

극저온 액화가스 액면높이 측정 시스템의 설계

Design of Measurement System of Liquefied gas Level with Very Low Temperature

*박장식¹, 서현규², #고석조³, 박형진³, 최동준⁴

*J. S. Park¹, H. K. Seo², #S. J. Go(sjgo@dit.ac.kr)³, H. J. Park³, D. J. Choi⁴

¹동의과학대학 전자과, ²동의과학대학 DIT테크노벨리, ³동의과학대학 컴퓨터응용기계계열, ⁴부영CST

Key words : Very Low Temperature, Liquefied Gas, Integrated Silicon Pressure Sensor

1. 서론

최근 산업이 발달함에 따라 생명공학분야 및 산업체 전반에서 고압의 극저온 액화가스 사용이 매년 증가하고 있으며 관련 기술에 대한 개발도 병행되고 있다[1,2]. 그리고 반도체산업 관련 분야의 활성화로 인한 산업용가스(질소, 아르곤, 산소)와 의료용 특수가스(산소, 아르곤, 헬륨)의 수요가 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 이러한 극저온 액화가스의 사용이 증가함에 따라 극저온 액화가스를 담는 용기도 대형화되고 있으므로 극저온 액화가스 용기에 대한 관리가 필요하다. 즉 외부 온도의 변화에 따라 내부 액화가스의 압력증가로 용기가 파손될 수 있으며, 용기의 파손은 폭발로 이어져서 민간 혹은 대형 산업재해를 야기할 수 있다. 따라서 대형 액화가스 저장탱크는 안전성을 이유로 생활환경과 동떨어진 곳에 설치하고 있는 실정이므로 저장 효율이 높고 안정성과 유지보수가 용이한 저장용기의 개발이 필요하다[3,4].

상온에서 기체상태로 존재하는 대부분의 가스들이 -10℃ 이하의 온도에서 액화되지만, 헬륨, 수소, 네온, 질소, 아르곤, 공기, 메탄 등의 극저온 가스는 -169℃ 이하로 온도가 떨어져야만 액화가 되며, 액화 후에는 체적이 수백분의 1로 감소한다. 극저온 가스를 액화상태로 저장하면 고압의 압축가스(기체상태)로 저장하는 것에 비하여 동일 크기 저장용기의 저장 능력을 수배 증대시킬 수 있으며, 충전압력을 보다 낮게 유지할 수 있으므로 안전성이 크게 높아진다[4]. 그러나 탱크 내의 극저온 액화가스의 압력이나 잔존량은 압력 변화에 따라 비중 변화가 비선형적으로 변하여 예측하기 어렵다. 잔존량 측정은 종래에는 탱크의 용량이 비교적 작고 압력이 낮아서 정밀하지 않은 아날로그 형태의 기계식 압력계와 액면계를 사용하여도 큰 문제가 없었다. 그러나 최근 탱크의 대형화 추세에 따라 보다 안전하고 정밀한 압력계와 액면계가 요구되고 있다.

본 연구에서는 기존 아날로그 액화가스 탱크에서 액화가스 탱크에 부착된 압력계 또는 액면계를 보고 상태를 파악하는 방식의 번거로움을 해결하고 보다 정밀한 측정을 위해 차압센서를 이용한 압력과 액면 높이를 측정하는 디지털 측정시스템을 설계하고자 한다.

2. 극저온 액화가스 액면 높이 측정

기존의 아날로그 고압 액화가스 액면 높이 측정장치는 Fig. 1과 같이 아날로그 방식이 주로 사용되고 있으며, 비중 보정 등이 되지 않아 정도가 낮다. 따라서 본 논문에서는 차압센서를 이용하여 디지털 액면높이를 측정하는 장치를 설계하고자 한다. 제안하는 디지털 액면높이 측정 장치에서의 측정 과정은 Fig. 2와 같다. 차압센서를 이용하여 상위 레벨과 하위 레벨 간의 차압을 측정하여 AD변환하고 압력변화를 고려한 액면과 가스 잔존량 데이터베이스를 구축한다. 구축한 데이터베이스를 바탕으로 차압이 입력되면 액면과 잔존량을 측정하게 된다.

저온 탱크에 잔존하는 액화가스의 기본적인 측정 방법은 다음과 같다. 탱크의 용적은 식 (1)과 같이 계산한다.

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} + \frac{\pi D^3}{12} \quad (m^3, \ell) \quad (1)$$

여기서 V는 탱크의 용적이며, D는 탱크의 내부 직경이며, L은 Fig. 3에 표시한 높이 이다.



Fig. 1 Analog measurement of level of very low temperature liquefied gas

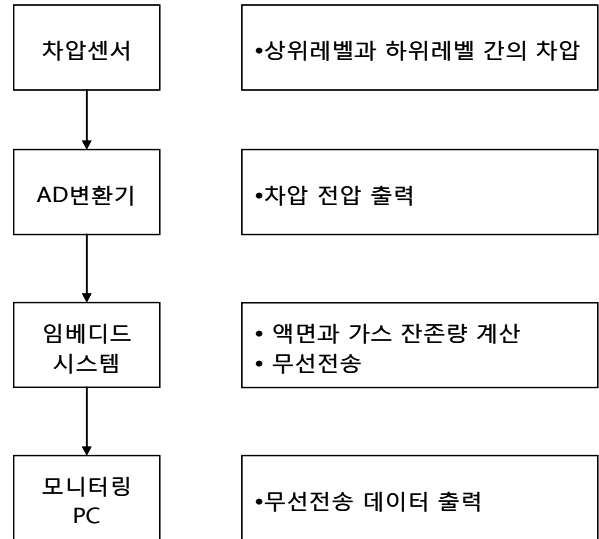


Fig. 2 Measuring process of level of liquefied gas

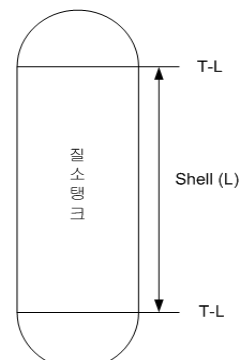


Fig. 3 Structure of liquefied gas tank

액화가스를 담고 있는 탱크 내부에서는 탱크 내의 압력에 따른 액체 비중(kg/m^3)이 달라진다. 본 연구에서는 내부 압력에 의한 액체의 비중 변화를 반영하고자 한다. 액체질소 가스를 예를 들면, Table 1의 탱크에 대하여 질소의 비중을 1로 한 경우에 대하여 Table 2와 같이 구축한 실험데이터로써 해당 용적 탱크 안의 액체질소가스 레벨 따른 잔존 액체가스의 부피 및 무게, % 량을 측정할 수 있다. 가스탱크 내의 압력에 의하여 결정된 액체 비중에 차압으로 계산된 수위 레벨의 용적을 곱하면 남아있는 잔존 액체가스의 무게를 알 수 있고, 실험 데이터를 통하여 잔존량을 계산할 수 있다.

3. 측정장치의 구현

본 연구에서는 극저온 액화가스의 액면높이와 잔존량을 측정하기 위하여 마이크로컨트롤러를 이용하여 측정장치를 구현하였다. 측정장치의 CPU는 16MHz로 구동하는 AT90CAN128 MCU를 사용하여 Fig. 4와 같이 구현하였다[5].

측정장치의 특징은 다음과 같다. 외부 입출력 제어를 위하여 8핀 DIO와 4채널 AD변환이 가능하다. USB 시리얼통신 포트와 CAN통신 포트를 포함하고 있다. USB 시리얼포트를 이용하여 컴퓨터와 인터페이스가 가능하도록 하였으며, 자동차 내부네트 워크로 널리 적용되고 있는 CAN통신 포트는 향후 탱크운반차에 적용하기 위하여 추가하였다. 그리고 차압센서는 FreeScale의 MPX4200a를 사용하였다[6]. Fig. 5는 차압센서의 특성곡선을 나타낸다.

Table 1 Example of liquid nitrogen tank

장비	4.8m ³ Cryogenic Storage Tank
내부 부피	4771.566(liter)
내부 지름	1,400(mm)
길이	2,633(mm)
비중	1

Table 2 Remain gas calculation from pressure

액화가스 높이	최적(volume, liter)	질량(kg)	잔존량(%)
66.66	95.43132	95.43132	2
133.32	190.86264	190.86264	4
199.98	286.29396	286.29396	6
266.64	381.72528	381.72528	8
333.30	477.15660	477.15660	10
399.96	572.58792	572.58792	12
466.62	668.01924	668.01924	14
533.28	763.45056	763.45056	16
599.94	858.88188	858.88188	18
666.60	954.31320	954.31320	20
733.26	1049.74452	1049.74452	22
799.92	1145.17584	1145.17584	24
866.58	1240.60716	1240.60716	26
933.24	1336.03848	1336.03848	28
999.90	1431.46980	1431.46980	30

4. 결론

본 논문에서 아날로그 극저온 액화가스의 액면높이 측정장치에 비하여 정도가 높고 압력변화에 의한 비중 변화를 반영한 디지털 측정 장치를 개발하였다. 향후 연구에서는 액화가스 잔존량에 대한 원격 모니터링이 가능하도록 무선 기능을 추가하고자 한다.

후기

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2009년도 산학공동기술개발지원사업의 지원에 의한 것 입니다.

참고문헌

1. 이승하, 이태원, "극저온까지 온도변화에 따른 질소 충전 소형 금속 벨로우즈의 변형 해석," 한국정밀공학회지, Vol. 26, No. 10, pp. 81-88, 2009.
2. 김형훈, 한근조, 한동섭, "극저온 밸브의 구조안전성 분석에 관한 연구," 한국정밀공학회 2008년도 추계학술대회 논문집, pp. 569-570, 2008.
3. 김서영, 강병하, 최항집, "극저온 액체 저장용기에서 열전도 차폐단의 영향," 한국수소에너지학회지, Vol. 9, No. 4, pp 170-171, 1998.
4. 최동준, "극저온 용기 용접부의 특성평가 및 설계에 관한 연구," 한국해양대학교 박사학위논문, 2009.
5. 박장식, 윤병우, 김현태, AT90CAN128을 이용한 CAN통신실무, 홍릉과학출판사, 2009.
6. Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated, Freescale Semiconductor, Technical Data, 2004.



Fig. 4 Picture of implemented digital level meter

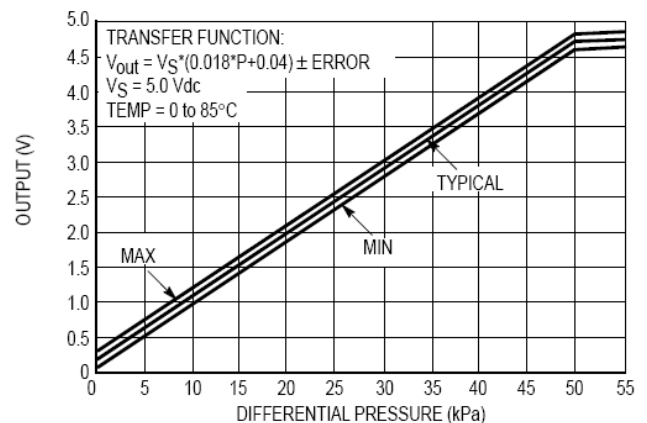


Fig. 5 Response characteristics of MPX4200a