

카고 탱크의 얼리지 스페이스 압력 측정 시스템 개발 및 성능 평가

Development of Ullage Space Pressure Measuring System of Cargo Tank and Its Performance Evaluation

*#고석조¹, 최문호², 김대경³, 김창동², 장용석²

*#S. J. Go(sjgo@dit.ac.kr)¹, M. H. Choi(sanai4001@naver.com)², D. K. Kim(kadrian@dit.ac.kr)³, C. D. Kim(kcd@dit.ac.kr)¹,
Y. S. Jang(master@marsen.co.kr)²

¹동의과학대학 컴퓨터응용기계계열, ²(주)마르센, ³동의과학대학 전기과

Key words : Ship, Ullage Space, Tanker, Pressure Monitoring System, VIP-2000

1. 서론

탱커(tanker)선의 경우 화물 탱크 내부의 빈 공간(ullage space)은 불활성기체(inert gas)를 채움으로서 산소 농도를 하강시켜 폭발을 방지하게 하고 있다. 즉 선박이 더운 곳을 항해할 경우에는 탱크 내의 압력이 증가하며 이 때 P/V(pressure/vacuum) 밸브를 통해 일정 압력에서 자동으로 오픈(open) 되어 배출되도록 한다. 반대로 추운 곳을 항해할 때는 상대적으로 탱크의 부피가 수축하므로 탱크 내부 압력은 대기압 이하로 낮아지고 진공이 형성되면 P/V 밸브가 자동으로 오픈되어 외부 공기가 탱크 내로 들어오게 하여 탱크를 보호하고 있다. IMO에서는 P/V 밸브의 운전 시 카고 탱크 내부에 발생하는 부압이나 과압에 대한 안전성을 확보하기 위한 대책으로 내부 압력 측정 장치를 설치하도록 규정하고 있다[1].

탱커선의 카고 탱크 내부의 압력을 측정하여 측정된 압력이 카고 탱크에 위험 상황인 경우 항해사 혹은 선원들에게 인지할 수 있는 가시화 장치의 경보를 발생시키는 선박 설비가 카고 탱크(cargo tank)의 압력 측정 시스템(pressure monitoring system)이다. 본 연구에서는 이러한 탱크의 안전을 확보하기 위한 장비인 카고 탱크의 얼리지 스페이스 압력 측정 시스템을 개발하고자 한다. 그리고 개발된 시스템에 대한 성능 평가를 하고자 한다.

2. 압력 측정 시스템 개발

압력 측정 시스템은 Fig. 1과 같이 각 탱크의 데크(deck) 상부 혹은 가스 파이프 라인에 설치된 압력센서에 의해 측정된 탱크 내부의 압력 신호를 측정하여 디스플레이 또는 알람 등의 신호를 나타내게 된다. Fig. 2는 현재 상용화된 압력 측정 시스템을 나타낸다[2]. 현재 국내의 대부분의 시장은 독일, 이태리, 영국, 미국, 일본, 덴마크 등의 선진국에서 장악하고 있다. 국내에서 판매되고 있는 측정 시스템의 경우 주변 환경의 대기압은 고려치 않고 탱크 내부의 압력을 측정하고 있으므로 고기압 또는 저기압 상태의 환경에서는 측정 오차를 항상 가지게 된다. 이것은 IBC code 9.1.3(2)[4]에서 규정하고 있는 탱크의 안전 압력 범위인 0.018 bar와 같은 미압 측정의 경우에는 시스템에 오작동을 발생할 수 있다.

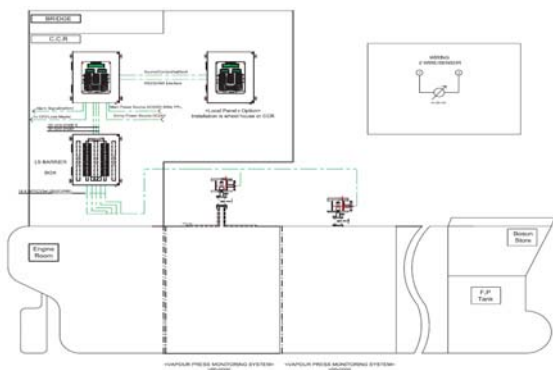


Fig. 1 Ullage space pressure measuring system of cargo tank

본 연구에서는 안전 압력의 범위를 SOLAS[3], USCG 46CRFVCS[4] and IBC code 9.1.3(2)[5]의 규정에 따라 Table 1과 같이 측정 압력에 따른 경보 범위를 규정하였으며 Fig. 3과 같이 카고 탱크의 얼리지 스페이스 압력 측정 시스템(VIP-2000)을 개발하였다[6].



Fig. 2 OMICRON(NORWAY)

Table 1 Alarm range

Inert Gas System is adopted	High pressure alarm > +0.2bar
	Low pressure alarm > +0.07bar
	Very low pressure alarm < -0.035bar
Inert Gas System is not adopted	High pressure alarm > +0.2bar
	Low pressure alarm < -0.035bar
Gas collection line of VCS if adopted	High pressure alarm > +0.018bar
	Low pressure alarm < -0.036bar



Fig. 3 VIP-2000

3. 압력 측정 평가

대기압의 영향을 무시하고 카고 탱크 내부의 압력만을 측정하는 경우와 대기압의 영향을 고려하여 카고 탱크의 내부 압력을 차압 산출하는 두 가지 방법에 대한 평가를 통해 비차압 측정방식보다 차압 산출 방식이 선박의 안전 운항에 보다 유리하다는 것을 보이게 한다.

본 연구에서는 선박이 고기압대나 저기압대 이동 시 주변 대기압이 변화하는 상황에 따른 카고 탱크 내부의 압력 변화추이를 측정하기 위해 Fig. 4와 같이 대기 챔버(chamber) 내부에 카고 탱크 챔버(cargo tank chamber)를 위치시키고 2조의 압력 레귤레이터(pressure regulator)를 이용하여 카고 탱크 챔버에는 일정압력이 유지될 수 있도록 구성하였으며, 대기 챔버 내부는 압력을 가변 할 수 있도록 구성하였다.

먼저 카고 탱크 챔버 내부의 압력은 고정시키고 대기 챔버 내부의 압력을 변화시키면서 비차압 방식을 이용하여 카고 탱크 챔버 내부의 압력 변화를 측정하였다.

Fig. 5와 같이 대기압 변화에 따라 탱크 내 압력변화의 추이를 살펴보면 탱크 내 압력은 대기압이 0.025 bar 이상 걸렸을 때부터 영향을 받기 시작하였음을 알 수 있다. 이는 카고 탱크 챔버 구조물이 0.025 bar 까지는 대기 압력이 탱크 내부로 영향을 주지 못하도록 지탱하였지만, 그 이상의 압력에서는 구조물이 견디어 내지 못하여 구조물의 형상 변경 등으로 탱크 내부의 용적에 변화가 생긴 것으로 판단할 수 있다. 즉, 대기 챔버의 압력 변화가 상승함으로 인해서 카고 탱크 챔버는 -0.025bar 까지 진공 상태가 형성되었고, 대기 챔버의 압력이 0.025bar보다 커지는 압력에서 챔버가 진공으로 인한 압력을 견디지 못하여 구조적 변형을 통해 내부 부피를 축소시킴으로서 카고 탱크 챔버 내부 압력이 0.025bar 보다 큰 경우 압력이 증가되었음을 알 수 있다.

따라서 대기압에 따른 탱크 내 압력을 고려하지 않고 탱크 내 압력만 측정하는 압력 측정 시스템의 경우에는 카고 탱크 챔버의 구조적 변화가 일어나기 전까지는 압력 감지 범위(High Alarm > 0.15 bar, Low Alarm < -0.02 bar) 내에 있으므로 탱크에 심각한 손상을 줄 수 있는 상황임에도 불구하고 정상적인 상황으로 판단을 내리고 있다.

다음으로 비차압 측정방식에 따른 문제점을 해결하기 위하여 차압 산출 방식에 따른 실험을 수행하였다. 실험 조건은 비차압 측정 조건과 동일하며 실험 결과는 Fig. 6과 같다. 대기압을 고려한 차압 산출 방식인 경우에는 대기압 0.025 bar 일 때 카고 탱크 챔버 내부의 압력이 -0.020 bar 가 되어서 부압의 위험 상황인 -0.02 bar 에 해당하는 알람이 발생하게 된다. 즉, 대기압을 감안하지 않은 비차압 산출 방식에서는 정상상태라고 판단을 내리고 있지만 차압 산출 방식에서는 카고 탱크가 심각한 손상을 얻을 수 있는 환경이라는 것을 인지하고 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 탱크의 안전을 확보하기 위한 차압 산출 방식의 카고 탱크 압력 측정 시스템을 개발하고자 하였다. 기존 제품에서의 문제점들을 해결하기 위해 카고 탱크 또는 파이프라인의 압력을 측정 하는 센서와 별도로 선박이 위치한 장소의 대기압을 측정하는 회로를 개발함으로써 탱크 내부의 압력 및 주위 대기압의 차압을 측정하는 형태로 측정 오차를 감소시킬 수 있도록 개발하였다. 향후 연구에서는 각 기능별 성능평가 및 환경시험을 하고자 한다.

후기

본 연구는 중소기업청 2008년도 산학 공동기술개발지원사업의 지원에 의한 것입니다.

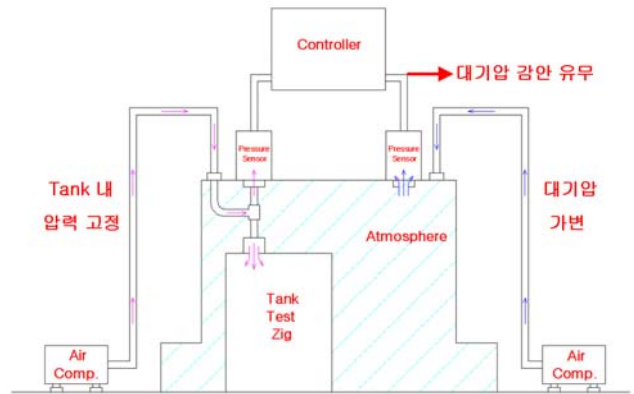


Fig. 4 Schematic diagram of pressure measuring test

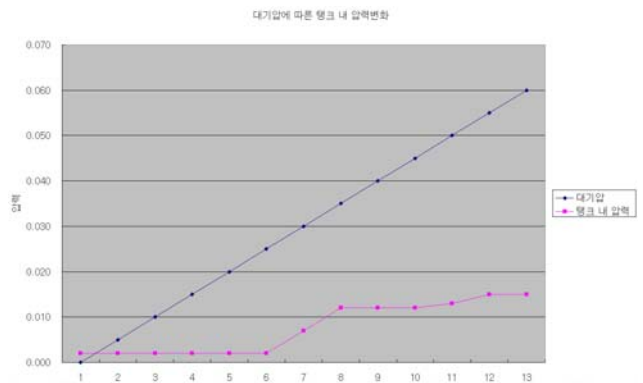


Fig. 5 Without respect to a change in the atmospheric pressure

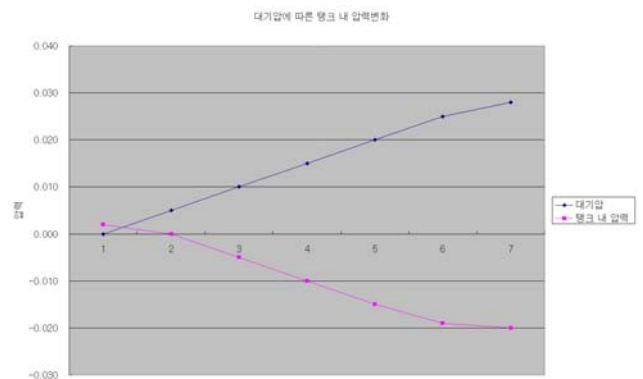


Fig. 6 With respect to a change in the atmospheric pressure

참고문헌

1. IMO, MSC(Maritime Safety Committee) Circulars 677, 1009, 450 Rev.1, 585, 731
2. NORWAY OMICRON, www.omicron.no
3. SOLAS 74, Chap. II-2 Req. 59, www.imo.org
4. www.uscg.mil/hq/cg5/cg522/cg5223/docs/Marine_Vapor_Control_Requirements.doc
5. IMO Regulation, 2004 Amendments To The International Code For The Construction and Equipment Of Ships Carrying Dangerous Chemical In Bulk (IBC Code), pp. 39
6. 고석조, 최문호, 김대경, 김창동, 장용석, "카고 탱크의 압력 측정 시스템 설계에 관한 연구," KACC 2009, pp. 886-889, 2009. 9. 2-4, 부산 벡스코