한 승인은 지역의 필수 조건을 준수해야만 한다. “방폭”에 대한 기준은 많은 기기에 충족할 수 있으나, 일부 시설이나 적용 환경에서는 내부 안전이나 다른 승인이

필요하다. 예를 들면, 위생과 관련된 필요조건은 충족되어야 한다.

물품관리와 소유권 이동과 관련된 상황에서, 지역에 따른 몇 가지 다른 기상학적 승인이 적용될 수 있으며, 특정 국가에서는 이러한 승인이 때때로 요구될 수도 있다. 소유권 이동에 대한 국제적인 주요 기준은 OIML R85이며, 이는 R85: 2008로 최근 수정되었다.

#### 요구되는 출력(output)은 무엇인가?

가장 보편적인 출력은 디지털 신호 역시 광범위하게 이용되기는 하나, 연속 아날로그 4-20 mA 신호이다. 또한, 무선 신호도 인기를 얻고 있다. 몇 가지 예에서 알람이나 제어 계전기가 요구될 수 있다.

필수 해상도와 정확도를 유지하기 위해서, 탱크 게이징 시스템에서는 기기와 분포되어 있는 컨트롤 시스템 간 디지털 커뮤니케이션이 필요하다.

#### 어떤 전력을 사용 가능한가?

110이나 220 V에서 작동되는 기기가 있는 반면, 대부분의 기기는 12-24 V dc (직류)에서 작동된다.

### 1.3.8 기기의 총 비용은 얼마인가?

레벨 계측 기기의 표시가격은 중요하나, 설치 및 유지관리 비용도 똑같이 고려해야 한다. 일반적으로, 가격이 저렴한 기기(보통 기계식)는 유지관리에 많은 비용이 드는 경향이 있다. 정교한 전자 기기는 종종 고가이나, 유지관리 비용이 훨씬 저렴하다. 일부 전자 기술의 초기 비용은 기술적 능력과 시장의 요구가 증가하면 감소하기 마련이다.

비용과 관련하여 고려해야 할 또 다른 사항은 계측 기기의 수명이다. 내구성과 신뢰성, 그리고 적용에의 적합성을 지닌 고가의 기기와 비교했을 때 자주 교체해야 하는 저렴한 기기에 비용이 더 많이 들 수도 있다. 일반적으로 고성능의 기기는 가격이 더 비싸다.

## 1.3.9 작업자가 편리하게 느끼는가?

마지막으로 기기 사용의 용이성을 고려한다.

**기기를 매일 일상적으로 사용하는 사람들이 선택된 방식을 이해할 수 있을 것인가?**

**기기는 설치와 관리가 쉽고 눈금을 매기기 용이한가?**

성과와 공학기술에 관한 문제도 매우 중요하지만, 매일 레벨 계측 기기를 사용한다는 점도 기기를 최적으로 선택하고 장기적으로 사용할 때의 핵심 요소일 수 있다.

## 1.4 레벨 계측 기술의 분류

레벨 계측 기술은 여러 가지이다. 단순하며 수동적인 방식부터 계측할 제품에 접촉하지 않는 정교한 방식까지 선택은 다양하다. 어떤 기술은 연속 레벨과 포인트 레벨 계측이 모두 가능하다. 일반적인 특성을 분류하고자, 레벨 계측 기기를 다음의 네 가지 카테고리로 정리할 수 있다:

- 수동식/기계식
- 전기기계식
- 전기 접촉식
- 전기 비접촉식

본 장에서는 각 카테고리에 속한 기기들의 기능과 이점, 그리고 한계에 대해 소개하고 자세히 설명할 것이다.

### 1.4.1 수동식/기계식

수동식/기계식 카테고리에 속한 기기는 전자적 출력이 없다. 작업자는 베슬 내 물질의 양을 시각적으로 확인하기 위해 기기를 사용한다. 이 카테고리에 속한 레벨 계측 기기의 예에는 검사 유리창(sight glasses), 로드 게이징 시스템(rod gauging systems), 오일 딥스틱(dipstick)이 있다. 이러한 기기들은 가격이 저렴하지만 자동화가 되어 있지 않다.

### 1.4.2 전기기계식

전기기계식 카테고리에 속한 기기들은 움직이는 부분이 많은 기계적 조립체로, 기기의 가동부에서 컨트롤을 위해 전자적 출력을 생산해낸다. 수동식/기계식 기기와는 달리, 전기기계식 기기들은 원격으로 판독이 가능한 자동화된 계측이 가능하다. 기계식 가동부를 지닌 기기는 유지 관리가 어려운 경향이 있다. 전기기계식 기기가 끈적이거나 점성이 있거나 또는 부식성의 액체에 노출되면, 기기의 기계적 가동부가 오염되고 부식되는 환경이 형성될 수 있으며, 이로 인해 세척이나 수리를 자주 해야만 한다. 이 카테고리에 속하는 레벨 계측 기기의 예는 디스플레이서이다.

## 1.4.3 전기 접촉식

전기 접촉식 카테고리에 속한 기기들에는 움직이는 부분이 존재하지 않는다. 코팅이나 부식과 같은 문제에는 영향을 받지만, 전기 접촉식 기기는 튼튼해서 전기기계식 기기보다 유지 관리에 대한 필요성이 덜 요구된다. 이 카테고리에 속한 레벨 계측 기기의 예에는 Guide Wave 레이더, 정전용량, 압력 기반 레벨 트랜스미터가 있다.

## 1.4.4 전기 비접촉식

전기 비접촉식 카테고리에 속한 기기들은 제품을 접촉하지 않고 정교하게 레벨을 계측한다. 기계적 가동부가 없고 직접적으로 접촉하지 않기 때문에, 유지 관리가 최소화된다. 전기 비접촉식 기기는 일반적으로 베슬 내 액체를 배출시킬 필요가 없기 때문에 다른 레벨 기기들에 비해 설치가 용이하다. 증기와 포말이 계측에 영향을 미칠 수 있다. 이 카테고리에 속한 레벨 계측의 예는 레이더와 초음파 트랜스미터이다.

## 1.4.5 비용 vs. 성능

사용자가 비용과 성능 중 어느 쪽을 더 고려하느냐에 따라 레벨 계측 기술을 선택해야 한다. 비용과 성능은 간접적으로 비례한다. 반면, 유지 관리 비용은 성능에 반비례한다.

그림 1.4.1은 선택한 레벨 측정 기기의 초기 비용과 성능 간의 관계를 보여준다.

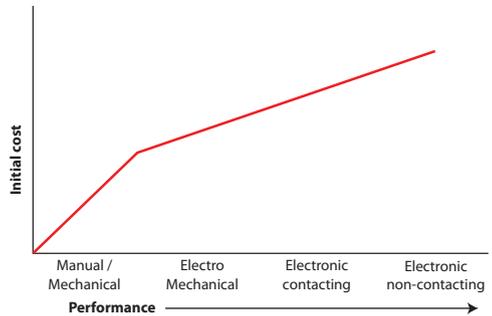


그림 1.4.1: 초기 비용 vs. 성능

그림 1.4.2는 유지 관리 비용과 선택한 레벨 계측 기기의 유형 간의 관계를 보여준다.

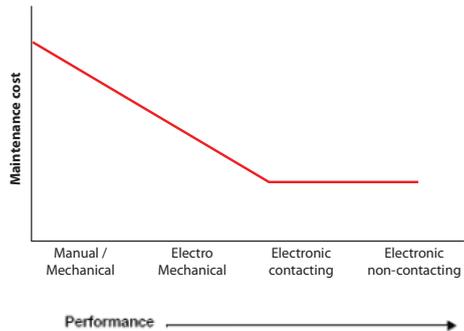


그림 1.4.2: 유지 관리 비용 vs. 기술 성능

## 1.4.6 기기 요약표

표 1.4.1 “레벨 계측 분류”는 다양한 레벨 계측 기술을 기술이 속한 특정 카테고리로 세분화한 것이다. 이 표는 각 기기가 계측할 수 있는 프로세스의 특성을 보여주고 있다.

| 레벨 측정 카테고리             | 연속레벨 | 포인트 레벨 | 밀도 | 인터페이스 | 질량 |
|------------------------|------|--------|----|-------|----|
| 수동식/기계식                |      |        |    |       |    |
| 플로트 스위치                |      | X      |    | X     |    |
| 플로트 시스템                | X    |        |    |       |    |
| 로드 게이징/딥 프로브           | X    | X      |    |       |    |
| 검수관 / 게이지 글라스          | X    |        |    | X     |    |
| 테이프 레벨 및 테이프 시스템       | X    |        | X  | X     |    |
| 전기기계식                  |      |        |    |       |    |
| 자왜식                    | X    |        | X  | X     |    |
| 자기 변형                  | X    |        |    | X     |    |
| 저항 테이프                 | X    |        |    |       |    |
| Rotation Suppression   |      | X      |    |       |    |
| 서보(servo)              | X    |        |    | X     |    |
| 전기 접촉식                 |      |        |    |       |    |
| 전기 용량                  | X    | X      |    | X     |    |
| 전도도 측정기                |      | X      |    |       |    |
| 옵티컬                    |      | X      |    |       |    |
| Guide Wave 레이더         | X    |        | X  | X     | X  |
| 하이브리드(압력 레벨 및 레이더)     | X    |        |    | X     |    |
| 열(thermal)             | X    |        | X  |       | X  |
| 진동 레벨 (튜닝 포크)          |      | X      |    |       |    |
| 초음파 간격 감지기(gap sensor) |      | X      |    |       |    |
| 전기 비접촉식                |      | X      |    |       |    |
| 레이저                    |      |        |    |       |    |
| 로드 셀                   | X    |        |    |       |    |
| 원자력                    | X    |        |    |       | X  |
| 비접촉 레이더                | X    | X      | X  | X     |    |
| 초음파                    | X    |        |    |       |    |

표 1.4.1: 레벨 계측 분류

## 1.5 유전상수와 레이더 레벨 계측

“유전체 값이 무엇인가?” 이는 레이더나 정전용량을 기술로서 고려할 때 생기는 질문이다. 비접촉식 레이더, Guide Wave 레이더 및 정전용량 레벨 트랜스미터는 계측할 물질의 유전체 값에 의해 어느 정도는 모두 영향을 받는다. 그렇다면, 유전체란 무엇이며 이에 영향을 미치는 것은 무엇인가? 그리고 유전체는 레벨 기기에 어떻게 영향을 미치는가?

- 공기: 1.00058
- 벤젠: 2.3
- 아세트산: 6.2
- 암모니아: 15.5
- 에탄올: 25
- 글리세롤: 56
- 물: 81

### 1.5.1 유전상수란 무엇인가?

유전상수를 이해하고자 할 때, 이를 “유전체”와 연관시켜 생각하면 도움이 된다. 정의에 따르면, “유전체”란: “절연체처럼 매우 낮은 전기 전도성을 지닌 물질이다. 이러한 물질은 전기 전도성이 1,000,000 mho/cm 이하이다. 다소 높은 전도성(10-6에서 10-3 mho/cm)을 지닌 물질은 반도체라고 한다. 우리에게 익숙한 고체 유전체로는 유리, 고무, 엘라스틱 유사체, 그리고 나무와 기타 다른 셀룰로오스 물질이 있다. 액체 유전체에는 탄화수소 오일, 에스카렐(askarel), 실리콘 오일이 포함된다.” (참조: Hawley’s Condensed Chemical Dictionary; 12th Edition. Richard Lewis).

“유전 상수”라는 용어는 비유전율 또는 물질 내 저장될 수 있는 에너지의 양이나, 진공 상태와 비교 시 전자기장을 수용할 수 있는 에너지의 양을 나타내는 또 다른 용어이다. 물질의 유전 상수는 진공의 유전율에 대한 물질의 유전율의 비이기 때문에 무차원이다. 도체(예를 들면 구리)의 유전 상수는 전자기장을 수용할 수 없기 때문에 무한하다. 공기의 유전 상수는 거의 진공만큼 전자기장을 수용할 수 있기 때문에 1.0006이다.

절연 능력이 좋은 물질은 낮은 비유전율, 즉 유전상수를 지닌다. 전도성인 물질의 유전 상수는 더 크다. 아직도 여러 방면에서 사용되고 있기는 하나, 유전 상수는 완전하지 않으며, 유전율은 일정하지 않기 때문에 기준 용어는 아니다. 유전율은 진동수, 압력과 온도, 상대 습도와 기타 다른 변수들과 함께 변한다(참조: RF와 마이크로웨이브 진동수에서의 유전체 물질의 특성에 대한 도움말 - The Institute of Measurement and Control, London 2003).

레벨 계측 관련 용어에서 유전 상수(DK)는 물질의 반사율을 표현하기 위해 사용된다. 유전체의 표준 계측은 유전 상수 1 을 가진 진공 상태를 참조한다. 다른 물질을 계측할 때에는 진공 상태와 비교한다. 기준 설정을 위하여, 동일한 조건 하에서 테스트된 다양한 물질은 20 °C에서 다음과 같은 값을 지닌다.

용액의 전도성은 화학적 조성 and 이온화 능력, 그리고 농도에 의존한다. 전도성을 유전 상수로 변환시키는 단순한 변환식은 없지만, 일반적으로 물질이 전도성이 아니라면 유전체 값이 작고, 전도성 물질의 유전체 값은 크다고 생각하면 안전하다. 이러한 일반화에 대한 중요한 예외가 바로 물이다.

물을 기반으로 하는 용액, 알코올, 대부분의 무기질 산과, 부식성을 기반으로 한 물질은 유전 상수 값이 클 것이다. 물은 극성 분자이기 때문에, 유전 상수 값은 꽤 높은 편이다. 대부분의 탄화수소는 비극성이고 따라서 유전 상수 값이 작은 경향이 있다.

물은 전도성과 유전체 특성과 관련하여 매우 독특한 특성을 지니고 있다. 예를 들어, 물의 전도성은 극성의 정도에 따라 다양할 것이다. 탈염수와 증류수는 칼슘, 마그네슘, 아연과 같은 보편적인 미네랄이 제거되었기 때문에 매우 순수한 물질이다. 증류수나 탈염수가 매우 낮은 전도성(<2 μmho) 을 지닌 반면, 유전 상수는 크다(>40). 대부분의 도시에서 마시는 식수는 100~300의 전도성을 지니고 있지만, DK는 70~80이다.

### 1.5.2 무엇이 유전 상수에 영향을 미치는가?

물질의 유전 상수에 영향을 미칠 수 있는 변수는 많다. 상수를 결정하는 테스트의 방법론과 화합물의 물리적 특성이 결과에 영향을 미칠 수 있다. 기타 다른 중요한 요소로는 온도와 시험 주파수가 있다. 각 요소의 영향은 테스트한 화합물에 따라 매우 다양할 수 있다.

분자의 전기적 극성이라는 특성은 유전 상수에 영향을 미친다. 비대칭 화합물, 특히 물처럼 극성 이온화 특성을 가진 물질은 한쪽 말단에 매우 강한 양전하를 지니며 이로 인해 유전 상수가 커진다. 대부분의 오일과 탄화수소와 같은 대칭성이 높은 화합물은 극성이 낮고 따라서 유전 상수가 작다.

상 변화는 유전체에 굉장히 큰 변화를 가져온다. 예를 들어, 얼음의 유전 상수는 -12 °C에서 3.2이고, 새로 내린 눈(훨씬

# 1 - 레벨 측정

더 많은 공기를 함유)은 -20 °C에서 1.30이라는 유전 상수를 가진다. 결정 구조는 극성을 변화시키고, 따라서 유전 상수가 감소한다.

물질의 기체상은 액체상과 비교했을 때 훨씬 더 낮은 유전 상수를 지닐 것이다. 많은 화합물에서 증기의 유전 상수는 공기와 동일하고, 압력이 증가해도 크게 변화하지 않는다. 주목할만한 예외는 무수암모니아와 수증기이다. 이 기체들은 고압 적용 환경에서 마이크로파의 이동 속도에 중요한 영향을 미칠 수 있다.

### 1.5.3 유전 상수의 안정성

유전 상수는 온도와 시험 주파수에 따라 다양하다. 온도가 상승하면 유전 상수도 커질 수 있다. 이와 유사하게, 유전 상수를 계속하는데 사용하는 주파수가 증가하면 일부 액체에서는 가끔 유전 상수가 낮아지기도 한다. 유전 상수를 계속하는데 사용한 주파수는 100 Hz에서 25 GHz 이상이라는 점을 명심하자. 이러한 변화를 보여주는 자료의 양은 많지 않다. 유전 상수에 관한 대부분의 데이터는 단일 주파수에서만 계속된 것이다. 이용 가능한 데이터 중 많은 액체의 유전 상수는 계속 주파수에 의해서만 보통 소수점 이하 자릿수에서 큰 변화를 보여준다. 많은 화합물이 변화가 없는 반면, 예외가 존재한다. 이러한 예에 속하는 실리콘 기반 오일, 방향족 화합물, 그리고 지방족 화합물에서의 변화량을 아래에서 보여주고 있다.

온도 역시 유전체 변화의 원인이 될 수 있다. 물질의 밀도는 분자들을 알고 있는 부피 내에 존재하게 하기 때문에, 온도는 물질의 유전 상수에 영향을 미칠 수 있다. 온도가 상승하면 분자가 더 분산되어 존재하고 전기적 위치 에너지를 전송하는 물질의 능력을 최소화하기 때문에 유전 상수가 감소한다. 그러나 탄화수소에서 전형적으로 관찰되는 유전 상수의 변화 범위는 1도(°C) 당 0.0013~0.05%이다. 다음의 차트는 DK 변화와 관련된 변화량을 보여주고 있다.

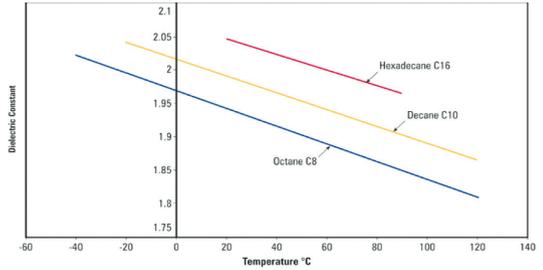


그림 1.5.1: 3 가지 탄화수소의 유전 상수 vs. 온도

압력은 단순히 분자들을 압축시키므로 기체의 유전 상수를 증가시킬 수 있다. 대부분의 기체의 경우, 압력에 따른 변화는 최소화이다. 공기처럼 최소 유전 상수를 지닌 기체는 압축으로 인해 현저히 증가하지 않을 것이다. 대기압에서 상대적으로 높은 유전 상수를 지니고 있기 때문에 포화 증기의 유전 상수는 압력과 온도가 증가하면 큰 폭으로 증가할 것이다.

| 해당 압력에서의 증기          | 온도 °C | DK    |
|----------------------|-------|-------|
| 14.7 psi (1 bar)     | 100   | 1.006 |
| 225 psi (15.5 bar)   | 200   | 1.064 |
| 577 psi (39.7 bar)   | 250   | 1.152 |
| 1246psi (85.9 bar)   | 300   | 1.351 |
| 2398 psi (165.4 bar) | 350   | 1.863 |

표 1.5.2: 압력과 온도가 증가할 때 증기의 유전상수가 증가하는 것을 보여주는 표

| 매체(Media)     | DK   | 적용 진동수   | DK   | 적용 진동수 |
|---------------|------|----------|------|--------|
| DC 710        | 2.98 | 100 Hz   | 2.60 | 10 GHz |
| 펜타클로로바이페닐     | 5.58 | 10 kHz   | 2.68 | 10 GHz |
| 메탄올           | 31   | 1000 kHz | 8.9  | 10 GHz |
| Jet fuel JP-1 | 2.12 | 10 kHz   | 2.09 | 3 GHz  |

표 1.5.1: 각각의 주파수에서의 서로 다른 매체의 유전 상수(DK)

## 1.5.4 레벨 계측에 미치는 영향

### 신호 반사

레이더 레벨 계측 시, 계측한 매체는 레이더 신호를 충분히 반사시켜야 한다. 보편적으로, 유전 상수가 클수록, 반사된 신호가 강하다. 그러나 다른 요소들도 고려해야 한다. 목표물이 멀리 존재할수록, 레이더 트랜스미터로 충분한 양의 신호를 되돌리기 위해서는 더 강하게 신호를 반사시켜야 한다. 액체의 교반 작용은 신호 일부가 “흩어지게” 할 수 있기 때문에 레이더 기기에 도달하는 신호의 양이 줄어든다. 유전 상수가 작은 화합물을 교반하면 배슬 내의 다른 반사기 의도한 액체 레벨계측보다 더 강해질 수 있다.

화합물의 반사성은 예측이 가능하며, 유전율의 기능에 속한다. 이는 다음의 식에 따라 결정될 수 있다:

$$R = (\sqrt{\epsilon_r} - 1) / (\sqrt{\epsilon_r} + 1)^2$$

R = 반사(reflection)  $\epsilon_r$  = 비유전율

그림 1.5.2는 반사성과 유전율의 관계를 보여준다. 유전율이 증가할수록 반사되는 신호의 양 역시 증가한다. 아래 차트에서 비유전율 4에서의 예시 A(파란선)는 11%의 신호를 반사하고 10dB을 상실하는 것을 보여준다. 30이라는 상대적으로 더 높은 유전체에서 예시 B(보라색선)는 50%의 신호를 반사하고 더 적은 양을 상실한다(-3db).

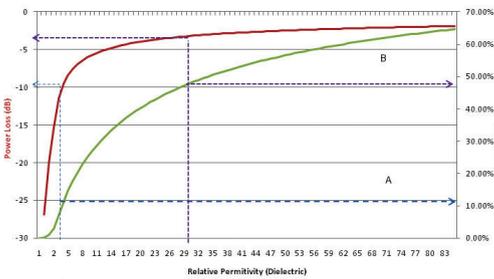


그림 1.5.2: 반사성 vs. 유전율

### 레이더 신호의 강도

신호는 주로 주파수와 안테나의 크기에 기초하여 생성된다.

Gain은 다음과 같이 계산된다:

$$\text{Gain} = \eta(\pi D/\lambda)^2$$

D = 안테나 크기 (직경)

$\lambda$  = 파장

$\eta$  = 효율

안테나의 크기와 효율이 일정하게 유지되면 이 등식은 간단히  $(1/\lambda)^2$ 으로 나타낼 수 있다. 파장이 1.2cm인 26GHz 주파수의 게이지는, 동일한 안테나에 대해 파장 3cm의 10GHz 게이지보다 6배나 더 증가할 것이다.

그림 1.5.3은 주파수 안테나 크기의 효과와 효율을 유전상수와 증가된 거리량에 대하여 비교한 것이다. 이 차트에서 안테나의 크기는 동일하나 레이더의 주파수는 각기 다르다. 레벨의 표면은 동요가 없는 상태(calm)이다.

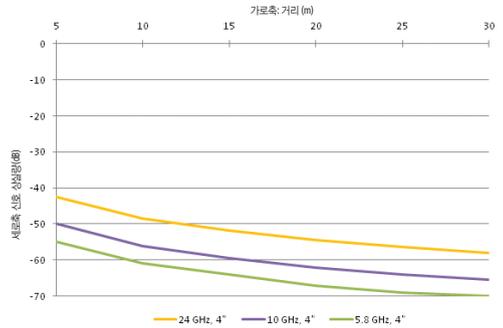


그림 1.5.3: 안테나와 DK는 동일하고 거리가 증가할 때 각기 다른 주파수에서 수신된 신호

레이더 신호의 전체 빔(bean) 폭은 기기의 주파수에 반비례한다. 따라서 높은 주파수의 레이더 게이지는 동일 직경의 안테나에 대해 주파수가 낮은 기기와 비교 시 빔의 폭이 더 작을 것이다. 예를 들어, 거리 33 feet (10m)에서 4” 안테나의 경우, 26GHz 게이지는 4.9 feet (1.5m)의 빔 폭을 갖고, 6GHz는 23 ft(7m)의 빔 폭을 갖는다. 6GHz 기기의 빔 폭은 동일한 크기에 안테나에 대해 26 GHz의 빔 폭보다 4.6 배 더 크다.

# 1 - 레벨 측정

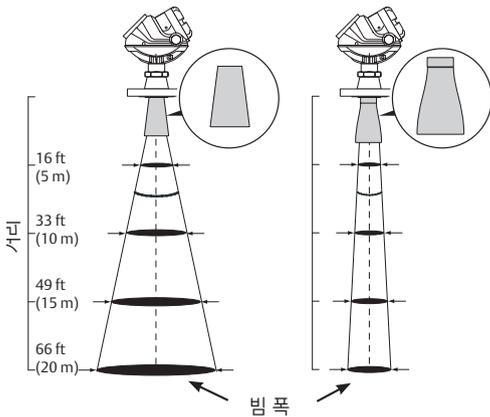


그림 1.5.4: 동일한 크기와 유형의 안테나를 지닌 Rosemount 5401 (6GHz)와 5402 (26GHz) 트랜스미터의 빔각과 빔폭 비교

안테나 크기가 증가하면 유닛의 빔폭이 감소할 것이며 사실상 획득량은 증가할 것이다. 따라서 안테나의 직경이 증가하면, 반사되는 양 또한 증가한다. 그림 1.5.4는 유전체, 증가된 거리, 동요 없는 표면(calm surface) 조건에서 6GHz 레이더 게이지에 대하여 안테나의 크기가 증가할 때 반사되는 신호의 양을 비교하여 보여주고 있다.

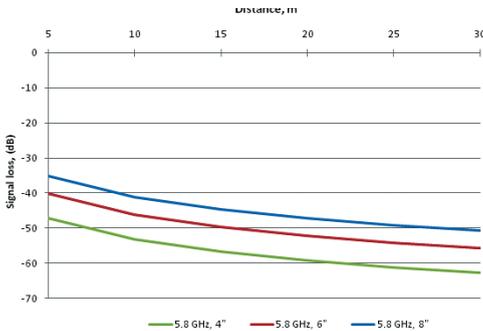


그림 1.5.5: 동일 주파수, 동일 DK, 거리 증가 조건에서 각기 다른 크기의 안테나에 대해 수신된 신호를 보여주는 차트

레이더 레벨 기기의 경우, 반사된 신호의 양은 거리에 따라 낮은 유전체 화합물을 감소시킨다. 따라서 낮은 유전체 물질에서 거리가 증가하면 계측을 하기가 더 어려워진다. 비접촉식 레이더에서 강력한 신호 강도와 반사 신호의 높은 수신율을 허용해야 하므로 레이더 안테나의 크기가 증가해야만 한다. 주파수가 높은 기기를 사용하면 안테나의 크기를 가능한 작게 유지하면서 이러한 효과를 극대화할 수 있으며, 따라서 레이더 유닛을 다루기가 용이해질 뿐 아니라,

설치비가 굉장히 절약된다. 핵심적인 것 이외에도, 기기의 신호 처리 능력은 신호가 얼마나 효율적으로 전송되고 수신되는지, 그리고 얼마만큼의 신호 소실을 처리할 수 있는지와 관련된 전체적인 결과를 결정할 것이다.

## Guide Wave 레이더

Guide Wave 레이더(Guided Wave Radar, GWR)는 유전체 및 거리와 관련하여 유사한 결과를 지닌다. GWR의 차이는 안테나 크기보다는 프로브의 선택에 의해 발생한다. 이 경우, 코액서블(coaxial) 프로브가 해당 프로브 길이에서 가장 강력한 신호를 유지하는 반면, 싱글 리드 프로브는 신호가 프로브의 길이를 이동할 때 에너지를 확산시키는 경향이 있다. 결국, 되돌아오는 신호는 유전체, 거리, 프로브의 유형 및 신호 프로세싱의 기능이다.

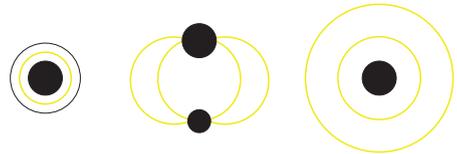


그림 1.5.6: 세 가지 기본 유형인 GWR 프로브에서 신호의 확산을 비교하는 그래픽. 좌측부터 코액서블, 트윈, 그리고 싱글 유형.

## 레이더에 의한 인터페이스 계측

레이더의 두 가지 유형에서, 두 개의 혼합되지 않는 액체층이 존재하고 레이더가 낮은 유전체의 액체를 먼저 발견하는 경우, 대부분의 레이더 신호는 낮은 유전체의 물질을 통해 이동할 것이다. 신호 중 일부만이 기기로 반사될 것이다. 따라서 유전 상수 2를 지닌 오일처럼 낮은 유전체의 물질에서 5% 미만의 신호만이 트랜스미터로 반사될 것이다. 나머지 신호는 다음 용액을 통해 이동한다. 오일과 물의 인터페이스 계측 시, 이로 인해 둘의 인터페이스가 탐지된다. 마이크로파 신호의 이동 속도는 상부 액체를 이동하며 변화하기 때문에, 이 층의 물리적 거리를 결정할 때에는 이동 시간의 변화를 보상해야만 한다. 상부 액체층의 유전체를 알고 있는 경우 이는 다음과 같이 쉽게 계산 가능하다:

$$\text{실제 거리} = \text{전기적 거리} / \sqrt{\text{매체의 DK}}$$

## 정전용량 레벨 트랜스미터

정전용량 레벨 트랜스미터는 레벨이나 인터페이스를 계측하기 위해 유전체 플레이트 계측 기술의 원칙을 이용한다.

측전기는 레벨 감지 전극이 베슬 내 설치될 때 형성된다. 전극의 금속 로드는 측전기의 한쪽 플레이트처럼 작용하고, 탱크의 벽 (또는 비금속 베슬 내의 기준 전극)이 다른 쪽 플레이트로 작용한다. 레벨이 상승하면, 일반적으로 전극을 둘러싸고 있는 공기나 가스가 각기 다른 유전체 상수를 지닌 물질에 의해 대체된다. 두 플레이트 간의 유전체가 변화되었기 때문에 측전기 값이 변한다. RF(라디오 주파수) 정전용량 기기는 이러한 변화를 감지하여, 이를 비례하는 출력 신호로 전환한다.

정전용량의 관계는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.  
 $C = 0.225 K (A / D)$

- C = 피코패럿으로 표현된 정전용량
- K = 물질의 유전체 상수
- A = 제곱 인치로 표현된 플레이트의 면적
- D = 인치로 표현된 플레이트 간의 거리

실제 응용 시, 정전용량은 계측된 재료와 선택한 레벨 전극에 따라 각기 다른 방식으로 변한다. 그러나 항상 기본적인 원칙이 적용된다. 높은 유전체 물질이 낮은 유전체 물질을 대체하면, 시스템의 전체 정전용량 출력은 증가할 것이다. 전극을 크게 만들면(표면 면적의 실질적인 증가), 정전용량의 출력은 증가한다. 계측 전극과 기준점 간의 거리가 감소하면, 정전용량 출력은 감소한다. 레벨은 계측된 정전용량에 비례한다. 정전용량은 레벨 기둥의 높이 전체에서 매체의 안정적인 유전체에 의존하므로, 레벨이나 인터페이스 계측의 전체 정확도는 유전체 상수가 변하면 영향을 받을 것이다.

### 유전체의 변화는 어떻게 레이더 레벨 기기의 정확성에 영향을 미치는가?

일반적인 레이더 레벨 응용 상황에서, 물질의 유전체는 되돌아오는 신호의 강도에 영향을 미칠 것이다. 유전체의 변화는 계측의 정확도에 영향을 미치지 않는다. 그러나 유전체의 영향이 무엇인지를 결정하고자 할 때 정확한 수치는 중요하지 않다. 대신, 유전체를 상대적으로 저,중,고 값으로 특정 지으면, 레이더가 적절한지 결정할 때 필요한 정보 중 하나가 된다. 이 외 다른 정보에는 베슬의 높이, 노즐의 크기, 안테나 크기나 프로브, 적절한 레이더 선택을 결정하는 표면 조건이 있다.

인터페이스 계측 시에는 상부층의 두께를 계산해야 하므로 정확한 유전체 값이 필요하다. 종종, 초기 설치 시 유전체를 현장에서 조절하여 이러한 유전체 값을 얻을 수 있다. GWR 기기는 인터페이스를 상당히 효과적으로 계측할 수 있고, 인터페이스와 레벨을 탐지하기 위한 환경설정이 용이하다.

GWR을 이용해 인터페이스를 계측하는 것에 대한 추가 정보는 "탄화수소에서의 유전체 상수의 변화 - 인터페이스 적용 시 레이더 계측의 정확성에 미치는 영향(Dielectric Constant Changes In Hydrocarbons - Affects On Radar Measurement Accuracy In Interface Applications)"를 참조하라.

## 1.5.5 요약

물질의 유전체적 특성은 비접촉식 레이더, Guide Wave 레이더, 정전용량 레벨 기술의 레벨 계측 결과에 영향을 미칠 수 있다. 수치 계산 시 변수는 많다. 대부분의 경우, 변화는 작고, 레이더 기반 레벨 계측의 정확성에 미치는 영향도 무시할 만하다. 이러한 기기들은 표면 반사까지 걸리는 이동 시간을 계측하기 때문이다. 정전용량 계측의 경우, 유전체 변화는 더 큰 영향을 미친다. 플레이트 간의 매체의 변화가 레벨이나 계면의 비례적 관계에 영향을 미칠 것이기 때문이다. 유전체 값은 기술을 선택할 때 고려하는 변수 중 하나이다. 다른 핵심 요소들에는 베슬의 크기, 물질이나 프로브, 또는 안테나의 선택, 그리고 포말이나 난류와 같은 표면 조건이 있다.

## 1.5.6 참조

CRC Handbook of Chemistry and Physics - 75th edition  
 Dielectric Materials and Applications, Arthur von Hippel, ed. 1954  
 Instrument Engineer's Handbook - 3rd edition. Process Measurement and Analysis, Bela Liřtak, editor-in-chief, 1995  
 Hawley's Condensed Chemicals Dictionary, 12th edition 1995

## 1.6 압력 기반 레벨 계측

액체에 의해 발생하는 압력은 다음 세 가지 요소들에 의해 영향을 받는다:

- 액체의 깊이
- 액체 표면의 압력
- 액체의 밀도

이러한 변수들로, 차압을 이용하여 레벨을 계측할 수 있다.

### 1.6.1 액체의 깊이

액체 표면 하방의 한 지점에서의 압력은 계측 지점 상방의 액체 깊이가 증가할수록 증가한다. 압력은 액체의 부피보다는 깊이에 의해 영향을 받는다. 다른 요소(예를 들면, 액체의 밀도, 액체 표면의 압력)가 일정하다면, 5,000 갤론의 물이 담겨 있는 대형 탱크의 10ft 깊이 지점에서의 압력은 5 갤론의 물이 담겨 있는 소형 탱크의 10 ft 깊이 지점에서의 압력과 동일할 것이다. 일상생활에서도 이러한 상황의 예를 발견할 수 있다. 수영장의 수면 5 ft 하방에서 수영하는 것과 거대한 호수의 수면 5ft 하방에서 수영하는 것을 생각해보자. 호수가 훨씬 더 많은 양의 물을 포함하고 있음에도 불구하고 호수의 5ft의 깊이에서 우리 몸에 느껴지는 압력은 비례하여 증가하지 않는다. 5 ft깊이 에서의 호수의 압력은 5 ft깊이 에서의 수영장의 압력과 동일하다.

액체의 압력이 액체의 깊이(예를 들면 레벨)에 직접적으로 영향을 받기 때문에, 압력 계측은 레벨을 추정하는데 사용될 수 있다.

### 1.6.2 액체 표면 상의 압력

액체 표면 상의 압력은 계측하는 액체의 기둥 상방에서 가해지는 압력이다. 개방형 탱크에서, 대기압(지구 대기가 가하는 압력)은 표면 상의 압력이다. 폐쇄형 탱크에서 액체의 기둥 상부에 가스가 더해지면, 표면의 압력은 영향을 받을 것이다. 폐쇄형 탱크에서 액체 상부가 진공(모든 압력이 부재하는 공간) 상태라면, 표면 상에는 음압이 존재한다. 폐쇄형 탱크에 적용하는 상황에서, 표면의 압력은 베슬 압력이라고 한다. 표면 압력의 영향은 정확한 압력 계측 시 고려해야 할 요소일 것이다. 차압 계측으로 이러한 영향을 보상할 수 있다.

표면 상의 압력은 특히 레벨을 적용하는 상황에서 액체의 압력을 결정하기 위해 전체 압력으로부터 계측되어 감해진다.

## 1.6.3 액체의 밀도

밀도의 단위 부피 당 특정 물질의 질량이다. 밀도가 높은 액체는 단위 부피당 질량이 크다. 밀도가 높은 액체는 밀도가 낮은 액체보다 주어진 면적에 더 많은 압력을 가한다. 높은 밀도의 액체는 단위 부피당 더 무겁기 때문이다. 온도가 변하면 액체를 팽창시켜 서로 접촉하게 하는데, 이는 액체의 부피를 증가시키거나 감소시키는 효과가 있다. 액체의 부피가 변하면 밀도 또한 변한다.

밀도는 종종 비중과 관련해 표현된다. 비중은 동일 온도 조건에서 물의 밀도에 대한 특정 액체의 밀도의 비이다. 물의 밀도는 60 °F(15.6 °C)에서 1,000kg/m<sup>3</sup>이다. 온도가 밀도에 영향을 미치기 때문에 밀도가 주어질 때는 온도를 명시한다. 가솔린의 밀도는 60 °F(15.6 °C)에서 660 kg/m<sup>3</sup>이다. 가솔린의 비중을 계산하려면 가솔린의 밀도를 물의 밀도로 나누면 된다:

$$660\text{kg/m}^3 / 1,000\text{kg/m}^3 = 0.66$$

비중은 밀도 비이기 때문에 계측 단위가 변화해도 변하지 않는다. 따라서 60 °F(15.6 °C)에서의 가솔린의 비중은 항상 0.66이며, 이는 가솔린의 밀도와 물의 밀도가 다른 계측 단위(예를 들면, lb/ft<sup>3</sup>)로 표현된 경우에도 동일하다:

$$41.2038\text{ lb/ft}^3 / 62.43\text{ lb/ft}^3 = 0.66$$

액체 높이와 비중의 조합은 수두압을 야기한다.

수두압은 정수압이라고도 하는데, 액체 기둥에 의해 가해지는 압력이다. 수두압은 액체의 비중과 액체 기둥의 높이에 직접적으로 비례한다.

압력 트랜스미터가 설치된 위치에 따라, 발생하는 오류를 제거하고 기기가 정확한 수두압을 읽어내도록 하여 계산을 실행해야 한다. 압력 계측 기기는 종종 탱의 상부 또는 하부에 설치하며, 이 지점에서 프로세스 액체가 계측된다.

압력 트랜스미터가 탱의 하부에 설치된 경우, 탱과 기기를 연결하는 연결 파이프 내의 액체 기둥은 기기의 센서에 추가적인 압력을 가할 것이다. 탱에서 압력 트랜스미터까지의 거리와 액체의 비중을 알고 있다면, 추가된 수두압은 계측에서 제외될 수 있을 것이다. 압력 측정 기기가 탱의 상부에 설치되었다면, 중력이 액체 기둥 상에 작용하여 기기의 센서로부터 이를 잡아당겨 음값의 수두압을 형성할 것이다. 음값의 수두압 역시 계산하여 압력 계측에서 제외시킬 수 있다.

## 1.6.4 밀도에 영향을 미치는 요소

액체의 밀도는 단위 부피당 물질의 질량으로 정의된다. 질량은 물체가 지닌 물질의 총합이며, 종종 무게와 혼용하고 무게와 관련시켜 표현한다: 파운드, 톤, 킬로그램 또는 그램. 액체의 농도가 증가하면, 액체에는 질량이 추가되고 밀도가 변하게 된다. 예를 들어, 10% 황산의 밀도는 1.07kg/l이지만, 농축된 황산의 밀도는 1.83kg/l 이다.

질량은 온도에 의해 영향을 받는다. 그러나 액체에 열이 가해지거나 액체의 온도가 내려가면, 액체의 부피가 팽창하거나 수축하고 따라서 밀도 값(부피 당 질량)이 변하게 된다. 밀도를 계측의 일부로 포함하고 있는 레벨 기기의 경우, 온도의 변화는 레벨 계측에 영향을 미친다. 온도 계측을 포함하여 밀도 변화를 보상할 수 있는 반면, 밀도는 밀도에 의존하는 레벨 계측에 중대한 오류를 발생시킬 수 있는 요인이다.



# 2

## 레벨 측정 기술

| Topic                         | Page |
|-------------------------------|------|
| 2.1 Guide Wave 레이더            | 28   |
| 2.2 비접촉식 레이더                  | 29   |
| 2.3 초음파                       | 30   |
| 2.4 초음파 슬러지 블랭킷               | 31   |
| 2.5 압력 트랜스미터                  | 32   |
| 2.6 정전용량                      | 33   |
| 2.7 디스플레이서                    | 34   |
| 2.8 방사선                       | 34   |
| 2.9 레이저                       | 35   |
| 2.10 자기변형                     | 35   |
| 2.11 자기 레벨 인디케이터              | 36   |
| 2.12 서보(Servo)                | 37   |
| 2.13 진동 포크 스위치                | 38   |
| 2.14 플로트 및 디스플레이서 스위치         | 38   |
| 2.15 전도도 측정기 물과 증기의 인터페이스의 감시 | 39   |
| 2.16 연속 레벨의 개관                | 40   |
| 2.17 포인트 레벨의 개관               | 41   |

## 2. 레벨 계측 기술

시장에는 수많은 레벨 기술들이 존재하고, 이러한 기술들은 각각 장점과 한계점을 지니고 있다. 모든 상황에 적용이 가능한 단일 기술은 존재하지 않지만, 여러 기술들을 활용할 수 있는 상황은 존재한다. 이 장에서는 이용 가능한 대부분의 기술에 대해 개관하고, 이 기술들이 어떻게 작동하며 또 장점과 한계점은 무엇인지 살펴볼 것이다.

### 2.1 Guide Wave 레이더 (Guided Wave Radar)

-연속 레벨 계측

#### 2.1.1 기본 원리

Guided wave 레이더는 유도파 레이더, TDR(Time domain reflectometry) 혹은 마이크로 임펄스 레이더(Micro-impulse radar, MIR)라고도 한다. Guide Wave 레이더 설치 시, GWR은 탱크나 챔버의 최상층에 장착되며, 프로브를 일반적으로 베슬 전체의 깊이까지 확장시킨다. 빛의 속도로 이동하는 저에너지 펄스의 마이크로파는 프로브 하방으로 전송된다. 프로브 상의 리퀴드 레벨(공기/ 물의 인터페이스) 지점에서 거대한 양의 파이크로파 에너지가 프로브에서 트랜스미터로 반사된다. 트랜스미터는 전송 및 수신된 에코 신호 간에 지체된 시간을 계측하고, 탑재된 마이크로프로세서가 다음과 같은 식을 이용하여 리퀴드 표면까지의 거리를 계산한다

$$\text{거리} = (\text{빛의 속도} \times \text{지체된 시간}) / 2$$

일단 트랜스미터가 기기의 기준 게이지 높이와 함께 프로그램 되면 (보통 탱크의 하단이나 챔버)마이크로프로세서가 리퀴드의 레벨을 계산한다.

펄스의 일부가 저유전체 리퀴드를 통해 프로브 하방으로 계속되기 전달되기 때문에, 두 번째 에코는 최초 리퀴드 레벨 하방의 한 지점에서 두 리퀴드 사이의 인터페이스에서 감지될 수 있다.

이러한 특징으로 인해 Guide Wave 레이더는 오일과 물의 예에서처럼 리퀴드/리퀴드 인터페이스를 계측하는데 적합하다. 또한 일부 포말(foam)을 통해 계측하는 경우에도 적합하다.

Guide Wave 레이더는 내부가 꼭 차 있는 기하학적 구조의 베슬과 챔버, 모든 크기의 탱크에서 사용될 수 있다. 고성능의 GWR(Advanced GWR)은 저유전체 및 난기류 상황에서도 사용된다. “편평한” 표면에서 반사되는 것과는 무관하기 때문에, 다양한 분말과 알갱이, 그리고 소용돌이로 인해 표면이 경사를 갖는 리퀴드에서도 사용될 수 있다.

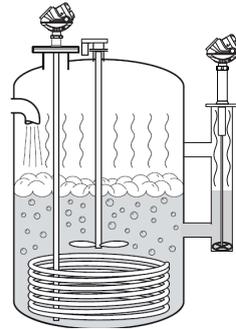


그림 2.1.1 GWR은 불안정한 물체나 어려운 프로세스 조건도 처리할 수 있다. GWR은 탱크나 우회 챔버 내에 직접 설치가 가능하다.

#### 2.1.2 장점

Guide Wave 레이더(GWR)를 이용하면 레벨과 인터페이스 모두에서 정확하고 신뢰성 있는 계측이 가능하며, GWR은 다양한 상황에서 응용될 수 있다. GWR은 표면까지의 거리를 계측하기 때문에 top-down의 직접 계측 방식이다. GWR은 리퀴드, 슬러지, 슬러리 및 일부 고체에서 사용될 수 있다. 레이더의 가장 핵심적인 장점은 리퀴드의 밀도, 유전체 또는 전도성이 변화되었을 때 이를 보상할 필요가 없다는 점이다. 압력, 온도, 그리고 대부분의 증기 공간의 조건이 변화된 경우에도 레이더 계측의 정확도는 영향을 받지 않는다. 또한, 레이더 기기는 움직이는 부분이 없기 때문에 유지 관리를 최소화된다. GWR은 설치가 용이하며, 디스플레이서나 정전용량과 같은 다른 타입에 대해 대체가 가능하다. 탱크 내 리퀴드가 존재한 상태에서도 교체할 수 있다.

#### 2.1.3 한계점

Guide Wave 레이더는 다양한 상황에서 활용될 수 있지만, 프로브 선택 시 몇 가지 주의해야 할 점이 있다. 시중에서는 다양한 형식의 프로브를 구할 수 있으며, 기기와 길이, 그리고 설치 시의 제한점 등이 프로브 선택에 영향을 미친다. 코엑서블 형식의 프로브가 사용되지 않는 이상, 프로브는 금속 물체에 직접 접촉해서는 안 된다. 프로브가 신호에 영향을 미치기 때문이다. 점성이 있거나 코팅되는 경향이

있다면, 싱글 리드 프로브만을 사용해야 한다. 시중의 몇몇 우수한 성능의 GWR은 프로브 상에 물질이 쌓이는 현상을 감지할 수 있는 발전된 형태의 진단법을 지닌다. 직경이 3 in.(75mm) 이하인 챔버는 물질이 쌓이는 현상과 관련된 문제를 유발할 수 있고, 이로 인해 챔버의 벽과 프로브 간의 접촉을 방지하기 어려울 수 있다.

## 2.2 비접촉식 레이더

--연속레벨 계측

### 2.2.1 기본 원리

비접촉식 레이더 레벨 계측에는 두 가지 주요 조절 기술이 존재한다. 펄스 레이더(Pulse Radar)와 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 레이더 기술이다.

비접촉식 펄스 레이더는 물체의 표면에서 반사되어 대기로 되돌아가는 마이크로파 신호를 내보낸다. 트랜스미터는 전송 및 수신된 에코 신호 간에 지체된 시간을 계측하고, 탑재된 마이크로프로세서가 다음과 같은 식을 이용하여 리퀴드 표면까지의 거리를 계산한다:

$$\text{거리} = (\text{빛의 속도} \times \text{지체된 시간}) / 2$$

일단 트랜스미터가 기기의 기준 게이지 높이와 함께 프로그램 되면 (보통 탱크나 챔버의 최하단면에서 부터) 마이크로프로세서가 리퀴드의 레벨을 계산한다.

FMCW 레이더 또한 물체 표면을 향해 마이크로파를 전송하지만, 전송된 신호는 연속적으로 각기 다른 주파수를 지닌다. 신호가 리퀴드 표면을 향해 하방으로 이동해 안테나로 되돌아가면 그 시점에서 전송된 신호와 섞이게 된다. 수신 신호와 전송 신호 간의 주파수의 차이는 리퀴드까지의 거리에 직접 비례하며 정확도도 높다.

FMCW 레이더는 비접촉식이므로, 계측이 부식에 민감하지 않아, 점성이나 점착성이 있고 연마성 리퀴드에 적합하다. 비접촉식 레이더는 교반기를 지닌 베슬에서 종종 사용 가능하다. 고무파 기기들은 PTFE 씰(seal)을 이용해 프로세스와 완전히 분리되어 밀봉될 수 있으며, 밸브와 함께 사용이 가능하다. 대부분의 제조사들은 3~98 ft 또는 131 ft (1~30m 혹은 40m)에 사용할 수 있는 비접촉식 레이더 형태를 판매한다.

비접촉식 레이더의 주파수는 기기의 성능에 영향을 미칠 수

있다. 주파수가 낮으면 증기와 포말, 그리고 안테나의 오염에 대해서 민감하지 않은 반면, 주파수가 높으면 노즐, 벽, 그리고 불안정한 물체가 미치는 영향을 최소화하기 위해 레이더 빔을 좁은 형태로 유지한다. 빔의 너비는 안테나 사이즈에 반비례한다. 주파수에서의 빔의 너비는 안테나의 크기가 증가할수록 감소할 것이다.

### 2.2.2 장점

비접촉식 레이더는 표면까지의 거리를 계측하기 때문에 top-down, 직접 계측 방식이다. 리퀴드, 슬러지, 슬러리 및 일부 고체와 사용 가능하다. 레이더의 가장 핵심적인 장점은 리퀴드의 밀도, 유전체 또는 전도성이 변화되었을 때 이를 보상할 필요가 없다는 점이다. 압력, 온도, 그리고 대부분의 증기 공간의 조건이 변화된 경우에도 레이더 계측의 정확도는 영향을 받지 않는다. 또한, 레이더 기기는 별도의 가동부가 없기 때문에 유지 관리가 최소화된다. 비접촉식 레이더 기기는 PTFE 씰(seal)이나 밸브를 이용해 프로세스로부터 분리시킬 수 있다. 계측하는 매체에 접촉하지 않으므로 부식성이나 오염성 환경에도 적합하다.

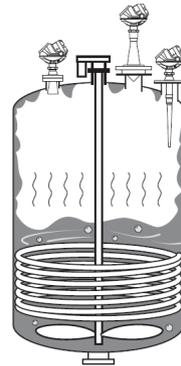


그림 2.2.1 각기 다른 적용 상황에 적합한 여러 안테나를 지닌 비접촉식 레이더

### 2.2.3 한계점

비접촉식 레이더는 올바른 설치가 성공의 열쇠이다. 계측을 위해서는 매끄럽고 방해가 없고 제한사항이 없는 상태에서 노즐을 지닌 표면이 명확하게 확인되어야 한다.

탱크 내의 파이프나 보강 바(bar), 그리고 교반기와 같은 장애물이 존재하면 가성(false) 에코가 발생될 수 있으나, 대부분의 트랜스미터는 이러한 에코를 걸러내거나 무시할 수 있게 하는 정교한 소프트웨어 알고리즘을 지닌다.

비접촉식 레이더 게이지는 탱크 내의 교반 상황을 처리할 수 있으나, 리퀴드의 특성과 난기류의 총합의 조합에 따라 성공의 여부가 결정된다. 매체의 유전체 상수(DK)와 표면 조건은 계측에 영향을 미칠 것이다. 포말(foam)의 존재는 계측에 영향을 미친다. 에너지는 빛이나 통풍이 가능한 포말에 의해 반사되지 않는 경향을 지나나, 밀도가 크며 무거운 포말은 일반적으로 에너지를 반사한다.

저유전체 프로세스의 리퀴드에서, 방사된 많은 양의 에너지는 리퀴드로 소실되며 이에 따라 대기로 반사되는 에너지는 거의 존재하지 않게 된다. 물과 대부분의 화학 용액은 유전체상수가 크다; 연료유와 윤활유, 그리고 석회와 같은 일부 고체는 유전체상수가 작다.

표면상태의 변화가 심한 상황이라면, 심한 변화의 원인이 교반, 제품의 혼합, 혹은 분무 등의 그 무엇이든 간에 더 많은 신호가 소실된다. 따라서 리퀴드의 유전율이 작고 그 상태도 변화가 심한 상황의 조건이 결합되면 신호가 비접촉식 레이더 게이저로 되돌아가는 정도가 제한될 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 우회 파이프나 스틸링 웰(Stilling Wells)과 같은 추가 설치물이 필요하다

### 2.3 초음파 -연속 레벨 계측

#### 2.3.1 기본 원리

초음파 레벨 트랜스미터는 탱크의 최상부에 설치되어 초음파 펄스를 탱크 내부로 전송한다. 소리의 속도로 이동하는 이러한 펄스는 리퀴드 표면에서 트랜스미터로 다시 반사된다. 트랜스미터는 전송 및 수신된 에코 신호 간에 지체된 시간을 측정하고, 탑재된 마이크로프로세서가 다음과 같은 식을 이용하여 리퀴드 표면까지의 거리를 계산한다:

$$\text{거리} = (\text{소리의 속도} \times \text{지체된 시간}) / 2$$

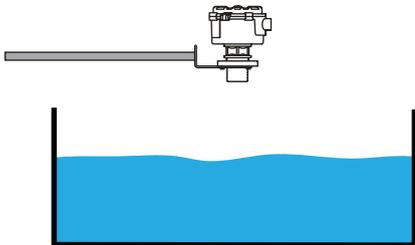


그림 2.3.1 초음파 트랜스미터를 나타내는 그림

일단 트랜스미터가 기기의 기준 게이지 높이와 함께 프로그램 되면 (보통 탱크나 챔버의 최하단) 마이크로프로세서가 리퀴드의 레벨을 계산한다.

#### 2.3.2 장점

초음파 트랜스미터는 내부가 빈 탱크나 리퀴드를 담고 있는 탱크 모두에 설치하기 용이하다. 설치가 간단하며 탑재된 프로그래밍 능력이 있는 기기도 몇 분 이내에 환경 설정이 가능하다.

매체와 접촉하지 않으며 움직이는 부분이 없기 때문에 사실상 기기를 유지 관리할 필요가 없다. 침수된 물질은 보통 비활성의 플루오로폴리머 (fluoropolymer)이며, 압축 증기로부터의 부식에 저항성이 있다.

기기가 비접촉식이므로, 레벨의 계측은 리퀴드의 밀도, 유전체 또는 점성이 변화해도 영향을 받지 않으며, 수용액과 많은 화학용액 상에서 성능이 좋다. 프로세스 온도가 변하면 리퀴드의 상부 공간을 통과하는 초음파 펄스의 속도가 변하지만, 내장된 온도 보상 기능으로 인해 자동으로 이것이 수정된다. 프로세스 압력 상의 변화는 계측에 영향을 미치지 않는다.

#### 2.3.3 한계점

초음파 트랜스미터는 초음파가 전송되는 동안 펄스가 외부 영향을 받지 않는 조건이어야 한다. 무거운 증기나 스팀 또는 증기층을 형성하는 리퀴드는 피해야 한다(이러한 경우에는 레이더 트랜스미터를 사용한다). 펄스의 이동에는 공기가 필요하기 때문에 진공 상태에서는 사용할 수 없다.

일반적으로 초음파 트랜스미터의 사용 제한 조건은 프로세스 온도는 158°F(70°C), 압력은 43psiq (3bar) 까지이다.

리퀴드 표면의 조건 또한 중요하다. 일부 변화가 심한 상황은 용인될 수 있으나, 포말이 형성되면 종종 되돌아오는 에코를 흡수하게 되므로 문제가 있다.

탱크 내의 파이프나 보강 바(bar), 그리고 교반기와 같은 장애물이 존재하면 가성(false) 에코가 발생할 수 있으나, 대부분의 트랜스미터는 이러한 에코를 걸러내거나 무시할 수 있게 하는 정교한 소프트웨어 알고리즘을 지닌다.

초음파 트랜스미터는 작은 알갱이나 분말과 같은 건조된

## 2 - 레벨 계측 기술

형태의 제품을 포함한 사일로(silos) 상에 이용될 수 있으나, 이러한 경우는 이용이 더 어렵다. 표면 정지각과 더스팅(dusting), 장거리와 같은 요소들도 고려해야 한다. Guide Wave 레이더 트랜스미터는 건조한 상태의 제품에 이용하는 것이 더 적합하다.

초음파 변환기는 상부쪽 유체 내에 잠겨 있으며, 초음파의 펄스는 수직 하방으로 이동하여 탱크 내로 전송된다. 펄스는 슬러지 블랭킷 인터페이스의 표면으로부터 반사되며 변환기는 이를 다시 수신한다.

### 2.4 초음파 슬러지 블랭킷의 감시 및 관리

- 연속 레벨 계측

#### 2.4.1 기본 원리

##### 부유물질의 감시

초음파 신호가 리퀴드를 통과할 때 얼마나 약화되는지를 계측하면 슬러리 내의 부유물질의 비율을 계산할 수 있다.

초음파 트랜스미터 / 수신기 한 쌍은 탱크 내에 잠겨있거나, 파이프 부분에 장착된다. 초음파 신호는 트랜스미터와 수신기의 크리스탈 간에 전송되고, 슬러리에 존재하는 부유물질 입자에 의해 분산된다. 수신기의 크리스탈이 수신한 신호의 총량은 슬러리 내의 부유물질의 비율(슬러리의 밀도)에 반비례한다.

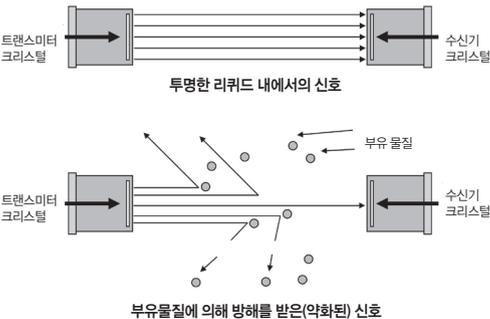


그림 2.4.1 부유물질 감시의 원리를 보여주는 그림

##### 슬러지 블랭킷(Sludge Blanket) 레벨 감시

플라이트 트랜스미터(flight transmitter)의 초음파 시간은 슬러지 블랭킷 이 존재하는지를 감지하는데 이용될 수 있으며, 정확히 탱크나 침강 농축 장치 탱크(thickener tank) 내의 슬러지 블랭킷 (Sludge Blanket)의 깊이를 계측한다.

이 시스템은 변환기로부터 슬러지 블랭킷 으로 이동하는 에코의 전송 시간을 계측한다. 상부쪽 유체 내부로의 소리의 속도와 탱크의 깊이로 시스템을 프로그래밍하여, 탑재된 마이크로프로세서가 슬러지 블랭킷 인터페이스의 레벨을 계산한다.

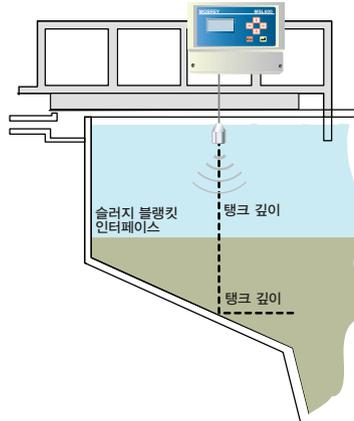


그림 2.4.2 침전 탱크를 보여주는 그림

#### 2.4.2 장점

초음파 시스템은 설치가 쉬우며, 검교정 기능이 내장된 제품으로 신속한 환경 설정이 가능하다.

이 기술은 수중에서도 이용 가능하므로, 변화가 심한 환경이나 무거운 증기, 포말 형성은 계측에 영향을 미치지 않는다.

이 기술은 매우 강력하며 비시각적 원리를 기초로 하고 있고, 기계 가동 부분이 없어 유지 관리에 부담이 없다.

#### 2.4.3 한계점

이 시스템은 부유 물질의 비율이 0.5-15%의 범위 내에 있는 상황에서 작동되도록 고안되었다. 상부쪽 유체에 부유 물질이 많이 포함되어 있으면, 초음파 신호는 완전히 약화된다.

## 2 - 레벨 계측 기술

초음파 신호는 상부 쪽 유체 내의 연행 공기(Entrained air)나 가스에 의해서도 약화된다. 연행 공기나 가스가 존재하면 계측의 정확도가 영향을 받는다.

또 다른 한계점은 시스템이 침수되어야 한다는 점이다.

### 2.5 압력 트랜스미터

- 연속 레벨 계측

#### 2.5.1 기본 원리

압력 트랜스미터는 리퀴드의 레벨 계측 시 사용되는 보편적이고 잘 알려진 기술이다. 압력 트랜스미터는 복잡하지 않고 설치와 사용이 용이하며, 다양한 상황과 조건에서 응용이 가능하다.

레벨이 개방형/환기형 베슬에서 계측되는 경우, 게이지(GP) 나 차압(DP) 트랜스미터가 필요하다. 탱크가 폐쇄형이거나 압력형이라면, 베슬의 압력을 보상하여 DP를 계측해야 한다.

기본적인 레벨 계측뿐만 아니라, 압력 기기장치를 설치하여 밀도와 인터페이스 레벨 계측에 이용할 수 있다.

#### 개방형 베슬의 레벨 계측

개방형 베슬이라는 환경에서는 레벨 계측값을 추론하기 위해 리퀴드의 수두압을 계측한다. 리퀴드의 기둥은 그 무게 때문에 기둥의 바닥에서 힘을 가하게 된다. 이러한 힘을 정수압 또는 수두압이라고 하며 압력 단위로 계측된다. 정수압은 다음과 같은 식에 의해 결정된다.

정수압(Hydrostatic) = 높이 × 비중

리퀴드의 레벨(높이)가 변하면, 정수압이 이에 비례하여 변한다. 따라서 레벨을 계측하는 간단한 방법은 계측할 베슬의 최하부 레벨에 압력 게이지를 선택하는 것이다. 계측 지점 상방의 리퀴드 레벨은 높이를 구하는 위의 식을 재배열하여 정수압으로부터 구할 수 있다. 압력 단위가 높이 단위가 아닌 경우에는 이를 변환해야 한다(예를 들면, 1ft H2O=0.43 psig).

#### 폐쇄형 탱크의 레벨 계측

베슬에 압력이 가해지면 1대의 GP 압력 트랜스미터는

적절하지 않다. GP 트랜스미터는 압력의 변화를 감지하면, 이것이 리퀴드 레벨의 변화에 의한 것인지 아니면 베슬 압력의 변화에 의한 것인지를 구분하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 예는 베슬의 압력을 보상할 수 있는 폐쇄형 베슬에서 계측되어야 한다.

차압을 계측하는 경우, 전체 베슬 압력의 변화는 고압과 저압 탭 모두에 동일하게 영향을 미치므로 압력의 영향은 제거된다.

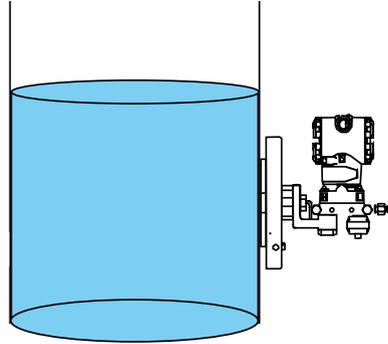


그림 2.5.1 압력 트랜스미터를 보여주는 그림

베슬 바닥 근처의 탭은 정수압과 증기의 공간 압력을 모두 계측한다. 베슬의 상부 근처에 연결되어 있는 저압 탭은 증기 공간 내의 압력만을 판독한다. 이 두 탭 간에 발생하는 압력의 차이(차압)를 이용하여 레벨을 결정한다. 차압은 임펄스 파이프(impulse piping)이나 캐필러리(Capillary) 및 씰(seals), 또는 2 대의 게이지와 1 대의 차압식 트랜스미터를 사용하여 계측한다. ERS 시스템 (전자식 원격 센서)에서는 차압을 계산하는데 절대압 트랜스미터도 사용된다.

레벨 = 차압 / 비중

#### 2.5.2 장점

일반적으로 압력 트랜스미터는 경제적이며 사용이 쉽고 잘 알려져 있다. 또한, 압력 트랜스미터는 슬러리를 포함한 거의 모든 탱크와 리퀴드에서 사용될 수 있다. 압력 트랜스미터는 다양한 압력과 온도 범위에서 가능하며, 포말과 격변 환경에서도 이용할 수 있다.

### 2.5.3 한계점

압력 트랜스미터에 의한 레벨 계측의 정확도는 리퀴드의 밀도 변화에 의해 영향을 받을 수 있다. 따라서 밀도가 높거나 부식성을 지니고 있거나 유해한 리퀴드를 다룰 때는 특별한 주의를 요한다. 또한 일부 리퀴드(예를 들면 제지 원료)는 농도가 증가할수록 고체화되는 경향이 있다. 압력 트랜스미터는 이처럼 고체화된 상태에서는 잘 작동되지 않는다. 압력 트랜스미터가 임펄스 파이핑(Wet 또는 Dry Leg) 과 함께 설치된 경우, 주변 온도가 변하면 계측에 영향을 받는다. Wet leg 리퀴드 상에서 밀도가 변화하거나 Dry Leg 에서는 리퀴드가 응축되기 때문이다. 폐쇄형 캐필러리 (Capillary) 시스템은 이러한 문제 중 일부를 완화시키므로 오류를 최소화하기 위해 선택될 수 있다.

ERS 시스템(전자식 원격 센서 기술)은 임펄스 파이핑과 캐필러리(Capillary)을 디지털 구조로 교체하여 온도 변화를 제거할 수 있다. ERS 시스템은 베슬이 아주 높거나, 낮은 수준의 정수압에서 중간 수준의 정수압 적용 환경에서 사용되기 위해 고안된 기술이다.

## 2.6 정전용량(Capacitance)

- 연속 및 포인트 레벨 계측

### 2.6.1 기본원리

정전용량형(capacitor)은 레벨을 감지하는 전극이 베슬 내 설치된 경우 형성된다. 전극의 금속 막대는 커패시터의 한쪽 판으로 작용하고, 탱크의 벽(또는 비금속 베슬의 기준 전극)은 다른 쪽 판으로 작용한다. 레벨이 상승하면 보통 전극 주위의 공기나 기체가 다른 유전체 상수를 지닌 물질로 대체된다.

양쪽 판 사이의 유전체가 변화되었기 때문에 커패시터의 값이 변하게 된다. RF(라디오 주파수) 정전용량 기기는 이러한 변화를 감지하여 이를 계전기의 동작이나 비례하는 출력 신호로 전환한다.

정전용량 관계는 다음과 같은 식으로 설명된다.

$$C = 0.225K (A/D)$$

여기서:

C = 피코파라드(picoFarads)로 나타난 정전용량

K = 물질의 유전체 상수

A = 평방 인치로 나타난 판의 면적

D = 인치로 나타난 양쪽 판 사이의 거리

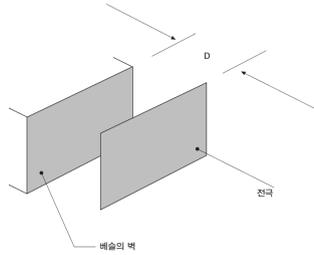


그림 2.6.1 정전 용량의 원리

유전체 상수는 정전하를 저장하는 유전체(양쪽 판 사이의 물질)의 능력과 관련된 것으로, 1부터 100까지의 숫자로 나타낸다. 물질의 유전체 상수는 실제 테스트 전지(actual test cell)에서 결정된다. 실제적인 예에서, 정전 용량은 계측되는 물질과 선택한 레벨 전극에 따라 각기 다른 방식으로 변한다. 그러나 기본적인 원리는 항상 적용된다. 큰 유전체 상수 값을 가진 물질이 작은 유전체 상수 값을 가진 물질을 대체하면, 시스템의 전체 정전용량 출력은 증가할 것이다.

전극의 크기를 증가시키면(표면 면적의 실질적 증가) 정전용량 출력이 증가한다; 계측 전극과 기준 전극 간의 거리가 감소하면, 정전용량 출력은 감소한다.

### 2.6.2 장점

커패시터는 다양한 밀도와 고온(1000°F, 540°C), 고압(5000 psi, 345 bar), 점성이 있는 제품, 슬러리, 포말 및 페이스트와 같은 다양한 프로세스 조건을 견뎌낸다. 또한 포인트를 계측하는데 사용되거나, 여러 지점에서 계측하면 고체와 리퀴드의 연속 레벨을 계측할 수 있으며, 인터페이스도 계측할 수 있다.

### 2.6.3 한계점

커패시터에서 유전체가 변하면 판득 상의 오류가 발생되며, 제품에 의해 프로브가 코팅되어도 오류가 발생된다. 정전 용량 프로브 상에 제품이 쌓이는 현상을 보상할 수 있는 옵션을 이용 가능하다.

비금속 탱크나 수직 벽이 존재하지 않는 탱크에서는 기준 프로브를 추가해야 한다. 특히 “시험적으로” 검교정을 할 수 없으므로 커패시터의 검교정은 어려울 수 있으며, 증기 공간의 변화는 출력에 영향을 미친다. 무거운 포말은 커패시터에 부정적인 영향을 미친다.

### 2.7 디스플레이서 트랜스미터

- 연속 계측

기기들은 여러 어려운 상황에서도 레벨 계측 시 사용될 수 있다.

#### 2.7.1 기본원리

디스플레이서 트랜스미터는 탱크의 최상부나 탱크로 벨브가 존재하는 챔버에 설치되며, 트랜스미터/스위치 헤드에 연결된 행거(hanger)-토크 튜브나 스프링-에 걸린 디스플레이서로 구성된다. 디스플레이서라는 요소는 리퀴드보다 더 무거운 중량을 지니도록 고안되어, 리퀴드 내로 완전히 잠겨있는 경우에도 행거에 하방으로 힘을 가할 수 있다.

베슬 내 리퀴드가 상승하여 디스플레이서가 잠기게 되면, 디스플레이서에 의해 이동된 리퀴드의 무게와 동일한 부력이 형성된다(Archimede의 원리). 트랜스미터는 이것을 디스플레이서가 매달린 무게가 실질적으로 감소한 것으로 인식하고, 디스플레이서의 매달린 무게는 주변의 리퀴드 레벨에 비례하므로 트랜스미터 헤드의 전극은 리퀴드의 레벨을 판독할 수 있게 된다.

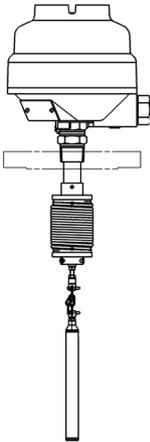


그림 2.7.1 스프링 디스플레이서를 보여주는 그림

#### 2.7.2 장점

디스플레이서 트랜스미터와 스위치는 광범위하게 사용되며, 정기적으로 유지 관리되고 검교정을 확인한다면 수 년간 안심하고 사용할 수 있다. 극한의 압력과 온도에서 작동이 가능하며, 두 리퀴드 간 유체(乳劑)성이 있는 층이 존재하는 경우에도 인터페이스 레벨 계측이 가능하기 때문에, 이러한

#### 2.7.2 한계점

레벨 계측의 정확도는 작동 조건에서 기기가 올바르게 검교정 되는지의 여부에 의존한다. 이러한 조건이 변하면 레벨 판독은 부정확해질 것이다.

특히 토크 튜브 디스플레이서 트랜스미터는 정기적인 유지 관리와 검교정 확인을 해 주어야 하며, 과부하에 의해 손상을 받을 수 있다. 16ft(5m) 이상의 작동 범위는 관리상 어려운 점이 많이 비실용적이다.

### 2.8 방사선(Nuclear)

- 연속 및 포인트 레벨 계측

#### 2.8.1 기본원리

방사선 기기는 베슬의 한쪽 면이나 파이프에 부착되어 있는 차폐된 방사선 동위원소와, 반대쪽에 위치한 탐지장치로 구성된다. 감마선은 방사선 동위원소에서 방출되며, 탱크의 벽과 탱크 내의 매체, 그리고 탐지 장치까지의 탱크 벽을 통해 이동하도록 감마선의 초점을 맞춘다. 방사선 레벨 스위치는 제품의 물질이 방사선 동위원소와 탐지장치 사이에 존재하지 않는 경우, 탐지 장치에서 계측 가능한 방사선 크기의 방사선 동위원소를 이용한다.

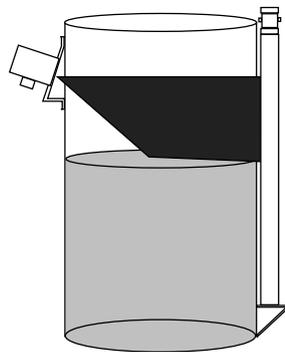


그림 2.8.1 방사선 기기를 보여주고 있는 그림

방사선 레벨 트랜스미터는 동일한 방사선 동위 원소를 사용하나, 감마선이 방사선원으로부터 탐지 장치를 지나갈

## 2 - 레벨 계측 기술

때 감마선이 흡수되는 총량에 반응한다. 탐지 장치에 도달하는 총 방사선은 베슬 내 존재하는 물질의 총량에 반비례한다.

“방사선”이라는 단어가 때로는 우려를 불러일으키기도 하지만, 업계에서는 지난 30년 이상 안전성을 유지하고 있다.

### 2.8.2 장점

방사선 기술의 가장 큰 장점은 비침습적(예를 들면, 탱크 상에 어떠한 기기 프로세스를 물리적으로 연결할 필요가 없으므로)이라는 점이다.

또한 방사선 레벨 기기는 비접촉식으로 고온과 고압, 부식성 물질, 연마성 물질, 점성이 있는 물질, 교반이나 막힘 현상에 의해 영향을 받지 않는다. 또한 리퀴드와 고체, 인터페이스에서 포인트 레벨 계측과 연속 레벨 계측 모두에서 사용 가능하다.

### 2.8.3 한계점

큰 밀도 변화, 특히 물질 중 수소의 밀도 변화가 크면 오류가 발생한다. 베슬 벽의 코팅층 또한 계측 결과에 영향을 줄 수 있다. 방사선 기술을 사용하기 위해서는 허가를 받아야 하며 누수가 되는지 확인해야 하는 것은 물론, 처리 및 폐기 문제, 그리고 건강과 안전에 관한 사항도 확인해야 한다. 방사선은 상대적으로 고가이다.

## 2.9 레이저

-연속 레벨 계측

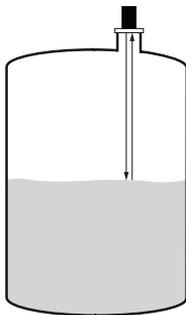


그림 2.9.1 레이저 원리를 보여주는 그림

### 2.9.1 기본원리

레이저 레벨 센서는 적외선을 이용해 표면을 향해 초점이

맞춰진 빔을 전송한다. 레이저의 빛은 대부분의 고체나 리퀴드 표면에서 반사된다. 전송 시간은 센서로부터의 표면의 거리나 범위를 결정하기 위해 정확하게 계측될 수 있다.

### 2.9.2 장점

빔은 폭이 좁고 초점이 맞춰지는 형태이기 때문에 공간에 제약이 있는 상황에서는 이 기술이 적합하다. 비접촉식 기술이며 움직이는 부분이 없어 유지 관리가 까다롭지 않다. 레이저 레벨 기기는 탁하거나 빛을 반사하는 리퀴드 또는 고체에서 효과적으로 작동한다. 레이저 기술은 신속한 레벨 변화를 처리할 수 있으며, 정확도가 높고 장거리 상에서 계측이 가능하다.

### 2.9.3 한계점

레이저 기기가 가능하기 위해서는, 기기에서 레이저 빔이 발사되는 위치의 유리창이 깨끗하게 유지되어야 한다. 따라서 레이저 기기는 먼지나 안개, 스팀이나 증기에 취약하다. 또한 레이저 빔은 투명한 리퀴드의 표면을 통과한다. 기기 설치 시에는 꼭 고정 및 정렬해두어야 한다

## 2.10 자기변형 (Magnetostrictive)

-연속 레벨 계측

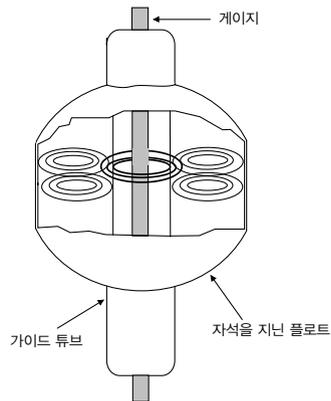


그림 2.10.1 자기 변형 자기장을 보여주는 그림

### 2.10.1 기본원리

자기 변형 기기는 플로트 내의 자기장과 가이드 튜브 내의 자기장이 형성하는 교차지점을 계측한다. 플로트는 리퀴드의

## 2 - 레벨 계측 기술

레벨이 변할 때 가이드 튜브를 상하로 자유롭게 이동 가능하다. 전자장치는 가이드를 따라 저전류 펄스를 전송하고, 펄스가 발생시킨 자기장이 플로트에 의해 발생된 자기장에 도달하면 비틀린 형태의 “트위스트(twist)”가 시작된다. 이는 음파를 형성하여 음파가 감지되고 시간이 계속된다.

### 2.10.2 장점

자기변형 기기는 정확하며( $<1/32"$  또는 1mm), 레벨뿐만 아니라 인터페이스와 수 많은 온도가 한대의 기기 상에서 계측될 수 있다.

### 2.10.3 한계점

자기변형 게이지는 플로트의 위치를 계측하는데, 이는 밀도의 변화가 계측 상의 오류를 유발할 수 있다는 것을 의미한다. 자기 변형 기술은 침습적이어서 (탱크 내에 물리적으로 연결 및 설치되어서) 막힘 현상이 있거나 들러붙을 수 있고, 부식에 민감하다. 일반적으로  $> 9$  ft(3 m)의 긴 거리는 변화가 심한 환경이나 부적절한 설치로 손상될 수 있다. 또한 자기 변형 기술은 리퀴드 내의 금속 입자를 끌어들이어 유체내 입자가 부유하는 방식을 변화시킨다.

## 2.11 자기 레벨 인디케이터 (Magnetic Level Indicator)

-연속 레벨 계측

### 2.11.1 기본원리

자기 레벨 인디케이터(Magnetic Level Indicator, MLI)는 프로세스 베슬에 평행한 챔버와 레벨을 시각적으로 표시해주는 인디케이터를 지닌 기동으로 구성된 수직형 인디케이터다.

MLI 챔버는 레벨과 함께 상하로 이동하며, 기동 내에서 시각화된 인디케이터를 작동시키거나 움직이는 자기 플로트를 포함하고 있다. 플로트는 자기변형 센서를 작동시킬 수 있으며, 자기변형 센서는 자기장에 노출되면 반응하게 된다.

챔버는 프로세스 리퀴드와 온도 및 압력과 함께 존재할 수 있는 비자기 물질로 구성된다. 챔버는 프로세스 베슬과 평행하므로, 챔버 내 리퀴드의 레벨은 프로세스의 리퀴드 레벨과 동일하거나 변동이 있어도 심하지 않다. 챔버는 기기와 파이핑을 통해 프로세스 베슬로 연결되며, 여러 연결부위를

지닐 수 있다. 베슬의 내용물을 잘 확인할 수 있도록 연결 부위를 정하고 리퀴드가 챔버로 흐르면 챔버에서는 챔버는 프로세스 베슬 내에 존재하는 리퀴드와 동일한 리퀴드 및 리퀴드 인터페이스를 확인할 수 있다.

자기 플로트나 챔버 내에 포함된 플로트는 전체 레벨 및 비중에 따라 인접한 두 리퀴드 간의 인터페이스에 위치하도록 설계된다. 일반적으로 인디케이터는 플리퍼(flippers)나 롤러(rollers)의 기동을 포함하는 하우징(housing)으로 구성된다. 자기화된 플로트로부터 발생하는 플럭스(flux)가 챔버의 벽을 통과하여 챔버 벽이 움직이게 되면 플리퍼나 롤러가 뒤집히는데, 이는 일반적으로 플리퍼나 롤러의 뒷면 색을 나타내며 이로 챔버 내에 포함되는 플로트의 위치를 표시할 것이다. 리퀴드의 레벨이나 챔버 내부의 리퀴드 인터페이스가 상승 및 하강함에 따라, 플로트가 상승 및 하강하고 레벨이 MLI의 인디케이터에 의해 전달되고 표시된다. 자기 유속선은 자기 변형 센서나 기동에 부착되어 있는 리드(reed) 스위치와 같은 스위치를 활성화한다.

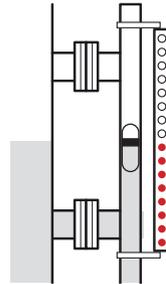


그림 2.11.1 자기 레벨 인디케이터를 보여주는 그림

### 2.11.2 장점

자기 레벨 인디케이터는 일반적으로 작업자에게, 주어진 베슬 내부에 포함된 프로세스 리퀴드의 레벨을 시각적으로 나타내주기 위해 사용된다. 시각적 인디케이터는 프로세스 리퀴드를 포함하고 있지 않으므로, 검사 유리창이 깨지거나 효과적으로 밀폐되지 않아 프로세스 리퀴드가 환경으로 방출될 위험이 없다는 점에서 검사 유리창과 비교 시 장점을 지닌다. 또한 리퀴드의 레벨을 다소 떨어진 거리에서도 관찰할 수 있으며, 무색의 리퀴드도 관찰 가능하고, 검사 유리창을 오염시키거나 에칭(etching) 시키는 리퀴드의 레벨도 확실하게 관찰할 수 있다. MLI는 지난 수십 년 간 사용되어 왔다.

### 2.11.3 한계점

자기 레벨 인디케이터는 종종 오염되거나 들러붙는 플로트에

의존한다. 매체에 쇠줄밥(iron filings)이 존재하는 경우, 자석에 붙어 플로트를 소진시킬 수 있다. 또한 챔버가 프로세스 온도 이하인 경우, 파라핀과 같은 물질을 포함한 접착성이 있는 매체로 인해 플로트가 들러붙거나 소진될 수 있다. 플로트는 하이드로 테스트, 스팀 청소, 프로세스 시작 및 프로세스 정지 중 붕괴에 취약하다. MLI 인디케이터는 종종 자기적으로 플로트에 연결되어 플로트 이동 시 움직이는 바버(bobber)를 사용한다. 이러한 유형의 플로트는 플로트를 재시작해야 하는 “바버” 유형의 인디케이터에서 분리된 것이라 알려져 있다. “플리퍼(flexer)” 유형의 인디케이터는 상대적으로 이러한 문제에 영향을 받지 않는다. 특정한 상황에서는 보일러(boiler) 압으로 인해 시설의 작업자가 프로세스 매체를 직접 관찰해야 한다.

이러한 사례에서 MLI는 적절하지 않을 것이다. 플로트 디자인은 베슬 내 압력과, 전체 온도 범위 이상의 프로세스 리퀴드 비중에 의존한다. 고온과 고압, 그리고 낮은 비중에서의 적용이 가장 어려우나, MLI는 1000°F (538°C) 정도의 온도, 최대 4000 psi(275 bar)의 압력, 그리고 0.4 이하의 비중을 지닌 리퀴드에서 사용될 수 있다.

침수되어 있는 디스플레이서의 부력을 계속적으로 감지한다. 평형 조건에서 균형 스프링이 리퀴드 내로 부분적으로 잠기면 균형 스프링의 힘에 대한 디스플레이서의 무게를 비교한다. 레벨의 상승이나 하강으로 인해 부력이 달라진다. 탐지장치는 계측 드럼을 회전시켜 다시 균형을 찾을 때까지 디스플레이서를 상승시키거나 하강시키는 양방향 모터 내의 집적 회로를 조절한다.

서보 탱크 게이지는 일반적으로 스틸링 웰(Stilling Wells)에 있는 탱크의 최상층에 설치된다. 정확성을 최대화하기 위해서는 디스플레이서를 스틸링 웰(Stilling Wells) 내에 설치하여 디스플레이서가 수평 방향으로 이동되는 것을 방지해야 한다. 스틸링 웰(Stilling Wells) 내에 설치되지 않으면 설치 오류가 발생될 수 있다.

서보 레벨 게이지 또한 인터페이스 계측에 사용될 수 있다. 이러한 경우 디스플레이서는 무게가 있는 금속이어야 하며, 상층부에서는 가라앉아야 한다.

시스템의 정확도에 영향을 미치는 요소는; 온도 변화로 인한 케이블의 팽창, 설치 위치, 리퀴드의 헤드 스트레스(Head Stress)로 인해 탱크가 블록체져 기준점이 이동된 경우, 제품 밀도의 변화 및 케이블과 드럼의 저항력이다.

### 2.12 서보(Servo)

-연속 레벨 계측

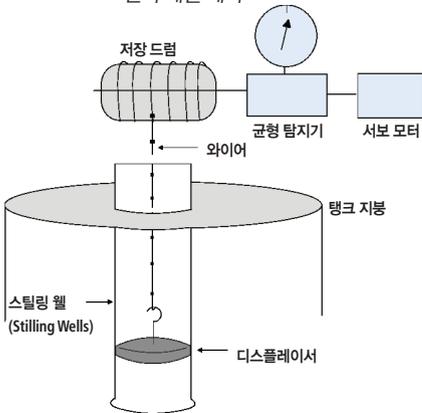


그림 2.12.1 서보를 이용하는 레벨 게이지를 보여주는 그림

#### 2.12.1 기본원리

서보를 이용하는 레벨 게이지는 디스플레이서와 케이블에 부착되어 있는 양방향 모터를 사용한다. 디스플레이서 플로트는 계측 드럼 상에 보관된 와이어에 부착되어 있다. 서보 모터는 전자식으로 균형을 조절하는 무게계측 원리에 의해 조절되는데, 전자식 무게 계측 균형은 부분적으로

#### 2.12.2 장점

서보를 이용하는 레벨 게이지는 직접 레벨을 계측하는 방식으로 기기의 레벨 정확도가 높다( $\pm 0.5\text{mm}$ ).

일부 서보 게이지는 전반적인 성능 및 반복성 확인 또는 검교정을 위해, 또는 레벨을 감지하는 디스플레이서를 상승시키거나 하강시키기 위해 원격으로 작동시킬 수 있다. 디스플레이서를 하강시킴으로써 밀도를 계측하고, 탱크 바닥의 제품 표면 하방에 존재하는 물의 인터페이스를 감지할 수 있다.

#### 2.12.3 한계점

정확성을 극대화하기 위해서는 디스플레이서를 스틸링 웰(Stilling Wells) 내에 설치하여 디스플레이서가 수평 방향으로 이동되는 것을 방지해야 한다.

게이지에는 가동 부분이 많아 기계적 마모에 취약하고, 먼지와 제품이 쌓이는 현상에 민감하다.

계측하는 제품의 밀도 변화는 레벨 감지부가 평형 조건에서 침수되는 것에 영향을 줄 수 있다.

밀도 및, 서보 게이지와와의 물의 인터페이스를 계측하는 것이 가능하기는 하나, 이는 와이어나 디스플레이서를 제품 내부로 하강시켜야 하며, 따라서 와이어나 디스플레이서에 제품의 잔유물이 남을 수 있다. 이로 인해 정확성 유지에 필요한 유지 관리가 번거로워진다. 밀도 및 물의 인터페이스가 계측되는 동안 실제 제품의 레벨을 계측할 수 없다는 단점이 있다.

### 2.13 진동 포크 스위치

- 포인트 레벨 탐지

#### 2.13.1 기본원리

튜닝포크(소리굽쇠) 스위치는 일반적으로 피에조-크리스탈 어셈블리(piezo-crystal assembly)에 의하여 고유 주파수에서 진동하는 두 개의 갈고리를 갖는 포크로 구성된다. 이 스위치는 포크가 탱크 내로 돌출된 형태가 되도록 플랜지(flange)나 나사형 프로세스로 연결되어 탱크의 측면이나 최상부에 설치된다.

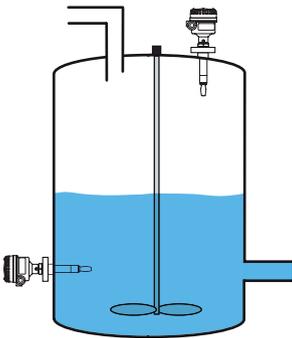


그림 2.13.1 탱크의 최상부와 측면에 설치된 진동 포크 스위치는 보여주는 그림

공기 중에 존재하는 경우, 탐지 장치 회로에 의해 감시되는 고유 주파수에서 포크가 진동한다. 포크가 리퀴드에 담겨 있을 때는 진동 주파수는 급강하고 스위치 전자기기에 의해 진동 주파수가 감지되는데, 순차적으로 알람이나 펌프 또는 밸브를 작동시키는 스위치의 출력 상태를 변경한다. 스위치의 작동 주파수는 잘못된 스위칭(switching)을 유발할 수 있는, 정상적인 시설의 진동으로부터 발생된 간섭을 방지하기 위하여 선택된다.

연결부가 없는 일체형 설계로, 구성 재료는 보통 스테인리스

스틸이며, 이로 인해 고압과 고온 환경에서 사용이 가능하다. 부식성 환경을 위해서는 침수부분을 코팅하거나 특이 재질로 선택할 수 있다.

#### 2.13.2 장점

진동 포크 스위치는 흐름이나 거품, 변화가 심한 상황, 포말, 진동, 고체 내용물, 코팅, 리퀴드의 특징, 그리고 제품의 변화에 의하여 사실상 영향을 받지 않는다. 또한 검교정이 필요하지 않으며, 설치 절차 과정보도 최소화 된다. 가동 부분이나 연결 틈이 없다는 것은 유지 관리가 사실상 필요하지 않다는 것을 의미한다.

#### 2.13.3 한계점

진동 포크 스위치는 매우 점성이 높은 매체에는 적합하지 않다. 포크 사이에 물질이 쌓여 포크 사이가 연결이 되면 잘못된 스위칭을 유발할 것이다.

### 2.14 플로트 및 디스플레이서 스위치

- 포인트 레벨 탐지

#### 2.14.1 기본원리

플로트 스위치는 보통 탱크의 측면이나 외부 챔버 안에 설치되며, 스위칭 레벨에 도달 시 부력의 원리를 통하여 플로트를 들어올리는 리퀴드에 의존한다. 플로트는 플로트 어셈블리의 일부로서 영구자성을 지니며, 플로트 어셈블리는 스위치 하우징 내부에서 영구자성을 지니는 다른 자석과 상호작용한다.

이러한 단순한 전기 기계적 기기는 상대적으로 문제가 발생되지 않으며, 고레벨이나 저레벨 상황에서 신뢰성 있는 스위칭이 가능하게 한다.

스위치의 설치 지점에서 하방으로 먼 거리에 스위칭 포인트가 요구될 경우 디스플레이서 유형의 스위치가 사용된다. 디스플레이서 트랜스미터와 유사한 방식으로 작동되는 이러한 디스플레이서는 케이블 상에 위치하며, 필요한 스위칭 레벨에서 설치 지점 하방으로 스프링에 매달려 있다.

디스플레이서 부분은 무게를 갖고 스프링에 의해 지지되어 매달려 있다. 이 부분이 리퀴드에 잠기게 되면 스프링이 감지하는 실제 무게가 감소되고, 작동하는 영구자석이 들어 올려져 스위치 하우징 내부의 다른 자석과 상호작용한다.

## 2 - 레벨 계측 기술

또한 디스플레이서 디자인은 압력이 매우 높은 상황과 비중이 낮은 리퀴드가 존재하는 경우에도 사용 가능하다.

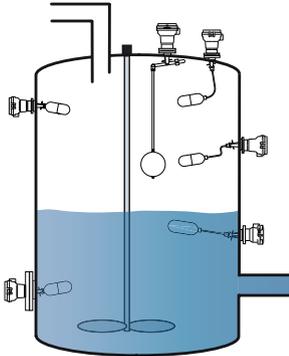


그림 2.14.1 플로트 스위치의 각기 다른 설치 위치를 보여주는 그림

### 2.14.2 장점

몇 가지 부품만을 지닌 매우 단순한 구조이기 때문에 플로트와 디스플레이서 스위치는 매우 신뢰성이 높으며 유지 관리가 용이하다. 고압과 고온은 문제가 되지 않으며 다양한 침수 물질로 인해 대부분의 리퀴드에서 사용 가능하다.

### 2.14.3 한계점

플로트와 디스플레이서 스위치는 단순한 수동적인 기기로, 자기 점검 특징을 지니고 있지 않아 정기적인 확인과 유지 관리가 권장된다. 플로트나 디스플레이서는 움직이는 부분이므로 밀도가 크거나 점성이 있는 리퀴드에서 들러붙는 현상이 발생될 수 있다.

## 2.15 전도도 측정(Conductivity) 물과 증기의 인터페이스의 감시

-연속 포인트 레벨 탐지

### 2.15.1 기본원리

기동이나 스팀관 내부에 존재하는 리퀴드의 전기 저항을 계측함으로써 물(2Ω-100KΩ 사이의 대표 값)이나 스팀(>10KΩ의 대표 값)이 존재하는지 탐지할 수 있다.

스팀 드럼이나 보일러 내부의 물의 레벨을 계측하기 위해, 전극을 보일러에 부착된 물 기동 내부에 수직으로 배열하여 설치한다. 보일러에 측면에 부착된 물 기동은 정상적인 물

레벨의 상하방에 설치된다. 각 전극에서의 저항이 계측되며, 두 개의 인접한 전극 사이의 저항력이 크게 변하면 물의 레벨이 확인된다.

스팀과 물의 각기 다른 저항력에 대한 특성은 터빈의 용수 유도 방지 시스템(Turbine water induction prevention systems, TWIP)에서 이용된다. 스팀관 내부에 전극을 설치하고 저항을 계측함으로써 원하지 않는 물의 존재가 탐지되어 안전도가 적절인지 확인할 수 있다.

### 2.15.2 장점

저항력을 계측하여 스팀이나 물을 탐지하는 것은 이미 증명된 기술이다. 물과 증기 간의 저항력의 차이는 상당하며, 이로 인해 계측이 간단하며 계측의 신뢰성이 높아진다.

물의 레벨을 표시하거나, 스팀이나 물의 존재를 구별하기 위하여 전기적인 방식을 사용하면 시스템은 매우 높은 수준으로 자기 점검이 가능하고, 기계적인 방식과 비교했을 때 움직이는 부분이 없기 때문에 안전한 상태가 된다. 또한 일상적인 유지 관리의 수고를 매우 덜어준다.

### 2.15.3 한계점

시스템의 신뢰성은 시스템 내의 물의 질에 의존한다. 일반적으로 물은 매우 깨끗한 상태이지만, 오염된 물이 존재하면 전극이 더러워진다. 그러나 발전된 시스템에서는 이로 인하여 문제가 발생하지 않는다.

작동 온도는 물질의 구성에 의해 1040 °F(500 °C)로 제한된다.

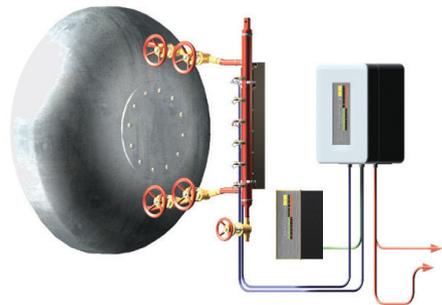


그림 2.15.1 보일러 드럼 상에서 전도도 계측용 물/스팀 탐지 시스템을 보여주는 그림

2.16 연속 레벨의 개관

| 프로세스 조건               | 입력 | 정전용량 | 죽음파 | Guide Wave 레이다 | 레이더 비접촉 | 방사선 | 레이저 | 디스플레이서 | 자기변형 | 자기변형 인디케이터(램버 내) | 서보 (스틸링 웰(Stilling Wells)) |
|-----------------------|----|------|-----|----------------|---------|-----|-----|--------|------|------------------|----------------------------|
| 포기(Aeration)          | 2  | 1    | 2   | 1              | 2       | 2   | 2   | 1      | 2    | 1                | 2                          |
| 교반                    | 1  | 2    | 3   | 3              | 1       | 1   | 2   | 1      | 2    | 1                | 2                          |
| 주변 온도의 변화             | 2  | 1    | 2   | 1              | 1       | 1   | 1   | 2      | 1    | 1                | 1                          |
| 부식                    | 2  | 1    | 1   | 2              | 1       | 1   | 1   | 2      | 2    | 2                | 2                          |
| 밀도 변화                 | 2  | 1    | 1   | 1              | 1       | 2   | 1   | 2      | 2    | 2                | 3                          |
| 유전체 변화                | 1  | 3    | 1   | 1*             | 1       | 1   | 1   | 1      | 1    | 1                | 1                          |
| 먼지                    | 1  | 1    | 3   | 1              | 2       | 1   | 3   | 3      | 1    | 3                | 3                          |
| 유제                    | 1  | 1    | 1   | 2**            | 1       | 1   | 1   | 1      | 2**  | 2**              | 2**                        |
| 포말(foam)              | 1  | 2    | 3   | 1              | 2       | 1   | 3   | 1      | 1    | 1                | 2                          |
| 프로세스의 고온 한계           | 1  | 1    | 3   | 1              | 2       | 1   | 1   | 1      | 3    | 1                | 2                          |
| 베슬의 고압 한계             | 1  | 1    | 3   | 1              | 2       | 1   | 1   | 1      | 3    | 2                | 2                          |
| 내부 장애물                | 1  | 2    | 2   | 2              | 2       | 2   | 2   | 1      | 1    | 1                | 1                          |
| 프로세스 저온 (< 0°F, <-40) | 1  | 1    | 1   | 1              | 1       | 1   | 1   | 2      | 1    | 2                | 1                          |
| 베슬 저압(진공)             | 2  | 1    | 3   | 1              | 1       | 1   | 1   | 1      | 1    | 1                | 1                          |
| 소음(EMI, 모터)           | 1  | 1    | 2   | 1              | 1       | 1   | 2   | 1      | 1    | 1                | 1                          |
| 제품 코팅                 | 3  | 3    | 2   | 2              | 1       | 2   | 2   | 3      | 3    | 3                | 3                          |
| 슬러리                   | 2  | 1    | 1   | 2              | 1       | 1   | 1   | 3      | 2    | 2                | 3                          |
| 고체                    | 3  | 2    | 2   | 1              | 1       | 1   | 1   | 3      | 3    | 3                | 3                          |
| 증기                    | 1  | 2    | 2   | 1              | 1       | 1   | 2   | 1      | 1    | 1                | 1                          |
| 점성/접착성 제품             | 2  | 2    | 1   | 2              | 1       | 1   | 1   | 3      | 3    | 3                | 3                          |

표 2.16.1: 문제 처리 능력에 따른 각 기술의 등급

1 = 좋음: 이 조건은 기술의 성능에 거의 영향을 미치지 않거나 완전히 영향을 미치지 않는다.

2 = 양호: 기술은 이러한 조건을 처리할 수 있으나, 성능이 영향을 받을 수 있으며 특별 설치가 필요하다.

3 = 나쁨: 기술은 이러한 조건을 제대로 처리할 수 없으며, 이러한 조건에서는 적용이 불가능하다.

\* 변화하는 유전체 값은 인터페이스 계측의 정확도에 영향을 미칠 것이다.

\*\* 전체적인 레벨은 OK이며, 인터페이스 레벨은 양호.

2.17 포인트 레벨 개관

|              | 정전영량 | 방사선 | 플로트 스위치 | 진동 포크 |
|--------------|------|-----|---------|-------|
| 프로세스 조건      |      |     |         |       |
| 포기(Aeration) | 1    | 2   | 1       | 1     |
| 교반           | 2    | 1   | 1       | 1     |
| 주변 온도의 변화    | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 부식           | 1    | 1   | 2       | 2     |
| 밀도 변화        | 1    | 2   | 2       | 1     |
| 유전체 변화       | 3    | 1   | 1       | 1     |
| 먼지           | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 유제           | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 포말(Foam)     | 2    | 1   | 1       | 2     |
| 프로세스의 고온 한계  | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 베슬의 고압 한계    | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 내부 장애물       | 2    | 2   | 1       | 1     |
| 프로세스의 저온 한계  | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 베슬의 저압 한계    | 1    | 1   | 1       | 1     |
| 소음(EMI, 모터)  | 1    | 1   | 2       | 2     |
| 제품 코팅        | 3    | 2   | 2       | 2     |
| 슬러리          | 1    | 1   | 2       | 2     |
| 고체           | 2    | 1   | 3       | 3     |
| 증기           | 2    | 2   | 1       | 1     |
| 접성/접착성 제품    | 2    | 1   | 2       | 2     |

표 2.17.1: 문제 처리 능력에 따른 각 기술의 등급

1 = 좋음: 이 조건은 기술의 성능에 거의 영향을 미치지 않거나 완전히 영향을 미치지 않는다.

2 = 양호: 기술은 이러한 조건을 처리할 수 있으나, 성능이 영향을 받을 수 있으며 특별 설치가 필요하다.

3 = 나쁨: 기술은 이러한 조건을 제대로 처리할 수 없다.



# 3

## Rosemount 레벨 제품

| Topic                                  | Page |
|--|------|
| 3.1 Guided Wave 레이더 _____              | 44   |
| 3.2 비접촉식 레이더 _____                     | 45   |
| 3.3 Raptor 탱크 게이징 시스템 _____            | 47   |
| 3.4 초음파 트랜스미터 및<br>컨트롤러 _____          | 50   |
| 3.5 차압과 정수압(Hydrostatic) _____         | 52   |
| 3.6 전도도 측정기 물과 스팀의<br>인터페이스 모니터링 _____ | 53   |
| 3.7 슬러지 블랭킷 모니터링 _____                 | 54   |
| 3.8 포인트 레벨 탐지 _____                    | 56   |
| 3.9 무선 레벨 계측, 탐지 및 관리 _____            | 59   |
| 3.10 외부 설치용 챔버 _____                   | 61   |

### 3. Rosemount 레벨 제품

Rosemount 레벨 제품에는 다양한 설치 및 응용 환경에서 최상의 효율을 보장하기 위해 요구되는 기술이 포함되며, 뛰어난 내구성과 신뢰도 높은 계측을 보장한다. 본 장에서는 이러한 제품들을 개관해보고자 한다. 제품에 대한 세부 사항은 웹사이트 Rosemount.com의 제품 설명서(Product Data Sheet) 메뉴에서 확인할 수 있다.

#### 3.1 Guide Wave 레이더

로즈먼트 Guide Wave 레이더에는 5300 시리즈와 3300 시리즈 두 가지가 있다. 응용 상황에 맞는 올바른 모델을 선택하기 위해서는 아래의 표를 참고하라.

##### Rosemount Guide Wave 레이더의 장점:

- 높은 정확도와 신뢰도를 지닌 계측
- 최상층에 설치되어 액체나 고체의 레벨 및 인터페이스를 직접 계측
- 넓은 온도 및 압력 범위
- 밀도, 점도, 전도도, 부식성, 증기, 격변 상황, 먼지, 압력 및 온도 변화 등의 프로세스 조건에 영향을 받지 않는다.
- 협소한 공간에 적합하며 이전의 기술과 쉽게 교체 가능
- 어떤 응용 상황에서도 적용할 수 있는 광범위한 형식의 프로브
- 간단한 설치
- 레벨, 인터페이스 레벨, 거리, 상부 층의 두께, 부피 및 신호 강도의 선택을 포함하는 MultiVariable™ 출력
- 넓은 범위의 접액부 재질과 프로세스 연결
- 내구성 높은 모듈식 디자인으로 가동 비용이 적게 들고 안전성이 높다.
- Rosemount Smart Wireless THUM™ Adapter와 결합 시 무선으로 사용 가능

##### 3.1.1 뛰어난 성능의 5300 시리즈 Guide Wave 레이더

- Direct Switch Technology로 2선식 GWR 트랜스미터보다 강력한 신호가 가능해져 계측 성능과 신뢰도가 향상된다.
- Probe End Projection으로 원거리의 저유전체 제품 상에서도 계측이 가능하다.
- Dynamic Vapor Compensation 기능으로 포화 스팀에서도

정확도가 높다.

- 예방적인 유지 관리 프로그램이나, 포말의 외형과 같은 프로세스 상에서의 변화를 감지하는 고성능 진단 루틴 (SQM)
- Smart Galvanic 인터페이스로 성능이 향상된 EMC는 안전성을 증대시킨다.
- 고성능 진단루틴을 지원하는 4-20 mA HART™, FOUNDATION™ fieldbus나 Modbus로 새로운 시설이나 기존의 시설에 통합이 용이하다.
- 강력하고 사용이 용이한 환경설정 도구
- 극한의 온도 및 압력 프로브를 포함하여, 사실상 어떠한 응용 환경에서도 적용이 가능한 넓은 범위의 프로브 형식
- 내구성 높은 모듈식 디자인과 Multivariable™ 트랜스미터로 가동 비용이 적게 들고 안전성이 높다.
- 액체 및 고체용
- 선사용(Prior-use) SIL 2에 적합

##### 3.1.2 다용도의 사용이 용이한 3300 시리즈 Guide Wave 레이더

- 대부분의 액체 보관 및 모니터링 상황 처리
- 신뢰도가 입증된 최초의 2선식 레벨 및 인터페이스 트랜스미터
- 사용이 용이한 Radar Configuration Tools로 설치가 쉽고 빠르며, 파형 플로팅 및 로깅 도구를 지닌 진단 루틴 제공
- 기존의 HART 및 Modbus 시설 구조에 쉽게 통합된다.



Rosemount 5300

Rosemount 3300

Guide Wave 레이더의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|             |  | 3300           | 5300       |
|-------------|--|----------------|------------|
| 인증 사항       | 내압 또는 본질 안전 방폭   | ●              | ●          |
|             | 넘침 방지 (DIBt / WHG)                                     | ●              | ●          |
|             | 적합 안전 시스템  | ○              | ●          |
|             | Offshore 승인  | ○              | ●          |
| 출력          | HART 4-20 mA   | ●              | ●          |
|             | FOUNDATION fieldbus                                    | ○              | ●          |
|             | MODBUS   | ●              | ●          |
|             | THUM 어댑터와 무선 HART                                      | ●              | ●          |
| 환경 설정       | 맞춤형 PC 설정 및 지원 소프트웨어                                   | ●              | ●          |
|             | Rosemount AMS™ Suite / Field 커뮤니케이터(예, 375/475)        | ●              | ●          |
|             | Delta V 및 기타 다른 FF 호스트                                 | ○              | ●          |
|             | DTM 준수 <sup>2</sup>                                    | ●              | ●          |
| 진단 루틴       | 향상된 EDDL/DTM 성능  | ○              | ●          |
|             | 기본 진단 루틴 기능  | ●              | ●          |
|             | 고성능 진단 루틴 기능   | ○              | ●          |
| 프로브 재질      | 스테인리스 스틸 혹은 PTFE 피복                                    | ●              | ●          |
|             | Duplex 2205, Alloy C-276, Alloy 400                    | ○              | ●          |
| 최대/최소 온도/압력 | -40~320°F (-40~150°C) / -14(-1) ~ 580 psig (40bar)     | ●              | ●          |
| 성능          | -320~752°F (-196~400°C) / -14(-1) ~ 5000 psig (345bar) | ○              | ●          |
|             | 최대 계측 범위   | 75ft/23m       | 164ft/50m  |
|             | 코액서블/싱글리드 프로브3 시의 최소 유전체 상수                            | 1.4/2.5        | 1.2/1.4    |
|             | 기준 정확도   | ±0.2in/5mm     | ±0.1in/3mm |
| 싱글 리드       | 격변 환경, 탄화수소  | ○              | ●          |
| 프로브에 의한 어려운 | 레벨 및 계   | ○ <sup>4</sup> | ●          |
| 응용 환경       | 코팅 제품  | ○              | ●          |
|             | 고체   | ○              | ●          |
|             | 포화 스팀  | ○              | ●          |
|             | 불안정한 전자기 인터페이스   | ○              | ●          |

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS)와 GWR 기기 및 선택 가이드 참조

설명 : 가능 ● 불가능 ○

<sup>2</sup> Fieldmate, FieldCare 및 PactWare에서의 환경 설정

<sup>3</sup> 추가 정보는 제품 설명서 참조 금속 챔버 내의 싱글 리드 프로브의 설치나 Probe End Projection 기능의 활성화는 최소 유전체 상수를 증대시킬

<sup>4</sup> 최대 30ft / 9m까지 적절

표 3.1.1 Rosemount Guide Wave 레이더 트랜스미터의 사양 및 선택 가이드

### 3.2 비접촉식 레이더

- 상부에 설치, 비접촉식, 직접 레벨 측정
- 넓은 온도 및 압력 범위
- 밸브를 사용해 분리 가능
- 밀도, 점도, 전도도, 부식성, 증기, 격변 상황, 먼지, 압력 및 온도 변화 등의 프로세스 조건에 영향을 받지 않는다.

- 오염되어 있거나 코팅 및 부식성 환경에 적합
- Rosemount Smart Wireless THUMTM Adapter와 결합 시 무선으로 사용 가능
- 교환 가능한 트랜스미터 헤드 및 안테나로 유연성이 높다.
- 가동부가 없고 액체와 접촉되는 부분이 없다.
- Rosemount Radar Master 환경설정 도구로 트랜스미터 소프트웨어의 설치가 용이
- 넓은 안테나 및 물질 선택 범위

### 3 - Rosemount 레벨 제품

Rosemount 비접촉식 레이더에는 5400 시리즈와 5600 시리즈 두 가지가 있다. 응용 상황에 맞는 올바른 모델을 선택하기 위해서는 아래의 표를 참고하라.



#### 비접촉식 레이더의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|                |   | 5400             | 5600             |
|----------------|---|------------------|------------------|
| 인증 사항          | 내압(Explosion Proof) 또는 본질 안전(intrinsically safe) 방폭 | ●                | ●                |
|                | 넘침 방지 (DIBt / WHG)                                  | ●                | ●                |
|                | 적합 안전 시스템   | ●                | ○                |
|                | 해상이용 승인   | ●                | ○                |
| 출력             | 전력 및 커뮤니케이션을 위한 분리 와이어링(예, 4선식)                     | ○                | ●                |
|                | HART 4-20 mA  | ●                | ●                |
|                | FOUNDATION fieldbus                                 | ●                | ○                |
|                | MODBUS  | ●                | ●                |
|                | THUM 어댑터와 무선 HART                                   | ●                | ●                |
| 환경 설정          | 맞춤형 PC 설정 및 지원 소프트웨어                                | ●                | ●                |
|                | Rosemount AMS™ Suite / Field 커뮤니케이터(예, 375/475)     | ●                | ●                |
|                | Delta V 및 기타 다른 FF 호스트                              | ●                | ●                |
|                | 항상된 EDDL/D™ 성능                                      | ●                | ○                |
|                | DTM 준수 <sup>2</sup>                                 | ●                | ○                |
| 진단 루틴          | 기본 진단 루틴 기능   | ●                | ●                |
|                | 고성능 진단 루틴 기능  | ●                | ○                |
| 안테나 재질         | 스테인리스 스틸, Alloy C-276, Alloy 400 또는 PTFE 피복         | ●                | ●                |
|                | 티타늄 또는 탄탈륨  | ○                | ●                |
| 최대/최소 온도/압력    | -40~320°F (-40~150°C) / -14(-1) ~ 232 psig (16bar)  | ●                | ●                |
| 성능             | 최대 계측 범위  | 115ft/35m        | 164ft/50m        |
|                | 최소 유전체 상수   | 1.9 <sup>3</sup> | 1.9 <sup>3</sup> |
|                | 기준 정확도  | 0.12in/3mm       | 0.2in/5mm        |
| 응용 환경에 대한 고려사항 | 무거운 증기나 기포 / 비등 표면                                  | 5401             | ●                |
|                | 밸브, 장형(long) 노즐, 소형 구멍 및 내부 구조                      | 5402             | ○                |
|                | 극심한 격변 환경 및 빠른 레벨의 변화                               | ●                | ●                |
|                | 고체, 과립, 분말  | ○                | ●                |

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

<sup>2</sup> Fieldmate, FieldCare 및 PactWare에서의 환경 설정

<sup>3</sup> 베슬 내 설치 시. 최소 유전체 상수는 금속 파이프 내에 설치 시 1/40이다. 계측 범위는 마이크로파 주파수와 안테나 크기, 유전체 상수, 그리고 프로세스 환경에 따라 달라진다. 추가 사항은 PDS 참조

설명: 가능 ● 불가능 ○

표 3.2.1 Rosemount 비접촉식 레이더의 사양 및 선택 가이드

### 3.2.1 뛰어난 성능의 5400 시리즈 2 선식 레이더

- 넓은 범위의 안테나와, 마이크로파 주파수가 다른 5401 (6GHz) 및 5402 (26GHz) 두 개의 모델에서 사용이 가능한 설치 및 응용 유연성
- 액체 레벨 계측
- Dual Port Technology로 One Port 레이더 트랜스미터 보다 신호가 강력하여 계측의 신뢰도가 높다.
- 응결 현상에 저항성이 있는 안테나로 인해 코팅에 대한 민감도가 낮고 안정성이 증대되며 유지 관리에 대한 수고가 줄어든다.
- 트랜스미터의 사용이 용이한 Measure-and-Learn™ 기능으로 인해 커미셔닝(commissioning)이 신속하고 간단하다.
- 원편광으로 인해 장애물과 탱크 벽에서 반사되는 에코를 감쇄시킨다
- 비금속 탱크를 통한 계측이 가능
- 고성능 트랜스미터 소프트웨어는 사용자 친밀 소프트웨어인 “Rosemount Radar Master”를 사용하여 쉽게 환경 설정된다.
- PlantWeb® Alerts, Modbus 또는 HART® 4-20mA를 지원하는 FOUNDATION™ fieldbus선택 시 새로운 시설이나 기존의 시설에 쉽게 통합이 가능
- SIL에 적합

### 3.2.2 니치(niche)용 5600 시리즈 4 선식 레이더

- 고감도와 독특한 신호 처리 특징을 지녀 넓은 범위의 프로세스 조건을 처리 가능
- 넓은 온도 범위
- 액체 및 고체 레벨 계측
- 약조건에서도 신뢰성 있고 정확한 레벨 계측이 가능하게 하는 높은 수준의 반복성

- 울트라 와이드(ultra-wide) 전력 공급
- HART와 중첩된 Modbus 및 아날로그 4-20 mA

### 3.3 Raptor 탱크 게이징 시스템 (Raptor tank gauging system)

Raptor 시스템은 정제 공장, 탱크 팜(tank farms), 그리고 연료 저장고에서 완전 액체 화물(bulk liquid) 관리를 위해 개발되었다.

Raptor 시스템은 다음 목적으로 탱크의 데이터를 계측하고 계산한다.

- 소유권 이전
- 재고 관리
- 오일의 움직임(oil movement)
- 제품손실 평가 / 관리
- 운전 및 혼합 관리
- 누출 탐지 및 넘침 방지

Raptor 탱크 게이징 시스템에는 아래의 시스템 개관에서 볼 수 있는 넓은 범위의 제품이 포함될 수 있다.

Raptor 시스템 5900S, 2240S, 2410 및 TankMaster의 주요 제품에 대해서는 아래에서 살펴보고 있다. Raptor 시스템에는 3.1.1과 3.2.1에서 설명한 5300 Guide Wave 레이더와 5400 비접촉 레이더가 포함될 수 있다. 각각의 제품에 대한 세부 사항은 웹사이트 [www.rosemount-tg.com](http://www.rosemount-tg.com)을 참조하라.

본 시스템은 다음의 탱크 데이터와 기능들을 제공하도록 환경 설정이 가능하다:

- 레벨, 레벨의 비율, 온도 및 물의 인터페이스 레벨 계측
- 다양한 온도를 입력하여 평균 온도 계산 가능
- SIL 2/SIL 3 고레벨 경보 및 개인 맞춤 기능을 위한 릴레이 출력
- 증기 압력 및 수두압 계측
- 2410 Tank Hub의 총 관측 부피(Total Observed Volume, TOV)와 관측 밀도 계산
- API에 따른 순부피 계산(TankMaster 소프트웨어 패키지)
- 재고, 하이브리드 및 소유권 이전 기능 (TankMaster 소프트웨어 패키지)

#### 3.3.1 높은 정확도의 5900S 시리즈 2선식 레이더 게이지

Rosemount 5900S는 소유권 이전 시 사용이 가능한 정확성을 지닌 프리미엄 비접촉 레이더 레벨 게이지로, 레벨 계측이 까다로운 정유공장과 탱크 터미널의 여러 응용 환경에 적합하다. FMCW 계측 방식으로 최고의 정확도가 실현되며, 밀도 등 대부분의 액체 특성 변화에도 영향을 받지 않는다.

다양한 저장 탱크에 적합한 Rosemount 5900S에는 네가지의 주요 유형이 존재한다:

- 스틸 파이프 없는 탱크에서의 일반적인 사용을 위해 파라볼라 안테나를 지닌 Rosemount 5900S. 접착성이 있는 액체 등과 같은 까다로운 탱크 환경에서도 계측 가능
- 스틸 파이프 없는 고정형 루프 설치를 위해 혼(Hone) 안테나를 지닌 Rosemount 5900S
- 기존의 스틸 파이프에서의 계측을 위해 스틸 파이프 Array 안테나를 지닌 Rosemount 5900S
- LPG, LNG와 같은 액화 가스용 LPG/LNG 안테나를 지닌 Rosemount 5900S



Rosemount 5900S

파라볼라 안테나

스틸 파이프 안테나

#### 5900S 레이더 레벨 게이지의 주요 특징:

- OIML R85: 2008 인증을 포함한 소유권 이전 인증요건을 갖춘 고정확도
- IEC 61508-2 및 61508-3에 따라 Exida가 인증한 SIL2 와 SIL3
- 최대의 유연성을 가진 확장가능한 디자인
- 개방형 시스템 구조
- 높은 비용 효율과 안전한 설치를 위한 2선식 저전압 탱크버스(tankbus)
- FOUNDATION fieldbus를 기반으로 한 자동 환경설정 탱크버스
- 이중화(redundant) 레벨 기기 (2-in-1 게이지)
- 탱크와 관리실 간의 스마트 무선 연결
- 다른 판매회사들이 공급한 시스템과 비용 효율적인 완전한 에뮬레이션 기능
- 완벽한 탱크 팜 모니터링을 위한 강력한 재고 관리 소프트웨어 패키지

#### 3.3.2 2240S 다중 입력 온도 트랜스미터

고성능 2240S 다중 입력 온도 트랜스미터는 까다로운 소유권 이전 시 사용 가능하다고 승인을 받은 제품으로, 순수 기준 부피 계산을 위한 정확한 레벨 및 온도 계측이 가능하다.

#### 2240S 온도 트랜스미터의 주요 특징:

- 고성능 온도 전환의 정확도
- 최대 16개의 3선식 또는 온도 Spot Element의 연결
- 높은 비용 효율과 안전한 설치를 위한 2 선식 저전압 탱크버스
- 혹독한 환경에서의 설치를 위한 IP66/67 및 Nema 4X 인증
- 물 레벨 센서를 위한 내장형 온라인 검교정



Rosemount 2240

Rosemount 565

Rosemount 765

구입 가능한 온도 센서에는 다음이 포함된다:

- Rosemount 565 다지점 온도 센서 - 보관 탱크나, 압력 탱크 내 설치된 경우 보호관(thermo well)에서의 사용을 위한 기본 온도 범위 센서
- Rosemount 566 온도 센서 - 극저온 상황에서의 응용
- 다지점 온도 센서에 통합된 Rosemount 765 수면 센서

### 3.3.3 2410 탱크 허브

Rosemount 2410은 현장 기기와 관리실 간의 커뮤니케이션을 관리하며, 단일 탱크 또는 다수개의 탱크용으로 2가지 형태가 있다. 또한 Rosemount 2410은 탱크 버스 상의 기기에 전력을 공급한다.



Rosemount 2410

#### 2410 탱크 허브의 주요 특징

- 탱크 상의 현장 기기를 위한 FISCO를 준수하는 본질 안전 커뮤니케이션 버스
- 탱크 현장 기기의 자동 환경 설정
- 레벨, 온도 및 압력과 같은 계측 값에 대한 데이터 수집
- 온도, 관측 밀도 및 스트래핑 테이블을 기반으로 한 부피의 평균값 계산
- WirelessHART 출력을 포함한 다양한 fieldbus 프로토콜을 통한 제어실 연결성
- SIL2/SIL3 타입에서 넘침 기능을 위한 릴레이 출력
- Non-SIL 타입 고체 상태에서 경보 표시나 프로세스 컨트롤 기능을 위한 릴레이 출력

### 3.3.4 TankMaster

강력하고 사용이 용이한 TankMaster 소프트웨어 패키지는 완벽한 탱크 재고 관리를 가능하게 한다. 이 패키지에는 소유권 이전과 재고 관리 및 설치, 환경설정, 그리고 서비스를 위한 기능이 포함된다. 모든 계산은 현재의 API와 ISO 기준을 기반으로 한다.

TankMaster 소프트웨어를 지닌 Raptor는 개관과 세부 사항에 대한 부분을 모두 제공한다: 총 관측 부피, 전체 관측 부피, 전체 기준 부피 및 순 기준 부피. 압력 트랜스미터를 추가함으로써 정수압과 증기압, 밀도 및 질량을 기록할 수 있다. TankMaster는 이러한 모든 변수를 온라인으로 나타내며, TankMaster.net에서 웹 인터페이스를 통해 시설의 다른 사람이나, 고객 또는 파트너에게 원격 액세스를 제공할 수 있다. TankMaster는 DeltaV, Yologawa, ABB 등의 대부분의 호스트 시스템에 쉽게 통합된다.

#### TankMaster 재고관리 소프트웨어의 주요 특징:

- 계측한 데이터를 실시간으로 보여주는 기능 등과 같은 재고관리 및 소유권 이전 기능. 도량학적 검증 데이터
- API 및 ISO를 기반으로 한 실시간 재고 산출
- 시스템 트랜스미터의 상호 환경 설정 및 설치
- 계측값에 대한 신뢰도 높은 경보 관리 및 이메일이나 휴대폰을 통한 경보 보고
- 실적자료 표본추출 및 사건에 대한 감사 기록
- OPC와 Modbus의 커뮤니케이션을 통한 레거시 호스트 시스템(legacy host system)의 정보처리 상호 운용 기능



TankMaster 재고 관리 화면

#### 3.4 초음파 레벨 트랜스미터 및 컨트롤러

##### 3.4.1 3100 시리즈 초음파 레벨 트랜스미터

- 4-20 mA / HART 출력에 의해 액체의 레벨, 부피 및 개수로 유량 계산을 위한 환경 설정이 가능
- 탑재 프로그래밍, 푸시 버튼, 내장 디스플레이를 사용한 손쉬운 설치 및 설정
- 자가 학습 기능
- 최소한의 유지 관리 - 가동부가 없고 부식에 대한 저항성
- 밀도, 유전체 및 점도에 영향을 받지 않는 정확도
- 증기 온도의 변화를 보상하는 온도 보상 수정 기능 내장
- Rosemount Smart Wireless THUM™ Adapter와 결합 시 무선으로 사용 가능
- 경보나 관리 작업을 위한 통합 릴레이
- 산업/폐수처리 업계, 또는 저수지나 강, 원격 작업 등과 같은 노출된 공간과 같은 각기 다른 환경에 적합한 모델의 유연성

Rosemount 초음파 레벨 트랜스미터에는 다섯 가지의 모델이 있으며, 다음 페이지의 표를 참고하여 각 상황에 맞는 모델을 선택하면 된다.



Rosemount 3100



Rosemount 3107

##### 3.4.2 레벨 컨트롤러

- 트랜스미터나 4-20mA / HART 트랜스미터에 본질 안전 전력을 공급
- 레벨, 펌프 관리 및 개수로 유량 응용 환경에 대한 환경 설정과 설치를 도와주는 프로그램 마법사 기능
- 각기 다른 탱크의 모양과, 가장 보편적인 형태의 독 및 용수로의 유동곡선을 계산해주는 사전 설정 탱크 부피 계산 기능



Rosemount 3490 컨트롤러

- 유량 관련 응용 환경을 위한 LCD 디스플레이, 4-20mA 출력, 5 X SPDT 릴레이 접촉, 가산기 출력
- 트랜스미터와 HART의 디지털 커뮤니케이션
- 최대 7,000 개의 데이터 이력 기록 Rosemount Smart Wireless THUM™ Adapter와 결합 시 무선으로 사용 가능

#### 초음파의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|                       |  | 3101 | 3102 | 3105 | 3107 | 3108 |
|-----------------------|--|------|------|------|------|------|
| 응용 환경                 | 레벨   | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 레벨(종종 수중 이용인 경우)                           | ○    | ○    | ○    | ●    | ●    |
|                       | 거리   | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 탱크 부피                                      | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 오픈 채널 유량 - 용수로/독                           | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 스트래핑 테이블 10 포인트                            | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 범위                    | 1 ~ 11ft. (0.3 ~ 3.3m)                     | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 1 ~ 26ft. (0.3 ~ 8m)                       | ○    | ●    | ●    | ●    | ○    |
|                       | 1 ~ 36ft. (0.3 ~ 11m)                      | ○    | ●    | ●    | ●    | ○    |
|                       | 1 ~ 40ft. (0.3 ~ 12m)                      | ○    | ○    | ○    | ●    | ○    |
| 인증<br>출력              | 본질 안전/유해 지역                                | ○    | ○    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 릴레이 2 X SPDT                               | ○    | ●    | ○    | ○    | ○    |
|                       | 4-20 mA                                    | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | HART                                       | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 하우징                   | THUM Adapter 및 WirelessHART                | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | 다이 캐스트 알루미늄                                | ●    | ●    | ●    | ○    | ○    |
|                       | 유리 충전 나일론(플라스틱)                            | ●    | ●    | ●    | ○    | ○    |
| 접액부 재질                | UPVC(플라스틱)                                 | ○    | ○    | ○    | ●    | ●    |
|                       | PVDF(플라스틱)                                 | ●    | ●    | ●    | ○    | ○    |
| IP 레이팅<br>(IP rating) | UPVC(플라스틱)                                 | ○    | ○    | ○    | ●    | ●    |
|                       | IP66/67 Type 4X                            | ●    | ●    | ●    | ○    | ○    |
| 주변 온도                 | IP68 Type 6P (33ft (10m))                  | ○    | ○    | ○    | ●    | ●    |
|                       | -4 ~ 158°F (-20 ~ 70°C)                    | ●    | ●    | ●    | ○    | ○    |
|                       | -40 ~ 158°F (-40 ~ 70°C)                   | ○    | ●    | ●    | ○    | ○    |
| 프로세스 압력               | -40 ~ 140°F (-40 ~ 60°C)                   | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | -3.6 ~ 44psi (-0.25 ~ 3.0bar)              | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
| 기준 정확도                | ±0.5%의 범위 또는 ±0.2in. (5mm) <sup>2</sup>    | ●    | ●    | ●    | ●    | ●    |
|                       | ±0.25%의 범위 또는 ±0.1in. (2.5mm) <sup>2</sup> | ○    | ●    | ●    | ●    | ●    |

설명 : 가능 ● 불가능 ○

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

<sup>2</sup> 큰 수치를 우선 적용

표 3.4.1 Rosemount 초음파 트랜스미터의 사양 및 선택 가이드

## 3.5 차압과 정수압(Hydrostatic)

### 3.5.1 DP 액체 레벨 트랜스미터

- 레벨, 밀도 및 인터페이스 계측
- 간편한 설치
- 밸브를 사용해 분리 가능
- 증기 공간의 변화, 표면 조건, 포말, 부식성 액체, 내부 탱크 기기에 의해 영향을 받지 않는다.
- 프로세스 경보로 고성능 진단 루틴 가능

- 간편한 명령 체계를 위한 단일 모델
- 다양한 프로세스 연결
- 전체 트랜스미터 / 씸 어셈블리(seal assembly)를 위한 수량화된 성능
- HART, FOUNDATION fieldbus, Profibus, 및 IEC 62591 (WirelessHART) 프로토콜

Rosemount 압력 트랜스미터 모델은 여러 가지가 있으며, 다음 표를 참고하여 각 상황에 맞는 모델을 선택한다.

#### 압력의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|                   |  | 3051S ERS | 3051S | 3051 | 2051 |
|-------------------|--|-----------|-------|------|------|
| 트랜스미터<br>프로토콜     | 4-20 mA  | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | HART   | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | FOUNDATION fieldbus  | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | WirelessHART   | ○         | ●     | ○    | ○    |
|                   | THUM Adapter 및 WirelessHART                                    | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | Profibus   | ○         | ○     | ●    | ○    |
|                   | 저출력 (1-5 Vdc)  | ○         | ○     | ●    | ●    |
| 이용 가능계측           | DP 레벨, P-Hi 압력, P-Lo 압력  | ●         | ○     | ○    | ○    |
|                   | P-Hi 모듈 온도, P-Lo 모듈 온도   |           |       |      |      |
|                   | 20-포인트 스케일 값   |           |       |      |      |
|                   | DP 레벨 / 압력, 모듈 온도  | ○         | ●     | ○    | ○    |
|                   | 2-포인트 스케일 값  |           |       |      |      |
| 추가<br>트랜스미터<br>옵션 | DP 레벨 / 압력   | ○         | ○     | ●    | ●    |
|                   | 수두압 레벨   | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | 원격 디스플레이 및 인터페이스   | ●         | ●     | ○    | ○    |
| 프로세스 온도           | 원격 제로점 설정 및 스펠 조정  | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | 고성능 진단 루틴  | ○         | ●     | ○    | ○    |
|                   | IEC 61508 인증의 안전성  | ○         | ●     | ○    | ○    |
| 프로세스 압력           | -4 ~ +194 °F (-20 ~ +90°C)                                     | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | -103 ~ +600 °F (-75 ~ +316°C)                                  | ●         | ●     | ●    | ●    |
| 구성 물질             | 최대 PN 100 또는 ANSI 2500 플랜지 레이팅(flange rating)                  | ●         | ●     | ●    | ●    |
|                   | 최대 656 ft. (200m) 수두압 레벨                                       | ○         | ○     | ○    | ○    |
|                   | 316 스테인리스 스틸, 탄탈룸, Alloy C-276, 타이타늄, 도금 및 PTFE 코팅을 포함한 15+ 가능 | ●         | ●     | ●    | ●    |

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

설명 : 가능 ● 불가능 ○

표 3.5.1 압력 트랜스미터의 사양 및 선택 가이드



Rosemount 3051S  
direct mount



Rosemount 3051S  
ERS™ system

#### Rosemount 3051S 다이렉트 마운팅

##### Rosemount 3051S ERS™ 시스템

- 장형(long) 베슬용 디지털 압력 솔루션
- 캐필러리(Capillary) 제거
- MultiVariable 기능으로 추가적인 프로세스 이해력 제공

#### 1199 쉘 시스템

- 베슬의 설치 요건에 맞는 다양한 다이렉트마운팅식 및 캐필러리(Capillary) 옵션
- 모든 트랜스미터 환경 설정에 이용 가능
- 넓은 범위의 재료에 이용 가능

#### 3.5.2 9700 반침수식 Hydrostatic(정수압) 레벨 트랜스미터

- 환기형이나 개방형 탱크에서 사용되는 수중 또는 외부 레벨 트랜스미터
- 러그드 스테인리스 스틸(rugged stainless steel), 또는 알루미늄 청동 구조
- 수명이 긴 플러시(flush) 장착 세라믹 센서
- 간편하고 저렴한 비용의 설치
- 아날로그 4-20 mA 커뮤니케이션



Rosemount 9700

### 3.6 전도도 측정기(Conductivity) 물과 스팀의 인터페이스 모니터링

#### 3.6.1 2468 Hydrastep 전자 게이징 시스템

- 신뢰도가 높은 스팀 / 물 전자 게이징 시스템
- 신뢰도가 낮고 유지 관리가 까다로운 게이징 글라스와 관련된 문제를 극복하기 위한 이상적인 “핏 앤 포겟(fit and forget)” 솔루션
- 완벽한 신뢰도를 지니도록 설계된 Hydrastep은 장애 시 안전(fail-safe)하고 고장 허용한계(fault tolerant)를 지닌다.
- 수주(water column)에 적합한 러그드 전극
- 적색(스팀)과 녹색(물) 표시기는 시설 내 어느 곳이라도 설치 가능하며, 물의 레벨을 표시한다.
- FM 인증을 통해 Hydrastep이 트립 조건을 소실할 가능성은 1/300,000,000이며, 방해되는 트립은 1/10,000,000을 보장한다

#### 3.6.2 2462 hydratect 물/스팀 감지 시스템

- 물 감지 / 터빈 용수 유도 방지 (TWIP)
- 듀얼 리던던시(dual redundancy) 디자인. 어떠한 단일 결함도 시스템 오류를 유발하지 않는다.
- 내장형 진단 루틴 / 자가 확인 전기 회로망이 사용자에게 결합 조건을 고지
- 유지 관리 비용이 소요되지 않으며, 정기적인 테스트가 불필요하다.
- 다수의 보험 회사가 인정한 Hydratect 기술은 보험료를 감소시켜준다.
- 별도의 Rosemount 702 무선 트랜스미터와 결합 가능



Hydratect



Hydrastep



## 전도도 측정기 물과 스팀의 인터페이스 모니터링의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|                      |                              | Hydrastep | Hydratect |
|----------------------|------------------------------|-----------|-----------|
| 응용 환경                | 스팀 드럼 레벨 게이징                 | ●         | ○         |
|                      | 물/응축액 레벨 감지 경보               | ○         | ●         |
| 수주<br>(water column) | 탄소강 1740 psi(120bar)의 저압     | ●         | ○         |
|                      | 탄소강 3045 psi(210bar)의 고압     | ●         | ○         |
|                      | 스테인리스 4350 psi(300bar)의 임계초과 | ●         | ○         |
|                      | 탄소강 매니폴드 (옵션)                | ○         | ●         |
| 전극                   | 수주 당 최소 8에서 최대 32            | ●         | ○         |
|                      | 매니폴드 당 2 또는 지역 설치            | ○         | ●         |
| 컨트롤 유니트              | 스테인리스 스틸 IP65 / Type NEMA4   | ●         | ●         |
|                      | 전력 공급 AC 또는 DC               | ●         | ●         |
|                      | 듀얼 리던던시 전력 공급 옵션             | ●         | ○         |
|                      | 전극 출력 / 이동 확인                | ●         | ●         |
| 출력                   | 고가시성의 지역 LED 표시              | ●         | ●         |
|                      | 고가시성의 원격 LED 표시              | ●         | ○         |
|                      | 4-20 mA                      | ●         | ○         |
|                      | 릴레이                          | ●         | ●         |

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

설명 : 가능 ● 불가능 ○

표 3.6.1 전도도 계측용 스팀/물의 인터페이스 모니터링의 사양 및 선택 가이드

## 3.7 슬러지 블랭킷 모니터링

### 3.7.1 MSM - 부유물질의 밀도 모니터링 및 관리

- 최대 15%의 부유물질에 대한 연속적인 슬러지 배출 모니터
- 탱크 내부나 파이프 구획에의 설치를 위한 러그드 316 스테인리스 스틸 센서
- 밝은 조명의 LCD 디스플레이

#### MSM448 - 파이프 구획 센서

- 316 스테인리스 스틸 변환기의 예폭시 코팅 탄소강
- 파이프는 기름과 잔유물 축적을 최소화하기 위해 코팅되어 있고, 탱크의 디 슬러지(de-sludge) 사이클 중 부유물질을 모니터링한다.

#### MSM433 - 부유 탱크 설치 센서

- 계측할 밀도 범위에 따라 크기 선택 및 이용
- 용접된 316 스테인리스 스틸 구조의 센서는 케이블의 엔트리(entry)를 위해 IP68 등급을 가지고 있다.
- 슬러지 밀도는 센서 포크 간의 공간으로 계측된다.



MSM400  
컨트롤러

MSM433  
센서

MSM448  
파이프 센서

#### 초음파 부유물질의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|           |                            | MCU200/433 | MSM400/433 | MSM400/448 | MSL600 |
|-----------|----------------------------|------------|------------|------------|--------|
| 응용 환경     | 슬러지 인터페이스 - 포인트 레벨         | ●          | ●          | ○          | ●      |
|           | 슬러지 인터페이스 - 연속 레벨          | ○          | ○          | ○          | ●      |
|           | 슬러지 밀도 - 탱크 내부             | ○          | ●          | ○          | ○      |
|           | 슬러지 밀도 - 탱크 배출             | ○          | ○          | ●          | ○      |
|           | 자동 디 슬러지(de-sludge) 관리     | ○          | ●          | ●          | ●      |
| 인증 사항     | 본질 안전/유해 지역                | ○          | ●          | ●          | ○      |
| 공급        | 24Vdc                      | ●          | ●          | ●          | ○      |
|           | 110/230V, 50/60Hz          | ●          | ●          | ●          | ●      |
| 출력        | 관리 / 경보 릴레이 SPDT           | ●          | ●          | ●          | ●      |
|           | 결함 표시                      | ●          | ○          | ○          | ○      |
|           | 특정 작업용 결함 릴레이 SPDT         | ○          | ●          | ●          | ●      |
|           | 4-20 mA                    | ○          | ●          | ●          | ●      |
|           | HART                       | ○          | ●          | ●          | ○      |
| 센서 접액부 재질 | UPVC/세라믹                   | ○          | ○          | ○          | ●      |
|           | 316 스테인리스 스틸               | ●          | ●          | ●          | ○      |
| 센서 IP 레이팅 | Type 6P (IP68)             | ●          | ●          | ●          | ●      |
| 프로세스 온도   | -40 ~ 122 °F (-40 ~ 50 °C) | ●          | ●          | ●          | ●      |
|           | -40 ~ 150 °F (-40 ~ 65 °C) | ○          | ○          | ●          | ●      |
|           | -40 ~ 158 °F (-40 ~ 70 °C) | ○          | ○          | ●          | ○      |
| 프로세스 압력   | 대기압                        | ●          | ●          | ●          | ●      |
|           | 145 psi (10 bar)           | ●          | ●          | ●          | ○      |
|           | 152 psi (105 bar)          | ●          | ●          | ○          | ○      |

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

설명 : 가능 ● 불가능 ○

표 3.7.1 슬러지 블랭킷 모니터링 및 컨트롤 시스템의 사양 및 선택 가이드

#### 3.7.2 MSL600 - 블랭킷 레벨 감지 및 관리

- 슬러지 블랭킷의 존재를 감지하고 정화기 내에서의 깊이를 계측
- 정교한 예코 프로세싱으로 인해 MSL600은 블랭킷의 표면으로부터 수직으로 전송되어 반사되는 초음파의 펄스를 분석한다.
- 지방과 산업의 폐수 처리 슬러지를 포함하는 정화기와 농축기 사용에 최적화된 시스템
- 유지 관리가 쉽고, 자가로 세척하는 수중음파 탐지 변환기
- 연결 구조가 장착된 MSL600은 관리 및 경보 기능을 위하여 다양한 전류와 릴레이 출력을 제공하는 독보적인 기기로, 탱크 프로파일을 선명하게 표시한다.



MSL600 블랭킷 레벨 모니터

3.8 포인트 레벨 탐지

- 반응성 높은 스위칭을 위해 습윤 상태에서 건조 상태까지 소요되는 시간이 짧다.
- 방울방울 떨어뜨리는 형식의 드립 오프(drip-off) 포크 디자인

3.8.1 진동 포크 레벨 스위치

- 프로세스 산업용 레벨 감지 및 관리
- 탱크 침범이나 파이프 설치를 최소화하기 위한 짧은 길이의 포크 디자인
- 측면 또는 상부에서의 설치를 위한 간편하고 가벼운 디자인

Rosemount 진동 포크에는 여러 모델이 있다. 응용 상황에 맞는 올바른 모델을 선택하기 위해서는 아래의 표를 참고하라.

진동 포크의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

|             |                                       | 2110 | 2120           | 2130           | 2160 |
|-------------|---------------------------------------|------|----------------|----------------|------|
| 인증 사항       | 방폭 인증                                 | ○    | ●              | ●              | ○    |
|             | 본질 안전                                 | ○    | ●              | ●              | ●    |
|             | 안전 지역 / 일반적인 장소                       | ●    | ●              | ●              | ●    |
|             | 넘침 방지 (DIBt/WHG)                      | ○    | ●              | ○              | ○    |
|             | 안전 시스템 적합                             | ○    | ○              | ●              | ○    |
| 출력          | 직접 로드 스위칭                             | ●    | ●              | ●              | ○    |
|             | PNP 고체 상태                             | ●    | ●              | ●              | ○    |
|             | SPDT/DPDT3 릴레이 출력                     | ○    | ●              | ●              | ○    |
|             | NAMUR                                 | ○    | ●              | ●              | ○    |
|             | WirelessHART                          | ○    | ● <sup>2</sup> | ● <sup>2</sup> | ●    |
| 진단 루틴       | 기본형 자가 확인                             | ●    | ●              | ●              | ●    |
|             | 고성능 건전성/자가 확인 진단 루틴                   | ○    | ○              | ●              | ●    |
| 하우징         | 유리 충전 나일론(플라스틱)                       | ○    | ●              | ○              | ○    |
|             | 금속(알루미늄/스테인리스 스틸)                     | ●    | ●              | ●              | ●    |
| 접액부 재질      | 316L 스테인리스 스틸                         | ●    | ●              | ●              | ●    |
|             | ECTFE/PFA 공중합체, 316L SST로 코팅          | ○    | ●              | ●              | ○    |
|             | 부식 저항성 니켈 Alloy C-276                 | ○    | ●              | ●              | ●    |
| 프로세스 온도     | -40 ~ 302 °F(-40 ~ +150 °C)           | ●    | ●              | ●              | ●    |
|             | -94 ~ 500°F(-70 ~ +260 °C)            | ○    | ○              | ●              | ●    |
| 프로세스 압력     | 122 °F에서 1450 psig (50 °C에서 100 barg) | ●    | ●              | ●              | ●    |
| 연결 부위       | 나사산형                                  | ●    | ●              | ●              | ●    |
|             | 위생형                                   | ●    | ●              | ●              | ●    |
|             | 플랜지형                                  | ○    | ●              | ●              | ●    |
| 길이 연장 가능 여부 | ○                                     | ●    | ●              | ●              |      |

설명 : 가능 ● 불가능 ○

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

<sup>2</sup> Rosemount 702 무선 단독 트랜스미터와 함께 사용 시

<sup>3</sup> SPDT / DPDT: 단극쌍투 (single pole double throw) / 쌍극단투 (double pole double throw) 스위칭

표 3.8.1 진동 포크 스위치의 사양 및 선택 가이드

#### 2120 - 기본 모델

- 스위치 출력 선택 시 본질 안전과 릴레이가 포함된다.
- DIBt/WHG 넘침 방지 인증
- 플랜지형, 나사산형 및 길이 연장 가능 옵션



Rosemount 2120 -  
기본형 모델



Rosemount 2130 -  
개선형 모델

선사용(Prior-use) SIL 2에 적합"

#### 2130 - 개선형 모델

- 확장된 작업 온도 범위
- 내장형 진단 루틴이 전자 및 기계적 건전성을 계속적으로 확인
- 중요한 경보 업무에 이상적
- SIL2 안전 시스템에서의 사용에 적합

#### 2160 - 무선형 모델

- PlantWeb® 디지털 구조의 요소
- 스위치 출력, 진단 루틴 및 PlantWeb Alerts와 무선으로 커뮤니케이션 가능
- 내구성 높은 자동 구성 기술
- 99% 이상의 놀라운 데이터 신뢰성과 네트워크 안정성
- SmartPower™ - 장기간 사용이 가능한 전력 모듈
- 포크 센서에는 저전력이 요구되며 60초 업데이트 시 약 10년간의 배터리 수명이 지속된다.
- 포크 및 센서의 기기 건전함에 대한 진단 루틴(포크에 대한 오부 손상과 센서에 대한 내부 손상, 과도한 부식 및 초과 온도 감지)

#### 3.8.2 전기 기계 플로트 및 디스플레이서 스위치

- 대부분의 액체에서 내구성과 신뢰성이 높은 스위칭 기능 발휘
- 독특한 3-자석 스위칭 시스템
- 극한의 압력과 온도에서 작동 가능
- 넓은 범위의 플린지, 플로트 및 스위칭 출력 가능
- 탱크 내 또는 외부 챔버 설치를 위한 수직형 설치 스위치
- 탱크 경보 스위치 모델의 플로팅 루프는, 루프가 매우 높게 상승한 경우 신호 전송을 위해 플로팅 루프 탱크 상에서 이용 가능
- 넓은 범위의 구성 재료 이용 가능
- 포괄적인 기준 범위 또는 기존 프로세스의 연결에 적합한 개인별 맞춤 디자인 챔버
- 플로트 스위치는 Rosemount 702 개별 입력 트랜스미터를 사용하여 무선으로 작동 가능



수평형 스위치



수직형 스위치



플로팅 로프 탱크 스위치

수평형이나 수직형 등 응용 상황에 맞는 올바른 모델을 선택하기 위해서는 다음 페이지의 표를 참고하라.

전자기계 스위치의 사양 및 선택 가이드<sup>1</sup>

수평형 수직형

|           |  |                |                |
|-----------|--|----------------|----------------|
| 인증 사항     | 방폭   | ●              | ●              |
|           | 본질 안전 회로에의 적합성                             | ●              | ●              |
|           | 일반적인 목적                                    | ●              | ●              |
|           | 해상   | ●              | ●              |
|           | 안전 시스템에의 적합성                               | ●              | ○              |
| 출력/스위치 유형 | 일반적인 목적                                    | ●              | ●              |
|           | 저전력 회로                                     | ●              | ●              |
|           | 고전력 회로                                     | ●              | ●              |
|           | 전말폐식                                       | ●              | ●              |
|           | 뉴메틱식                                       | ●              | ○              |
|           | WirelessHART                               | ● <sup>4</sup> | ● <sup>4</sup> |
|           | 하우징  | 알루미늄           | ●              |
| 알루미늄 청동   |  | ●              | ○              |
| 포금        |  | ●              | ○              |
| 주철        |  | ○              | ●              |
| 압연강       |  | ○              | ●              |
| 스테인리스 스틸  |  | ●              | ●              |
| 접액부 부분    |  | 스테인리스 스틸       | ●              |
|           | 특이재질                                       | ●              | ●              |
| 프로세스 온도   | 최대 752 °F (400 °C) <sup>2</sup>            | ●              | ●              |
|           | 최소 -148 °F (-100 °C) <sup>2</sup>          | ●              | ●              |
| 프로세스 압력   | 68 °F에서 최대 1479 psig<br>(20 °C에서 102 barg) | ●              | ●              |
|           | 68 °F에서 최대 2900 psig<br>(20 °C에서 200 barg) | ●              | ○ <sup>3</sup> |
| 설치        | 나사산형                                       | ●              | ●              |
|           | 플랜지형                                       | ●              | ●              |
|           | 챔버   | ●              | ●              |

<sup>1</sup> 추가 정보는 제품 설명서(PDS) 참조

<sup>2</sup> 옵션 및 선택된 재료에 따라 다름 - 제품 설명서 참조

<sup>3</sup> 특별 옵션에만 해당

<sup>4</sup> Rosemount 702 무선 단독 트랜스미터와 함께 사용 시

설명: 가능 ● 불가능 ○

표 3.8.2 플로트 스위치의 사양 및 선택 가이드

### 3.9 무선 레벨 계측, 탐지 및 관리

#### 3.9.1 소개

Rosemount는 프로세스 산업용 무선 레벨 솔루션을 제공한다. Rosemount 무선 기기장치는 자동 구성 네트워크를 이용하여 계측 정보가 항상 이용될 수 있게 한다. 자동 구성 네트워크는 자동으로 연결을 최적화하여 99% 이상의 데이터 신뢰도를 획득한다.

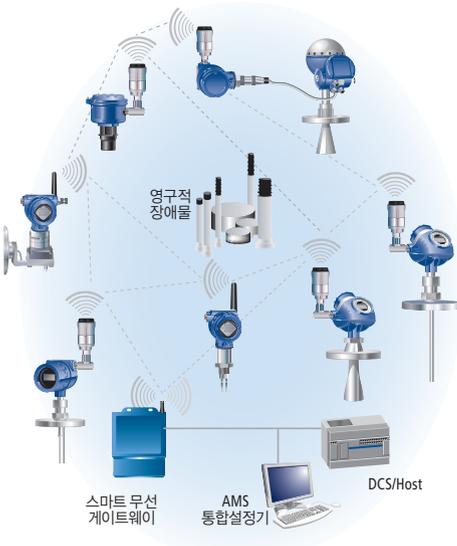


그림 3.9.1: 무선의 자동 구성 네트워크와 프로세스 레벨 기기의 도식적 그림

#### 3.9.3 Rosemount Smart Wireless THUMTM Adapter

THUM 어댑터는 기존의 2선 또는 4선 HART 기기 상에 새로 장착할 수 있는 기기로, 이전에는 이용 불가능했던 계측 및 진단 루틴 정보를 무선으로 전송할 수 있는 기기이다. 이는 시설 내 현장의 정보에 대한 접근성을 확보하는 간단한 방법으로, 품질과 안전, 이용 가능성, 작동 및 유지 관리 비용을 향상시켜준다.

- 고장수리를 간소화하는 경보 기능 가능
- 프로세스와 기기의 건전성과 성능에 대한 진단 루틴에 실시간으로 접근 가능
- 사전 유지 관리가 가능해져 비용과 시간이 감소

- HART 변수값을 감시하여 프로세스의 효율성과 조건에 대한 통찰력 획득
- 유무선의 커뮤니케이션 조합을 통한 이중화 기능



그림 3.9.2 THUM 어댑터와 Raptor 탱크 게이징 시스템이 연결된 모습

THUM 어댑터는 다음과 같은 Rosemount 레벨 제품과 함께 사용 가능하다:

- 5300 및 3300 시리즈 Guide Wave 레이더
- 5400 및 5600 시리즈 비접촉식 레이더
- Raptor 탱크 게이징 시스템
- 3100 시리즈 초음파 트랜스미터
- 3051 시리즈 DP 레벨 트랜스미터

#### 3.9.4 Rosemount 3051S Wireless 차압 트랜스미터

IEC 62501로 확장된 업계 선두주자의 기능 (WirelessHART)

- 바로 설치가 가능한 통합형 무선 레벨 솔루션
- 검증된 SuperModule 플랫폼으로 높은 비용 효율
- 수 십년간 유지 관리 없이 사용 가능
- 업계 유일의 본질 안전 전력 모듈로 최적화된 안전성
- 기존의 도구와 방법을 이용하여 무선 실행



그림 3.9.3: Rosemount 3051S Wireless 차압 트랜스미터

#### 3.9.5 Rosemount 2160 Wireless 진동 포크 액체 레벨 스위치

무선 진동 포크 액체 레벨 스위치는 무선 커뮤니케이션과 Rosemount 2100 시리즈의 진동 단형(short) 포크 기술을 결합한 것이다. Rosemount 2100 시리즈의 선형 레벨 스위치와 모든 특성이 동일하나, 와이어로 인한 문제나 비용이 발생하지 않는다.

- PlantWeb® 디지털 구조의 구성요소가 스위치 출력, 진단 루틴 및 PlantWeb Alerts와 무선으로 커뮤니케이션 가능
- SmartPower™ - 장기간 사용이 가능한 전력 모듈
- 포크 센서에는 저전력이 요구되며 60초 업데이트 시 약 10년간 배터리 수명이 지속된다.
- 긴 배터리 수명과 신속한 업데이트 속도



그림 3.9.4: Rosemount 2160 Wireless 진동 포크 스위치

#### 3.9.6 Rosemount 702 Wireless discrete 트랜스미터

Rosemount 702 Wireless discrete 트랜스미터는 압력, 유량 및 레벨 스위치와 같은 비전력 형태의 다양한 스위치를 입력값으로 갖는다. 이는 단일 또는 이중 채널 기능을 가져, 와이어 비용이나 I/O의 부족으로 인해 관리 시스템에 연결되지 않은 개별적인 지점에 높은 비용 효율로 접근이 가능하다.

- 플리트 스위치와 Hydrate 물/ 스팀 감지 시스템에의 사용에 적합
- 기존 스위치에 간편하고 효율적으로 새로 장착 가능



그림 3.9.5: 플리트 스위치의 Rosemount 702 Wireless discrete 트랜스미터

#### 3.10 외부 설치용 챔버

##### 3.10.1 소개

Rosemount 9901은 독립적 챔버로, Rosemount의 프로세스 레벨 기기를 외부에 설치하기 위해 사용한다(그림 3.10.1).



그림 3.10.1: 5300 GWR을 지닌 CS9901 챔버 및 SST 9901 챔버

챔버 내에 외부에서 기기를 설치한다는 것은 시설이 계속 가동 중인 동안 정기적인 유지 관리를 위해 기기를 분리시킬 수 있다는 의미이다. 이는 또한 베슬 내 기기의 설치를 허용하지 않아 격변하는 액체가 존재하는 베슬 내에서, 레벨의 변화를 최소화하여 탱크 내부 상태가 레벨계측에 제한 사항이 많을 때 매우 유용하다. 또한 베슬 내에 추가설비 설치가 어려운 상황에도 유용하다

이러한 접근법으로 인하여 적용이 어려운 상황을 해결하고자 할 때 여러 장점이 가능해진다.

탱크 내의 제한 사항들:

- 교반기
- 열 교환기
- 내부 구조

기기의 분리

- 유지 관리
- 안전성
- 유해한 액체
- 고압
- 고온

내부에 변화가 심한 베슬의 조건:

- 챔버는 스틸링 웰(Stilling well) 역할 담당

#### 3.10.2 챔버

케이지(Cage), 브리들(Bridle)라고도 알려져 있는 챔버는 챔버 내 액체의 레벨이 프로세스 베슬 내 액체의 레벨과 동일하도록 주요 프로세스 베슬에 연결된다.

베슬에 설치가 가능한 챔버의 본체 상에는 두 가지 프로세스 연결 구조가 존재한다.

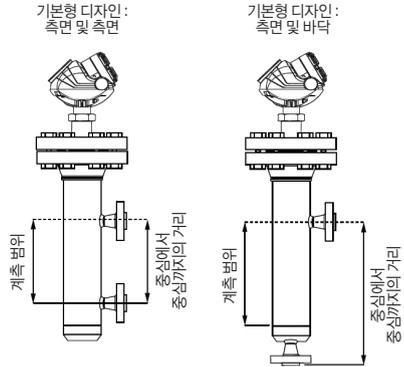


그림 3.10.2 가장 일반적인 설치 환경

이 기기는 플랜지형이나 나사산형 기기 연결구조를 통해 챔버의 상부에 설치된다. 나사산형은 수직형 플로트 레벨 스위치에 이용 가능하다.

기본형 재질은 탄소강과 스테인리스 스틸로, 요청 시 다른 재질로도 가능하다.

#### 3.10.3 챔버 디자인

Rosemount 9901 챔버는 ASME B31.3 기본형(B31.1도 가능)에 맞춰 디자인되었으며, Pressure Equipment Directive(PED)를 준수한다.

EN ISO 15614-1:2004 및 ASME Boiler와 Pressure Vessel Code Section IX을 준수한 경부 용접 플랜지(weld neck flanges)와 전체 침투 용접이 이용하며, 모든 용접은 EN287-1:2004, ASME Boiler 및 Pressure Vessel Code Section IX에 적합하다.

모든 구성 물질은 EN 10204 type 3.1 인증에 따라 완벽한 재질확인이 가능하다.

모든 9901은 기본으로 수압검사(hydro-test)를 실시한다. 전 범위에 걸친 비파괴검사(Non destructive testing, NDT) 또한 이용 가능하다.



# 4

## 레벨의 응용 및 기술 선택

| Topic                             | Page |
|-----------------------------------|------|
| 4.1 슬로프 오일 탱크(Slop oil tanks)     | 64   |
| 4.2 플라스틱 탱크와 섬유유리 탱크              | 64   |
| 4.3 암모니아                          | 65   |
| 4.4 극저온을 이용한 응용                   | 65   |
| 4.5 액화 석유가스(LPG) 탱크               | 67   |
| 4.6 분리기                           | 67   |
| 4.7 증류탑                           | 69   |
| 4.8 혼합 탱크                         | 70   |
| 4.9 반응기 베셀(Reactor vessel)        | 71   |
| 4.10 유황 피트(Sulfur pits)           | 71   |
| 4.11 금속판의 계측                      | 72   |
| 4.12 스팀 발생                        | 73   |
| 4.13 냉각탑                          | 74   |
| 4.14 호수 또는 저수지 레벨                 | 75   |
| 4.15 배수조에서의 응용(Sump applications) | 75   |
| 4.16 슬러지 감지(Sludge detection)     | 77   |
| 4.17 오픈 채널 플로우                    | 77   |
| 4.18 포인트 레벨 감지                    | 78   |
| 4.19 고체                           | 79   |
| 4.20 탱크 계측 응용                     | 80   |

## 4. 레벨의 응용 및 기술 선택

사용자의 각기 다른 요구를 이해하면 포인트/연속 레벨 계측과 탱크 게이징 시스템 중 어느 것을 선택할 것인지 보다 쉽게 결정할 수 있다.

이 장에서는 각기 다른 수많은 응용 상황을 열거하고 적절한 기술과 관련된 권장 사항들을 제시하며, 핵심적인 설치 정보와 최선의 관례에 대해 살펴볼 것이다. 모든 적용 상황들을 다루는 것은 현실적이지 않으므로, 이 장에서는 많은 산업에서 발견되는 몇몇 보편적인 응용 유형과, 특정한 난관에 봉착하게 되는 소수의 응용 사례에 대해 개관하고자 한다. 그러나 어떤 기술을 선택할 것인지에 대한 최종 선택에는 적용 조건과 설치 제약 조건, 그리고 기술의 역량이 포함될 것이다.

### 4.1 슬로프 오일 탱크(Slop oil tanks)

#### 적용되는 주요 기능

탄화수소 유체의 폐기물 회수에 사용되는 베슬

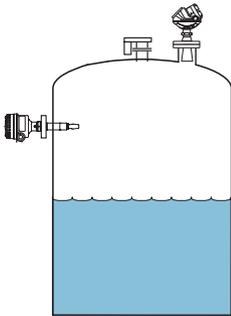


그림 4.1.1 비접촉식 레이더에 의한 슬로프 오일 레벨

#### 적용 특징 및 어려움

- 슬로프 오일 베슬은 오염된 탄화수소와 물의 혼합물을 포함한다.
- 침전물과 접착성 물질이 존재할 가능성이 있다.
- 밀도 및 기타 다른 유체의 특성은 다양할 수 있다.

#### 적합한 기술

| 기술                        |
|---------------------------|
| Guide Wave 레이더, 싱글 리드 프로브 |
| 비접촉식 레이더                  |
| 진동 포크 스위치                 |
| 플로트 스위치                   |

### 4.2 플라스틱 탱크와 석유유리 탱크

#### 적용되는 주요 기능

플라스틱 탱크는 일반적으로 부식성 화학물질을 저장하는데 사용된다. 플라스틱 탱크의 상부에는 종종 기기 장치를 위한 개구부가 존재하지 않는다.

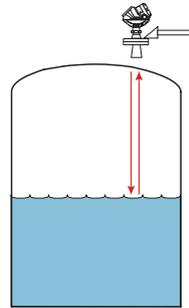


그림 4.2.1: 루프를 통해 비접촉식 레이더를 발사하는 플라스틱 탱크의 레벨 계측

#### 적합한 기술

| 기술   |
|--|
| 비접촉식 레이더, 브라켓 마운트(bracket mount)를 지닌 5401, 6" 또는 8"의 안테나 |
| GWR은 고체나 오일/물 생산 탱크에 사용될 수 있다. 싱글 리드 프로브의 5300 사용        |

#### 올바른 관례

곡선형의 루프 표면은 레이더 신호가 방해 받는 것을 방지하기 위해 루프 내부가 응축 될 수 있다. 또한 눈이나 비로 인해 레이더의 경로가 벗어 날 수도 있다. 편평한 형태의 루프 탱크는 위에서 설명한 이유로 인하여 권장되지 않는다.

탱크 루프 상방에 대형 안테나(6" 또는 8")를 지닌 저주파 비접촉식 레이더를 설치한다. 트랜스미터는 파이프에 부착된 브라켓으로 설치될 수 있다. 플랜지가 불필요하므로 전체적인 무게가 감소된다. 안테나의 말단은 수평이 되도록 하여 루프 표면이 아닌, 레벨 표면과 평행을 유지해야 한다.

두 가지 기술에서 모두 기본적인 관례를 올바르게 지키는 것이 중요하다. 특히 Ch.5에 기술된 "전력 및 과도 전압 보호를 위한 올바른 관례"를 참고한다.

### 4.3 암모니아

#### 4.3.1 암모니아, 무수형(NH<sub>3</sub>)

##### 적용되는 주요 기능

암모니아는 화학 산업의 많은 공정에서 널리 사용된다. 암모니아는 비료 생산 시 원료로 이용되며, 여러 화학 프로세스에서 사용된다. 또한 산업적으로 세제, 살균제, 그리고 냉각제로도 이용된다. 상업적으로 이용되는 암모니아는 종종 수분이 존재하지 않는다는 사실을 강조하여 무수 암모니아라 불린다. 무수 암모니아는 가압 상태, 또는 저온에서 보관된다.

##### 적용 특징 및 어려움

- 무수 암모니아는 일부 탄성 중합체의 부식을 유발할 수 있는 무거운 기체이다.
- 온도에 따른 암모니아의 상변화로 인해 밀도는 다양하다.
- 스틸링 웰(stilling wells)이나 밸브가 종종 존재한다.

##### 적합한 기술

| 기술                         |
|----------------------------|
| 고정밀 탱크 게이징 시스템             |
| HP 씬(seal)의 Guide Wave 레이더 |
| 비접촉식 레이더                   |
| 진동 포크 스위치                  |
| 플로트 스위치                    |

##### 올바른 관례

- 비접촉식 레이더가 사용되는 경우, 저주파 5401 또는 5600을 선택한다. 스틸링 웰(stilling well)이 추천된다.
- Guide Wave 레이더가 사용되는 경우, HP 프로세스 씬을

선택해야 한다. 이러한 씬은 o-rings를 사용하지 않으며 증기 누출을 방지하는 다수의 장벽을 지닌다.

기술 관련 참고사항 참조: 자세한 내용은 ch.5에 기술된 "레이더를 이용한 암모니아 계측" 참조

#### 4.3.2 암모니아, 암모니아수

(수산화암모늄, NH<sub>4</sub>OH)

##### 적용되는 주요 기능

암모니아수는 물을 포함한 암모니아 용액으로, 살균제나 가정용 세제와 같은 제품에 희석되어 사용되며 기타 산업적으로 많이 활용된다. 최대 30% 농도의 암모니아 수용액이 상업적으로 이용 가능하다.

##### 적용 특징 및 어려움

- 암모니아수는 물 존재 시 안정화되므로 무수 암모니아처럼 상변화가 쉽게 일어나지 않는다. 밀도 역시 무수 암모니아보다 안정적이다.
- 증기가 존재한다.
- 밸브가 종종 사용된다.

##### 적합한 기술

| 기술         |
|------------|
| Guide Wave |
| 비접촉식 레이더   |
| 차압         |
| 진동 포크 스위치  |
| 플로트 스위치    |

기술 관련 참고사항 참조: 자세한 내용은 Ch.5장의 "레이더를 이용한 암모니아 계측" 참조한다.

#### 4.4. 극저온을 이용한 응용

액화 가스에는 LNG, LPG, 에틸렌, 프로필렌, R22, 그리고 기타 냉각제, 이산화탄소, 질소, 아르곤, 크세논이 포함된다. 이러한 액화 가스는 연료, 냉각제, 원료의 구성성분으로 사용된다.

##### 적용 특징 및 어려움

앞서 언급한 유체는 낮은 점성과 낮은 유전체 값을 갖는

## 4 - 레벨의 응용 및 기술 선택

투명한 유체들이다. 플랜트 프로세스 산업에서 사용되는 베슬의 크기와 모양은 다양하지만 가장 보편적인 형태는 수평 탄환형 실린더이다. 가장 큰 어려움은 온도 및 유체 특성과 레벨 계측에 미치는 온도의 영향이다. 유체가 임펄스 파이프나 바이패스 챔버 내로 이동하면, 상승된 온도로 인해 유체가 팽창하거나 기화된다. 또한 트랜스미터 전자장치는 -50 이상의 주변 온도 한계를 지닌다. 프로세스에 너무 근접한 경우, 전자장치의 온도가 기기 성능에 영향을 미칠 수 있다.

### 일반적인 액화 가스 및 냉각제의 유전 상수

| 산물                                | 유전상수 (DK)  | 화씨 (F) | 섭씨 (C) |
|-----------------------------------|------------|--------|--------|
| 암모니아(R717)                        | 25         | -103   | -75    |
| 아르곤, 액화                           | 1.5        | -376.0 | -226.7 |
| 보로에테인(Boroethane)                 | 2.0        | -198   | -128   |
| 부테인(Butane)                       | 1.4        | 30.2   | -1.0   |
| 이산화탄소(R744)                       | 1.6        | 32.0   | 0.0    |
| 에테인(Ethane)                       | 1.9        | -288.4 | -178.0 |
| 에테인(R170)                         | 1.9        | -288.4 | -178.0 |
| 에틸렌(Ethylene)                     | 1.5        | 26.6   | -3.0   |
| 불소(액화)                            | 1.5        | -332.0 | -202.2 |
| 프레온(여러 형태)                        | 1.7 to 1.9 | 68     | 20     |
| 헥세인(Hexane)                       | 2.0        | -130.0 | -90.0  |
| 메테인(액화천연가스)                       | 1.7        | -295.6 | -182.0 |
| 질소(액화)                            | 1.3        | -310   | -190   |
| 프로판(R290)                         | 1.6        | 32.0   | 0.0    |
| 프로필렌(R1270)                       | 11.9       |        |        |
| 트리플루로메테인 (Trifluoromethane, R-23) | 6.3        | -22    | -30    |
| 크세논                               | 1.9        | -169.6 | -112.0 |

### 적합한 기술

| 기술               |
|------------------|
| 극저온 프로브의 GWR     |
| 저온 충전 유체를 이용한 DP |

### Guide Wave 레이다

극저온 쉘(5300 모델에서 옵션 C)의 프로브를 사용한다. 싱글 및 코엑서블 형태 모두 이용 가능하며, -320°F(-195°C)의 낮은 온도에 적합하다. 유전상수가 매우 작은 유체와 베슬 내 내부 장애물이 존재하는 경우에는 코엑서블 프로브를 사용한다. 싱글 프로브는 유전상수가 큰 화합물이나 바이패스 챔버에서 사용된다. 프로브는 베슬이나 바이패스 챔버 내에 직접 설치될 수 있다.

챔버 및 챔버와의 연결부는 온도 변화를 최소화하기 위해 절연이 잘 되어있는 상태여야 한다. GWR의 경우, 절연부위가 플랜지 영역 상방의 프로브 상층을 덮어서는 안 된다. 전자 장치에 대한 주변 조건 한계를 충족시키기 위하여 이러한 완화 구간이 필요하다.

### 차압

Syltherm XL나 Halocarbon 0.8과 같은 저온 충전 유체를 이용한 DP 트랜스미터를 사용한다. 이러한 유체는 -87°C(-125°F)나 -129°C(-200°F)의 저온도 처리 가능하다. 트랜스미터의 고압측은 임펄스 파이프에 연결되어야 한다. 트랜스미터는 탭의 높은 쪽 상방 약 2 ft(0.6m)에 위치해야 한다. 이렇게 하면 일부 온도가 상승한 유체, 특히 적용 온도가 충전 유체 온도 한계를 초과한 경우에 온도가 상승한 유체가 허용된다.

저압측은 드라이 레그(Dry leg) 법을 이용하여 연결해야 한다. 이렇게 연결하면 전자 장치의 온도가 주변 온도 조건을 충족시킬 것이다.

전자식 원격 센서 기술(Electronic Remote Sensor technology)은 정압(static pressure)의 크기가 작은 극저온의 높은 베슬에도 사용될 수 있다.

## 4 - 레벨의 응용 및 기술 선택

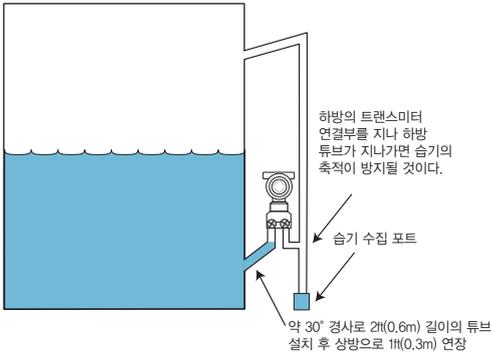


그림 4.4.1: DP 트랜스미터, 저온 충전 유체의 웨트/드라이(wet/dry) 레그

유체가 기화 및 응축되기 때문에, 일반적으로 상변화와 이에 따른 밀도 변화가 유발된다.

### 적합한 기술

| 기술             |
|----------------|
| 고정밀 탱크 게이징 시스템 |
| Guide Wave 레이더 |
| 비접촉식 레이더       |

### 올바른 관례

- 소형 수평형 베슬에는 Guide Wave 레이더를 사용한다. 베슬 내에 직접 설치된 경우에는 코액서블 프로브가 사용되어야 한다. 챔버 내에 설치된 경우에는 싱글 리드 프로브가 사용될 수 있다.
- 대형 베슬 및 밸브를 지닌 대형 베슬에는 스틸링 웰을 지닌 비접촉식 레이더를 이용한다.
- 대형 베슬을 위한 탱크 게이징 시스템

## 4.5 액화 석유가스(LPG) 탱크

### 적용되는 주요 기능

LPG는 압축 액화 석유 가스이며, 주성분인 프로판(최대 95%)과 부테인으로 구성되어 있다. LPG는 정유 산업의 부산물로 산업과 가정용 연료 자원이다.

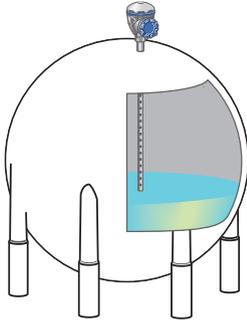


그림 4.5.1: 저장 탱크 게이징 시스템을 지닌 LPG 탱크

### 적용 특징 및 어려움

프로판, 부테인, 이소부테인과 같은 산물을 포함하는 구형의 탱크일 수 있다. LPG는 매우 보편적인 형태의 수평형 실린더를 지닌, 다양한 크기와 모양의 탱크에 저장된다. 밸브가 설치되는 경우도 종종 있다. 스틸링 웰(stilling wells)과 챔버가 보편적으로 사용된다. LPG는 유전체 상수와 밀도가 매우 작은 유체로, 다수의 레벨 계측 시 계측을 까다롭게 하는 원인으로 작용한다. 보관 압력과 온도가 변화하는 경우

## 4.6 분리기 (Separators)

### 4.6.1 액체-기체 2상(相: Phase) 분리기

#### 적용되는 주요 기능

탄화수소 유체가 기체상과 액체상으로 분리되는 베슬이다. 2상 분리는 수평형이나 수직형 베슬이다.

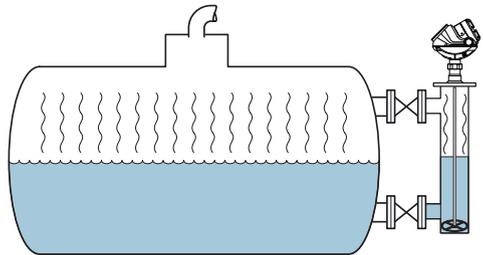


그림 4.6.1: 액체-기체 2상(相: Phase) 분리기

### 적용 특징 및 어려움

미가공 탄화수소에는 파라핀과 기타 다른 점착성 물질이 포함될 수 있다. 이러한 물질의 밀도는 다양하다. 압력과 온도는 유체의 근원과 프로세스 내에서의 위치에 따라

굉장히 다양하다.

### 적합한 기술

| 기술                        |
|---------------------------|
| Guide Wave 레이더, 싱글 리드 프로브 |
| 차압                        |
| 진동 포크 스위치                 |
| 플로트 스위치                   |

### 적합한 기술

| 기술   |
|--|
| Guide Wave 레이더, 싱글 리드 프로브, 다이렉트 마운팅 또는 챔버 내 설치 |
| 차압   |
| 진동 포크 스위치                                      |
| 플로트 스위치  |

### 4.6.2 가스-오일-물 3상(相: Phase) 분리기

#### 적용되는 주요 기능

3상 분리는 탄화수소를 가스, 오일 및 물이라는 3가지의 구성 요소로 분리하는데 사용되며, 다음 공정단계 전 오일로부터 자유수(free water)가 제거되는 Free Water Knock Out(FWKO)이라고도 불린다.

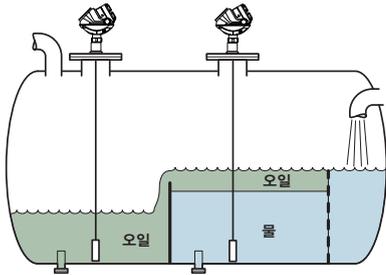


그림 4.6.2: 3상 분리기

#### 적용 특징 및 어려움

미가공 탄화수소에는 파라핀과 기타 다른 접착성 물질이 포함될 수 있다. 이러한 물질의 밀도는 다양하다. 압력과 온도는 유체의 근원과 프로세스 내에서의 위치에 따라 매우 다양하다.

중질 원유(heavy crude)와 함께 사용되는 일부 FWKO 시스템은 가열될 수 있다.

### 4.6.3 부트 분리기(Boot separator)

#### 적용되는 주요 기능

부트 분리기에는 효과적인 제거를 위해 물이 수집되는 작은 구획이 포함된다.

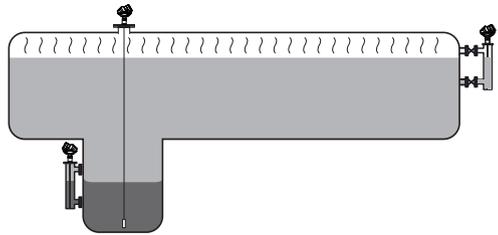


그림 4.6.3: 부트가 있는 2상 분리기

#### 적용 특징 및 어려움

- 오일 및 물과 관련된 응용 상황에서 이용된다. 분리되는 유체에 따라 유체층이 생길 수 있다.
- 오염이나 파라핀이 다량 함유된 탄화수소가 코팅 현상을 유발할 수 있으므로 싱글 리드 프로브가 권장된다.
- 베슬의 최상부에 설치되어 부트 내부까지 확장되는 경우가 아니라면, 일반적으로 계측 범위가 작은 경우 (<1m/3ft)에 적용된다.

### 적합한 기술

| 기술                            |
|-------------------------------|
| Guide Wave 레이더, 견고한 싱글 리드 프로브 |
| 진동 포크 스위치                     |
| 플로트 스위치                       |

### 주의!

스위치나 플로트는 인터페이스가 예정 지점에 도달 시 이를 감지하는데 사용될 수 있다.

### 4.6.4 플레어 녹아웃

#### 적용되는 주요 기능

프로세스에 예기치 않은 문제가 발생하거나 증기가 치솟는 상황에서 회수 베슬(recovery vessel)로 작용한다.

#### 적용 특징 및 어려움

유체가 각기 다른 원천에서 기원할 수 있으므로 밀도와 기타 다른 물질의 특성이 다양하다.

압력과 온도 조건이 프로세스 내 위치에 따라 다양하다.

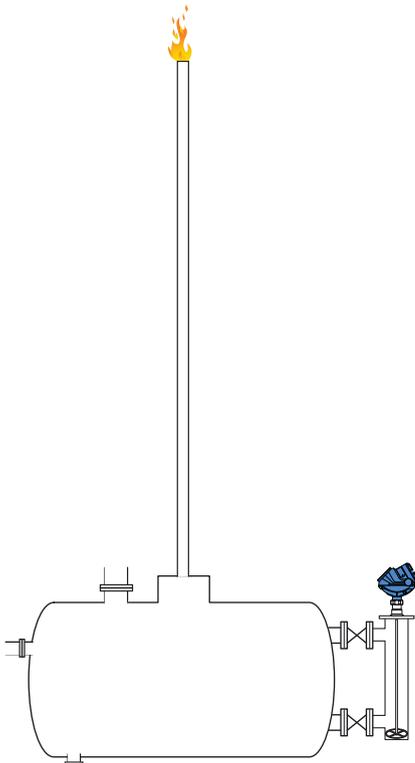


그림 4.6.4: Guide Wave 레이더의 Flare knockout

### 적합한 기술

| 기술  |
|---|
| Guide Wave 레이더, 싱글 리드 프로브, 챔버 내 혹은 다이렉트 마운팅 |
| 차압  |
| 5600, 긴 형태의 베슬을 위한 비접촉식 레이더                 |

### 올바른 관례

싱글 리드 프로브의 GWR은 물질의 코팅과 관련된 문제를 최소화할 것이다. 블로우다운 드럼(blowdown drums)과 같은 레벨 변화가 신속한 높은 베슬에서는 5600이 권장된다.

## 4.7 증류탑

### 적용되는 주요 기능

증류 기둥은 끓는점에 따라 유체의 혼합물을 분리한다. 증기는 기둥을 따라 상승하므로 각각의 구성 요소는 각기 다른 온도에서 응결되어 배출을 위해 수집된다.

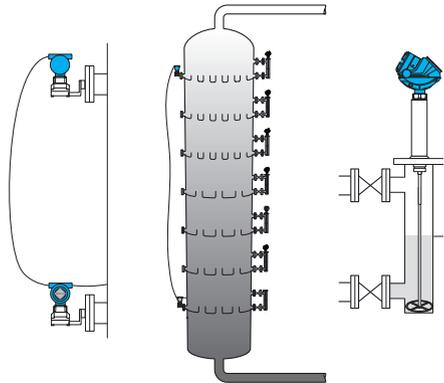


그림 4.7.1: 증류탑에서의 레벨 계측; 좌측은 차압을, 우측은 Guide Wave 레이더를 나타낸다.

### 적용 특징 및 어려움

- 증류 기둥은 높이에 따라 다양한 온도 범위를 지니며, 최하방부는 750°F(400°C)이다.
- 유체, 특히 최하방부에서 유체는 오염될 수 있으며 기기의 코팅과 막힘 현상을 유발한다.

## 4 - 레벨의 응용 및 기술 선택

- 막힘 현상의 위험을 최소화하고 낮은 점도를 유지하기 위해서는 챔버와 파이프를 절연시키는 것이 중요하다.

### 적합한 기술

| 기술                        |
|---------------------------|
| Guide Wave 레이더, 싱글 리드 프로브 |
| 트레이 레벨: DP Tuned 시스템      |
| ERS                       |

### 트레이 레벨 계측을 위한 올바른 관례

- Guide Wave 레이더: 온도가 302°F(150°C) 이하인 탱의 상방부에서는 표준 압력센을 이용한다. 온도가 150°C 이상인 하방부에서는 HTHP 압력센을 이용한다.
- 차압, Tuned 시스템. 탱의 하방부에서는 고온 충전 유체를 사용한다.

### 올바른 관례

- 차압; 3051S ERS
  - 최대 탭(tap) 간 범위 = 100 feet(30.5 미터)
  - 다수의 ERS 시스템이 100 feet 이상의 범위를 처리하기 위해 필요하다.
  - 차압에 대한 정압(static pressure)의 비율은 100:1 이하여야 한다(100:1 이상이 경우에는 Emerson에 의뢰한다).

## 4.8 혼합 탱크

### 적용되는 주요 기능

혼합 탱크는 특히 대기 조건에서 유체를 혼합하거나 유체 내로 고체를 혼합할 때 사용된다. 유체가 추가되는 현상을 감시하기 위해 레벨 계측이 필요하다.

### 적용 특징 및 어려움

- 부식성이거나, 기체나 포말(foam) 발생, 또는 급격한 변화가 초래될 수 있다.
- 일반적으로 혼합을 위한 교반기를 지닌다.

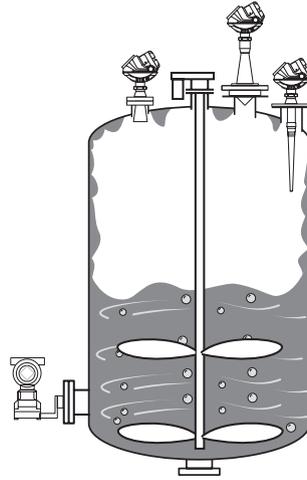


그림 4.8.1: 교반탱크의 레벨 계측

### 적합한 기술

| 기술                  |
|---------------------|
| 비접촉식 레이더*           |
| 차압                  |
| 초음파(포말이 존재하지 않는 경우) |

#### \* 주의!

포말이 존재할 가능성이 있는 경우 저주파 레이더를 사용한다.

### 4.8.1 슬러리

#### 적용 특징 및 어려움

슬러리는 액체와 부유입자의 혼합물이다. 현탁액 중 고체가 계속 존재하게 하기 위해서는 일반적으로 교반이 필요하다.

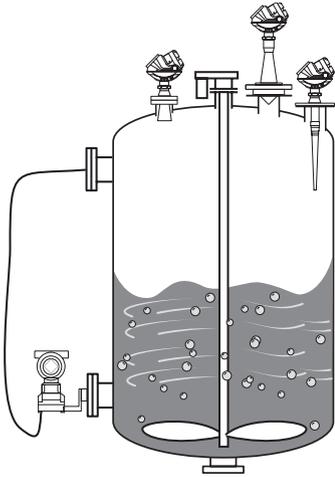


그림 4.8.2: 비접촉식 레이더와 차압에 의한 슬러리 레벨

### 적합한 기술

| 기술   |
|--|
| 비접촉식 레이더   |
| 확장형 다이어프램 씬(Extended Diaphragm Seal)의 차압(ERS 또는 Tuned 시스템) |
| 초음파  |

## 4.9 반응기 베슬(Reactor vessel)

### 적용되는 주요 기능

반응기 베슬은 최종 산물을 생산하기 위한 화학반응이 필요하다는 점을 제외하고는 혼합 탱크와 유사하다. 구성 성분 자체가 발열 혹은 흡열 반응을 유발할 수 있는 반면, 외부로부터의 열이 요구된다.

### 적용 특징 및 어려움

- 증기와 포말, 급격한 변화가 종종 나타난다.
- 반응의 일부로 밀도가 변화한다.
- 진공에서 정압(positive pressure)까지 압력이 다양하다.

### 적합한 기술

| 기술                   |
|----------------------|
| 비접촉식 레이더             |
| 차압, ERS 또는 Tuned 시스템 |

### 올바른 관례

- 소형 고압 베슬을 위한 DP 및 Tuned 시스템
- 낮은 정압(static pressure)의 높은 베슬을 위한 DP 및 ERS(DP 범위에 대한 정압의 비율이 100:1 이하)

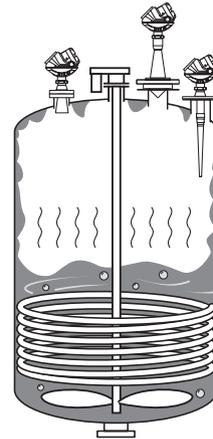


그림 4.9.1: 비접촉식 레이더에 의한 반응기 베슬 레벨

## 4.10 유황 피트(Sulfur pits)

### 적용되는 주요 기능

기본적인 응용항은 정유공장의 탈황 프로세스의 부산물로서 제거된다. 수집 탱크는 유황액을 유지하기 위해 고온의 상태로 유지되어야 한다.

### 적용 특징 및 어려움

반응용 고체(semi-molten solid)는 고온인 상태로 유지되며 절연 처리된다. 황의 증기는 무거우며 온도가 낮은 영역에서 응결될 것이다. 응결을 최소화하는 과정이 어려움으로 작용한다.

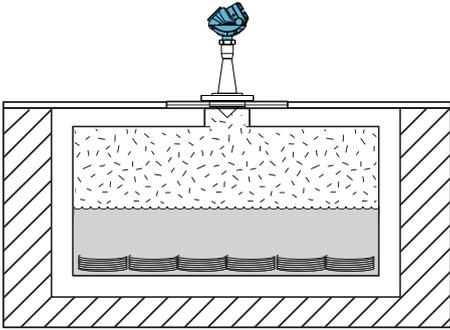


그림 4.10.1: 노즐이 설치된 Rosemount 5402 프로세스 씰

### 적합한 기술

| 기술                          |
|-----------------------------|
| 비접촉식 레이더                    |
| Guide Wave 레이더, 플렉서블 싱글 프로브 |

### 올바른 관례

프로세스 씰 안테나를 지닌 Rosemount 5402 모델을 사용한다. 노즐 상에 설치되는 경우, 노즐은 절연이 잘 되고, 황의 응결을 줄이기 위해 열을 추적할 수 있어야 한다. 정화장치가 설치되어 프로세스 씰의 세척이 가능해야 한다. 축적량을 감소시키기 위해 노즐을 정화, 절연 및 히트 트레이싱 장치를 해야 한다.

로드 안테나를 지닌 5400 모델이 사용될 수 있다. 이 경우, 반응이 일어나는 부분은 베슬 내에 위치해야 하며 노즐 내용물 들어간 곳에 위치해서는 안 된다.

파라볼라 안테나(parabolic antenna)를 지닌 5600 또한 사용될 수 있다. 안테나는 베슬 내부에 위치해야 예상되는 응결 현상을 최소화할 수 있다.

신호 품질 지표 (Signal Quality Metrics, SQM)가 안테나나 프로브의 세척 과정이 필요한지의 여부를 결정하기 위하여 신호의 강도를 감시하는데 사용될 수 있다.

## 4.11 금속판의 계측

### 적용되는 주요 기능

금속판은 종종 레벨 기기의 대상으로 사용된다. 금속판은 댐퍼(damper)나 기타 다른 가동 사물에 부착될 수 있으며, 위치를 나타내기 위해 사용된다.

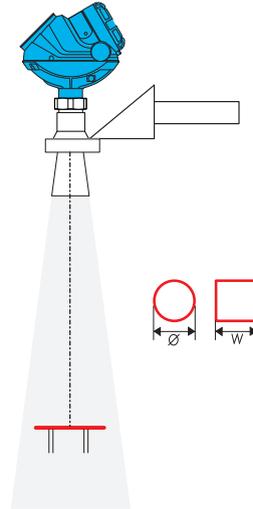


그림 4.11.1: 반사판을 지닌 Rosemount 5400 시리즈의 설치 권장사항

### 적용 특징 및 어려움

위치에 따라 주변 환경이 까다로울 수 있으며, 프로세스 주변의 온도가 높을 수 있다. 온도 변화와 관련하여 날씨 조건이 다양할 수 있다.

### 적합한 기술

| 기술       |
|----------|
| 비접촉식 레이더 |
| 초음파      |

### 올바른 관례:

금속판의 상방 중앙의 브라켓에 레벨 유니트를 설치한다. 레벨 기기는 금속 표면에 수직으로 위치해야 한다. 표면의 크기는 최대 예상 거리에서 레벨 기기의 빔 너비(beam width)를 수용할 수 있을 만큼 커야 한다.

### 4.12 스팀 발생

#### 올바른 관례

#### 4.12.1 보일러 드럼 레벨 컨트롤

##### 적용되는 주요 기능

부정확한 드럼 레벨 컨트롤은 스팀 드럼, 보일러, 그리고 터빈에 손상을 입힐 수 있다. 드럼 레벨이 설정 포인트 이하로 떨어지면, 보일러는 건조되어 폭발한다. 레벨이 설정 포인트보다 높은 경우, 습증기가 터빈으로 이동되어 터빈 블레이드에 손상을 입힐 수 있다. 안전을 위해 반복적으로 계측해야 한다.

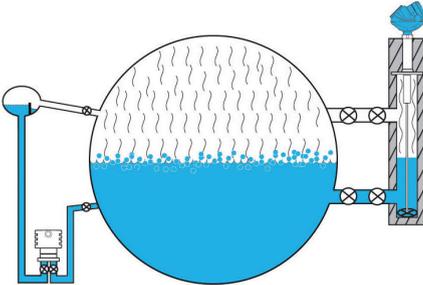


그림 4.12.1: 차압 및 Guide Wave 레이더에 의한 보일러 드럼 레벨 컨트롤

##### 적용 특징 및 어려움

- 고압 및 고온 기기가 필요하다.
- 압력과 온도가 상승함에 따라 스팀의 밀도와 유전체가 증가한다.
- 압력과 온도가 상승함에 따라 액체의 밀도와 유전체가 감소한다.
- 스팀과 액체의 밀도 변화는 압력 트랜스미터 레벨 계측을 위하여 DCS에서의 보상 과정을 필요로 한다.
- 스팀의 유전체 변화는 Guide Wave 레이더 계측에 여러 변수를 통한 보상 계산이 필요하다..
- 제어 범위가 좁은 범위 이상이다.

##### 적합한 기술

| 기술                        |
|---------------------------|
| Guide Wave 레이더, DVC       |
| 차압, Wet leg, Balanced 시스템 |
| 플로트 스위치                   |

- Guide Wave 레이더: 400 psi(27 bar) 이상의 시스템을 위한 Dynamic Vapor Compensation  
*추가 정보는 기술 관련 확인 사항 참조 : Ch.5장의 고압 스팀에서의 GWR 사용 사례 참조*
- 차압: 600psi(42bar) 이상의 압력을 지닌 보일러 드럼 시스템에서는 Wet leg가 권장된다. 압력이 <600psi(42bar) 인 시스템에서는 평형 시스템이 권장된다.

#### 4.12.2 보일러 드럼 레벨 표시

##### 적용되는 주요 기능

드럼 레벨을 시각적으로 표시하는 것은 안전을 위해 중요하다.

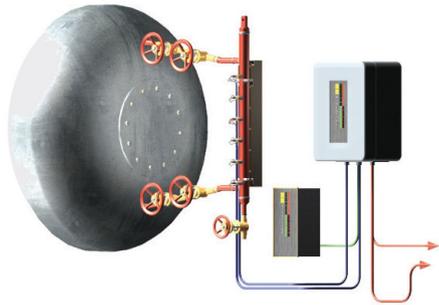


그림 4.12.2: 보일러 드럼의 Hydrastep 시스템

- 고압 및 고온
- 거리가 먼 경우 신호를 시각화하는 것에 한계가 있다.

##### 적합한 기술

| 기술        |
|-----------|
| Hydrastep |

### 4.12.3 보일러 급수

#### 적용되는 주요 기능

급수 히터는 보일러로 공급되기 전 물의 압력과 온도를 서서히 증가시키기 위하여 단계화 되어 있다. 급수 히터의 제어는 시설의 전체 효율에 영향을 미칠 수 있다. 안전을 위하여 반복적인 계측이 필요하다.

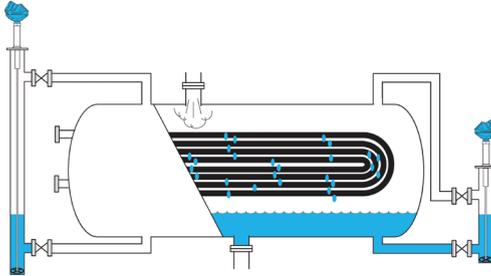


그림 4.12.3: 장거리 및 단거리 외부 챔버 설치에 따른 급수 히터 레벨

#### 적용 특징 및 어려움

- HP 급수 히터는 압력과 온도가 상승함에 따라 액체의 밀도를 변화시키고 증기의 유전체를 변화시킨다.
- 자철석 축적 현상이 일반적으로 발생한다.

#### 적합한 기술

| 기술   |
|--|
| Guide Wave, 400 psi(27 bar)이상의 시스템에서는 Dynamic Vapor Compensation 이용* |
| 기술 관련 자료 참고: Ch.5장의 Guide Wave 레이더를 이용한 고압 스팀 레벨                     |
| 차압   |

\* 압력이 낮은 상황에서는 표준 GWR 프로브를 사용한다.

### 4.12.4 공기 분리기

#### 적용되는 주요 기능

공기분리기는 보급수에서 응결 불가능한 용해 기체를 제거한다. 스팀은 급수를 세척하기 위해 사용되며 응축물로 재회득 된다. 정확한 공기분리기의 레벨 컨트롤은 보일러 공급 펌프로의 지속적인 급수를 가능하게 한다.

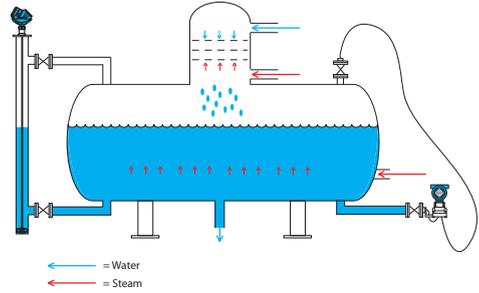


그림 4.12.4: Guide Wave 레이더 및 차압에 의한 공기 분리기 레벨

#### 적용 특징 및 어려움

- 일반적으로 낮은 압력(<50 psi)에서 작동되며, 종종 약간의 진공 하에서 작동된다.
- 용수가 매우 깨끗하며 밀도가 안정적이다.

#### 적합한 기술

| 기술             |
|----------------|
| Guide Wave 레이더 |
| 차압             |

#### 올바른 관례

- Guide Wave 레이더에는 표준 압력 실을 이용한다.

### 4.13 냉각탑

#### 적용되는 주요 기능

냉각탑에서 순환하는 물은 터빈에서 응결되는 스팀을 냉각시키는데 사용된다. 콘덴서의 열을 흡수한 후, 순환수는 냉각탑을 통과하며 증발화 과정을 통해 냉각된다. 연속적인 물의 레벨은 콘덴서로 다시 순환되기 위해 냉각탑의 집수지에 유지된다.

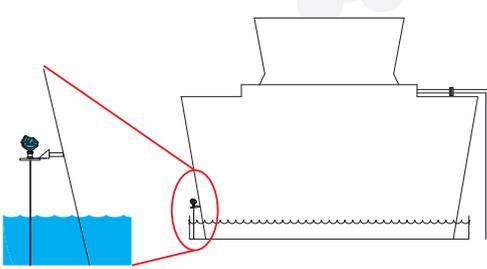


그림 4.13.1: Guide Wave 레이더에 의한 냉각탑 집수지 레벨, 개관 및 클로즈업

### 적용 특징 및 어려움

- 냉각되는 물은 깨끗한 상태이지만 바람에 의한 잔유물이 집수지에 수집될 수 있다.
- 물 처리의 화학적 사용에 따라 포말(foam)이 존재한다.
- 탱크의 형식과 설치 위치에 따라 물이 레벨 기기 상에 빗물과 같은 형태로 떨어질 수 있다

### 적합한 기술

| 기술             |
|----------------|
| Guide Wave 레이더 |
| 비접촉식 레이더       |
| 초음파            |

### 주의!

이러한 모든 기술은 브라켓 마운트에 의해 설치될 수 있으며, 브라켓 마운트는 냉각탑 집수지 상방에 설치한다.

## 4.14 호수 또는 연못 레벨

### 적용되는 주요 기능

호수나 저수지의 레벨은 보급수를 적절히 공급하기 위해 감시된다.

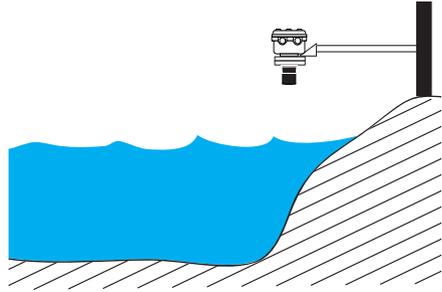


그림 4.14 호수 또는 저수지 레벨

### 적용 특징 및 어려움

- 물
- top-down 계측

스틸링 웰(stilling wells)이 종종 사용된다. 기온이 낮을 때는 표면에 얼음이 형성될 수 있다. 얼음 표면은 비접촉식 기기로 계측한다.

### 적합한 기술

| 기술                              |
|---------------------------------|
| 얼음이 예상되지 않는 경우에는 Guide Wave 레이더 |
| 비접촉식 레이더, 5401                  |
| 초음파                             |
| Hydrostatic(정수압)                |

## 4.15 배수조에서의 응용 (Sump applications)

### 4.15.1 배수조 (폐유, 응축물용 배관 피트)

### 적용되는 주요 기능

배수조는 물이나 넘쳐 흐른 액체를 수집하는 베슬로, 주요 장치의 하방에 위치한다. 폐유나 폐응축물, 화학물질이나 물이 수집되어 재처리되거나 폐기될 수 있다.

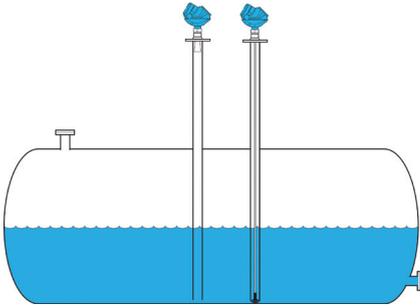


그림 4.15.1: 스틸링 웰의 비접촉식 레이더나 Guide Wave 레이더에 의한 응축물 배수조 레벨

### 적용 특징 및 어려움

- 배수조는 오염되거나 기름기가 함유된 물을 포함할 수 있다.
- 종종 top-down 계측에 의해서만 접근 가능하다.
- 인터페이스 계측이 바람직한 경우도 있다.

### 적합한 기술

| 기술                            |
|-------------------------------|
| Guide Wave 레이더                |
| 비접촉식 레이더                      |
| 압력이 최소인 경우, 초음파               |
| Hydrostatic(정수압) (가압되지 않을 경우) |
| 진동 포크 스위치                     |
| 플로트 스위치                       |

### 4.15.2 초음파 트랜스미터에 의한 개방형 배수조 계측

#### 적용되는 주요 기능

처리된 폐수나 빗물을 수집한 물이 개방형 대기 배수조에 저장된다.

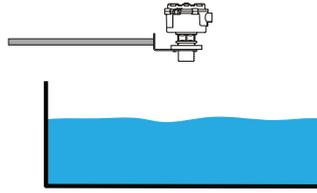


그림 4.15.2: 초음파 트랜스미터에 의한 개방형 배수조 계측

### 적용 특징 및 어려움

- 물
- top-down 계측

### 적합한 기술

| 기술               |
|------------------|
| Guide Wave 레이더   |
| 비접촉식 레이더         |
| 초음파              |
| Hydrostatic(정수압) |

### 4.15.3 지하 배수조

#### 적용되는 주요 기능

지하 배수조는 폐기물의 스티를 수집하는데 사용된다. 지하 배수조는 종종 극도의 온도 환경에서 쉽게 채워지고 절연되도록 지하에 설치된다.

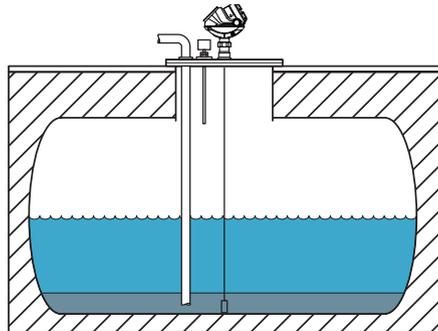


그림 4.15.3: Guide Wave 레이더에 의한 지하 탱크

### 적용 특징 및 어려움

- 배수조는 오염되거나 기름기가 함유된 물을 포함할 수 있다.
- 종종 top-down 계측에 의해서만 접근 가능하다.
- 인터페이스 계측이 바람직한 경우도 있다.

### 적합한 기술

| 기술                            |
|-------------------------------|
| Guide Wave 레이더                |
| 비접촉식 레이더                      |
| 압력이 최소인 경우, 초음파               |
| Hydrostatic(정수압) (가압되지 않을 경우) |

### 4.16 슬러지 감지(Sludge detection)

#### 적용되는 주요 기능

일부 프로세스에서는 작은 고체 입자가 액체 내 부유하며 용액 외부로 떨어져 슬러지 층을 형성할 수 있다. 효과적인 제거를 위하여 슬러지 층의 높이를 감시한다.

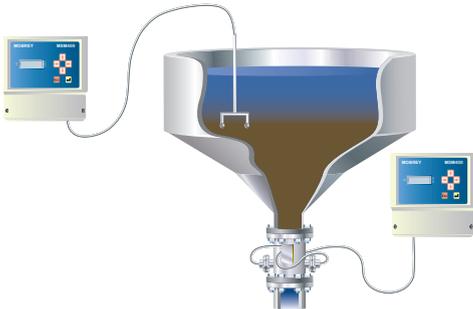


그림 4.16.1: 초음파 슬러지 블랭킷 감시 시스템을 이용한 슬러지 감지

#### 적용 특징 및 어려움

- 대형 탱크에서의 계측은 깊은 수심에서 이루어질 수 있다.
- 슬러지는 어떠한 표면에서도 축적될 수 있다.

### 적합한 기술

| 기술                 |
|--------------------|
| 초음파 슬러지 블랭킷 감시 시스템 |

### 4.17 오픈 채널 플로우

#### 적용되는 주요 기능

개수로의 유동에서의 응용은 경계가 명확하나 개방된 공간을 통해 유체, 일반적으로 물이라는 유체가 흐를 때 이것의 흐름을 계측한다. 유동양이 증가하면 물의 레벨을 상승시키는 개수로나 둑이 제약 요소로 작용한다. 이처럼 레벨이 변화하는 상황에서는 유체의 흐름이 계산될 수 있다. 확립된 식을 각기 다른 유형의 개수로에 활용한다.

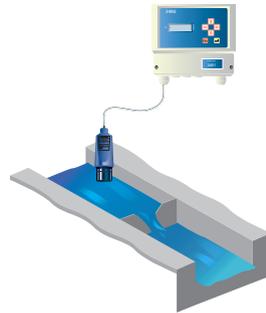


그림 4.17.1: 초음파 트랜스미터로 개수로 흐름 계측

#### 적용 특징 및 어려움

흐르는 유체, 일반적으로 물은 제약 요소를 통과하며 높이가 상승한다. 상승하는 양은 흐름 속도를 결정하는데 사용될 수 있다. 일반적으로 주위 온도 조건에서 계측이 이루어진다. 날씨가 추울 때는 따뜻한 스팀이 응결 수증기를 발산될 수 있다. 일부 펄스팀에서는 포말(foam)이 존재하는 경우도 있다.

### 적합한 기술

| 기술                                |
|-----------------------------------|
| 초음파                               |
| 비접촉식 레이더, 브라켓 마운트 (bracket mount) |

### 4.18 포인트 레벨 감지

#### 적용되는 주요 기능

포인트 레벨 감지는 여러 곳에서 사용된다. 포인트 레벨 스위치는 연속 레벨 계측을 지원하거나 단독으로 사용될 수 있다. 여기서는 포인트 레벨 스위치의 몇 가지 전형적인 사용에 대해 살펴본다.

- 넘침 방지

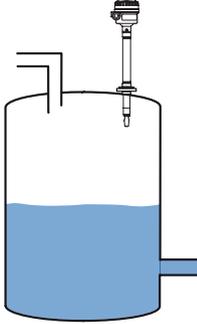


그림 4.18.1: 넘침 방지

넘침 현상에 의한 유출은 인간과 환경 모두에 유해할 수 있으며, 제품 손실 및 잠재적인 청소 비용 상승을 유발한다.

- 고레벨 및 저레벨 경보

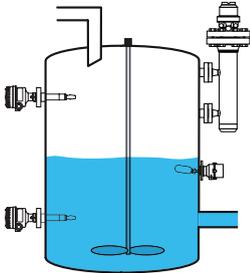


그림 4.18.2: 고레벨 및 저레벨 경보

여러 종류의 많은 액체를 포함하고 있는 탱크에서 최대 및 최소 레벨을 감지하는 것은 진동 포크와 플로트 스위치를 위해 이상적이다. 주요 장치에 오류가 발생하는 경우를 대비하여 설치된 레벨 기기에 대한 보조 장치로 독립적인 고레벨 경보 스위치를 설치하는 것이 일반적인 관례이다.

스위치는 탱크 내에 직접 설치되거나 챔버 외부에 설치될 수 있다.

- 펌프 컨트롤

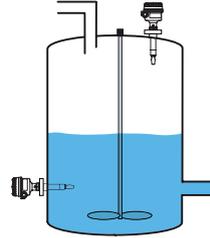


그림 4.18.3: 펌프 컨트롤

회분(回分)식 공정(Batch processing) 탱크에는 종종 혼합 및 제품의 유동성을 위한 교반기 (stirrer 또는 Agitator) 가 포함된다.

- 펌프 보호 또는 비어있는 파이프의 감지

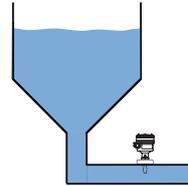


그림 4.18.4: 펌프 보호

진동 포크 스위치는 크기가 작아 제한된 공간에도 활용될 수 있다는 장점을 가진다. 2120 및 2130은 직접 부하 스위칭 전자 장치를 지녀 신뢰성 높은 펌프 제어에 이상적이며, 펌프가 건조되는 것을 방지하는데 사용될 수 있다.

#### 적합한 기술

| 적용 사례  | 진동 포크 스위치 | 플로트 스위치 |
|--------|-----------|---------|
| 넘침     | X         |         |
| 고레벨    | X         | X       |
| 저레벨    | X         | X       |
| 펌프 컨트롤 | X         | X       |
| 펌프 보호  | X         |         |

표 4.18.1: 각각의 포인트 레벨 감지 적용 사례에 적합한 기술.

### 4.19 고체

여기에 열거된 고체는 일반적인 적용 사례를 나타내기 위해 선택된 것이다. 다수의 고체에서 관찰되는 일반적인 특징을 나타내기 위하여 각기 다른 그룹을 선택하였다. 일반적으로 저유전체의 저중량 물질에서는 GWR을 사용한다. 고중량 물질에서는 비접촉식 레이더를 사용한다.

#### 4.19.1 플라이 애시, 카본 블랙, 촉매 (Fly ash, carbon black, catalyst)

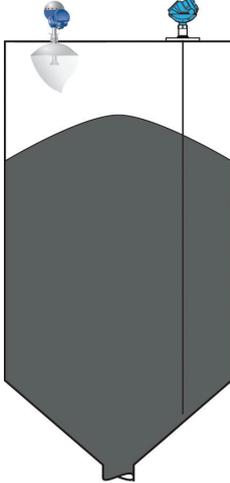


그림 4.19.1: 비접촉식 혹은 Guide Wave 레이더에 의한 플라이 애시

#### 적용 특징 및 어려움

- 먼지
- 높은 형태의 베슬
- 2-4 범위의 DK
- 중간 정도의 무거운 중량, 자유롭게 흐르는 성질

#### 적합한 기술

| 기술             | 설치 시 가이드라인                                 |
|----------------|--|
| Guide Wave 레이더 | 기술 자료 참고: Ch.5 장의 고체 레벨 계측 시 GWR 사용        |
| 비접촉식 레이더       | 기술 자료 참고: Ch.5 장의 Rosemount 5600에 의한 고체 계측 |

### 4.19.2 플라스틱과 나일론

#### 적용 특징 및 어려움

- 플라스틱 및 나일론 알갱이, 조각, 가루는 저중량 물질이다.
- DK는 <20이다.
- 탱크의 충전 및 배출 과정에서 정전하가 발생할 수 있다.

#### 적합한 기술

| 기술                        | 설치 시 가이드라인                          |
|---------------------------|-------------------------------------|
| Guide Wave 레이더, 싱글 리드 슬로프 | 기술 자료 참고: Ch.5 장의 고체 레벨 계측 시 GWR 사용 |

#### 올바른 관례

이러한 물질들은 굉장한 저유전체이기 때문에 프로브 말단의 투사 기능(projection functionality)이 활용된다.

*정전하로 인하여, 트랜스미터는 외부에 접지되어야 한다. 기술 관련 확인 사항을 참조하라: 세부 사항은 Ch.5장에 기술된 "Rosemount 레이더 트랜스미터에 관련된 전력 및 과도 전압 보호를 위한 올바른 관례"를 참고한다.*

### 4.19.3 석회, 시멘트, (곡물)가루, 설탕, 녹말가루

#### 적용 특징 및 어려움

- 먼지 발생이 많은 고체 계측
- 석회나 시멘트의 일부 형태는 밀도가 매우 크기 때문에, 과도한 당김력(pull force)로 인한 비접촉식 레이더가 필요하다.
- DK는 2에서 10까지 다양하다. 무게가 가볍고 가루 형태인 물질은 유전체 상수가 작은 경향이 있다(<2). 예를 들어, 소석회와 백색 시멘트가 그러하다. 클린커 시멘트(clinker cement)와 석회암과 같은 무거운 형태는 DK가 크다.

## 4 - 레벨의 응용 및 기술 선택

### 적합한 기술

| 기술                              | 설치 시 가이드라인                                  |
|---------------------------------|---|
| 비접촉식 레이더, 먼지로부터 보호하기 위한 PTFE 커버 | 기술 자료 참고: Ch.5 장의 Rosemount 5600 에 의한 고체 계측 |
| Guide Wave 레이더, 플렉서블 싱글 프로브     | 기술 자료 참고: Ch.5 장의 고체 레벨 계측 시 GWR 사용         |

### 적용 특징 및 어려움

- 먼지가 발생될 수 있으나 정전하를 최소화하기 위해 종종 물을 뿌린다.

### 적합한 기술

| 기술                       | 설치 시 가이드라인                                 |
|--------------------------|--|
| 비접촉식 레이더, PTFE 커버 사용 금지! | 기술 자료 참고: Ch.5 장의 Rosemount 5600에 의한 고체 계측 |

### 4.19.4 코크스(Coke)

#### 적용 특징 및 어려움

- 먼지가 발생될 수 있다.
- 개방되어 있는 더미(pile) 형태로 보관된다.
- DK가 다양하다: 2-8

#### 적합한 기술

| 기술       | 설치 시 가이드라인                         |
|----------|------------------------------------|
| 비접촉식 레이더 | 기술 자료 참고: Ch.5장의 고체 레벨 계측 시 GWR 사용 |

### 4.19.5 석탄

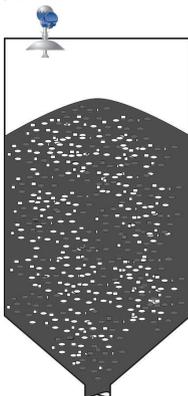


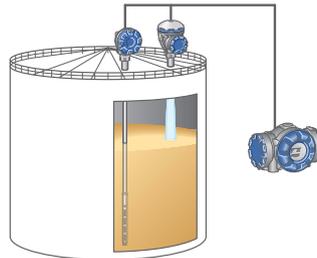
그림 4.19.2: 비접촉식 레이더에 의한 석탄 저장고 레벨

### 4.20 탱크 계측 응용

#### 4.20.1 고정형 루프 탱크

#### 적용되는 주요 기능

고정형 루프 탱크는 정유된 오일 제품과 같은 완제품을 함유하는 대형 보관 탱크이다. 여기에는 생산을 위한 원료 또한 보관될 수 있다. 이러한 두 가지 경우에서 모두, 회계 및 소유권 이전 목적을 위하여 굉장히 정확한 계측이 요구된다.



4.20.1: 인벤토리 탱크 게이징 시스템을 적용한 저장용 탱크

#### 적용 특징 및 어려움

원유나 정제 제품을 함유하는 대형 직립 탱크이다. 특별한 첨가제를 혼합해야 하는 로드 아웃(loadout) 시설에서는 혼합 탱크로 사용될 수도 있다.

### 적합한 기술

| 기술             |
|----------------|
| 고정밀 탱크 게이징 시스템 |

### 4.20.2 유동형(Floating) 루프 탱크

#### 적용되는 주요 기능

유동형 루프 탱크는 가솔린과 같은 휘발성, 증기형 유체에 사용된다. 루프는 유체의 표면 위에 떠 있는 상태로 증기를 최소화한다.

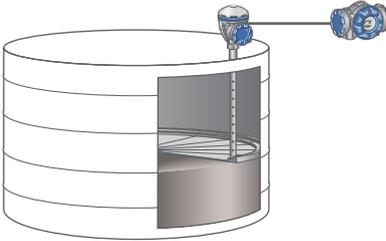


그림 4.20.2: 인벤토리 탱크 게이징 시스템에 의한 유동형 루프 탱크

#### 적용 특징 및 어려움

외부/내부 유동형 루프를 지닌 대형 직립 탱크로 미가공 원유를 함유한다. 레벨 계측 시 스틸링 웰(stilling wells)을 이용할 수 있는 경우도 있다. 루프는 스틸링 웰 외부의 상, 하방으로 움직인다.

### 적합한 기술

| 기술                      |
|-------------------------|
| 고정밀 탱크 게이징 시스템          |
| 비접촉식 레이더                |
| Mobrey 유동형 루프 탱크 경보 스위치 |

### 올바른 관례

정확도를 높이고 루프가 기울어지는 현상에 의한 오류를 방지하기 위하여, 스틸링 웰(stilling wells)의 접근 지점에서 레벨을 계측해야 한다. 이에 대한 대안으로는, 루프의 위치를 상방의 브라켓으로부터 설치된 비접촉 기기를 사용하여

루프의 위치를 계측하는 방법도 있다. 그러나 루프가 기울어진 경우에는 정확도가 떨어진다. 이러한 경우에는 하나 이상의 기기를 사용해 결과를 비교한다.

### 4.20.3 액화 천연 가스(LNG) 탱크

#### 적용되는 주요 기능

LNG는 주로 메테인(methane)으로 구성되고 일부 프로판과 에테인을 포함하고 있으며, 단독으로는 가압에 의해 액화될 수 없다. 가스는  $-161^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각되며 “액화”라는 과정을 통해 액체가 된다. 액화에 의해 부피는 600배 감소하여 운송 시 경제적인 형태가 된다.

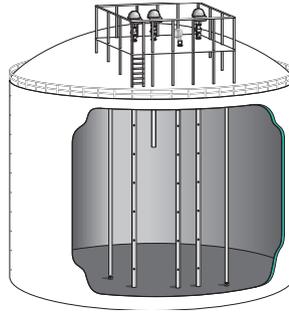


그림 4.20.3 인벤토리 탱크 게이징 시스템에 의한 LNG 탱크

#### 적용 특징 및 어려움

냉장 액화 천연 가스를 함유하는 대형 직립 극저온 탱크이다. 크기와 극저온 조건, 안전 밸브, 기체 및 저유전체 상수로 인하여 특별히 고안된 기기가 요구된다.

### 적합한 기술

| 기술             |
|----------------|
| 고정밀 탱크 게이징 시스템 |

