

선박 카고 탱크의 드래프트 보정된 레벨, 볼륨 측정

정성진⁺ · 최우진⁺⁺ · 지식준⁺⁺⁺

(원고접수일 : 년 월 일, 심사완료일 : 년 월 일)

Draft Corrected Level & Volume Measurement for Ship's Cargo Tank

Seong-Jin Jeong⁺, Woo-Jin Choi⁺⁺ and Suk-Joon Ji⁺⁺⁺

Abstract : It's important that the measurement of ship's draft, cargo tank level & volume is relative to ship's stability and fee. In this paper, the corrected level and volume technique is introduced.

Key words : Draft(드래프트), Corrected Level(보정된 레벨), Corrected Volume(보정된 볼륨)

기호설명

Td : Trim Degree, °

Ld : List Degree, °

It : Inclinator Trim Degree, °

Il : Inclinator List Degree, °

Hu : Uncorrected Tank Level, m

Hc : Corrected Tank Level, m

Vc : Corrected Volume, m^3

1. 서론

선박의 드래프트측정은 선박의 안정성과 밀접한 관계를 가지고 있다. 선박의 드래프트는 선수, 선미, 좌현, 우현에 설치되어 선박의 홀수선을 측정하는데 드래프트의 차이가 크게 되면 선박이 선수, 미 간 좌, 우현 간 경사가 이 커져서 심할 경우 전복될 위험이 있으므로 정밀한 드래프트의 측정은 선박의 안전에 매우 중요한 요소이다. 선수, 선미 간 경사도(trim), 좌현, 우현 간 경사도(list)가 있을 경우에는 탱크의 레벨과 볼륨이 선박의 수평 상태에서의 값과는 차이가 난다. 이 경우 드래프트 보정을 통하여 탱크의 레벨과 볼륨의 지시 값을 수평상태에서 측정한 값으로 변환하여 정확한 값을 나타내도록 해야 한다.

드래프트를 보정한 탱크레벨과 볼륨이 중요한 이유는 약간의 오차에 의해서도 선박에 적재된 화물이나, 밸러스트 수량이 실제 값과 달라져서 선박의 안정도 계산에 영향을 줄 뿐만 아니라 화물운송료 계산에서도 차이를 나타내게 한다.

본 논문에서 선박의 드래프트는 배의 선수 측, 선미 측, 좌현, 우현의 4개소에 설치된 레벨센서를 통하여 측정된 값으로 trim과 list를 계산하게 된다. 일단 trim과 list가 계산되어 산출되면 각 탱크에 설치된 레벨 센서의 위치를 비교하여 trim값과 list값을 대입하여, 탱크의 레벨을 수평(even keel)상태에서의 값으로 산출하여 탱크의 볼륨 테이블에 대입하여 정확한 적재량을 계산해 낸다.

+ 정성진(한라레벨(주)부설연구소), E-mail:hlico@chol.com, Tel: 051)601-3000

++ 최우진(한라레벨(주)부설연구소)

+++ 지식준(한라레벨(주))

2. 시스템 개요

2.1 시스템 블록 다이어그램

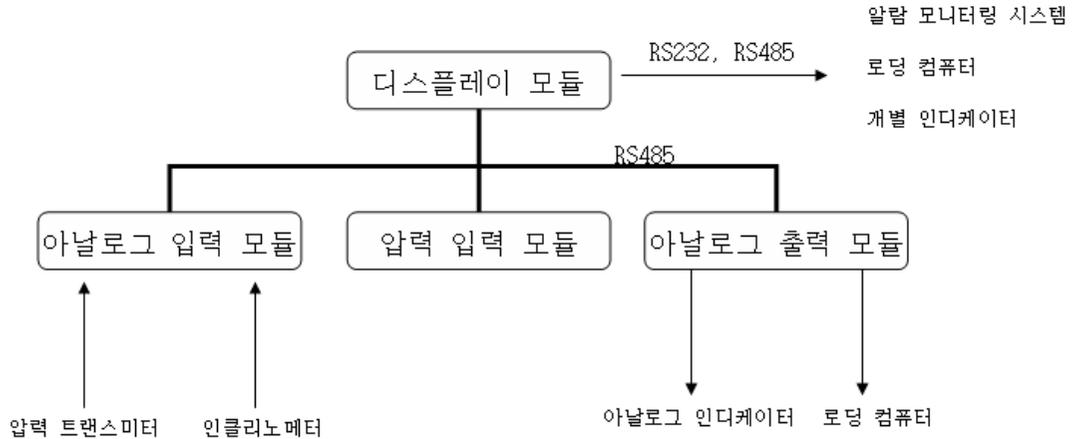


Fig. 1 System block diagram.

2.2 각 신호처리 모듈의 기능 및 특징

2.2.1 아날로그 입력 모듈

아날로그 입력모듈(Fig.2(a))은 4~20mA의 전류출력을 가진 모든 종류의 트랜스미터의 신호를 8개까지 연결할 수 있으며, 입력신호의 예를 든다면 드래프트 레벨 신호, 인클리노미터 신호, 밸러스트 탱크 레벨 신호, 연료유 탱크 레벨 신호, 배관의 유체 압력 신호, 온도 센서 신호 등이 있으며, 모듈 자체에 부착된 소형 액정 디스플레이와 키 입력으로 개별 채널에 대하여 영점과 경간(span)조정을 할 수 있도록 되어있다. 입력된 8개의 전류신호는 RS-485 통신 포트를 통하여 디스플레이 모듈에 전송하도록 되어있다.

2.2.2 압력 입력(EL-PN) 모듈

EL-PN 모듈(Fig.2(b))은 압축공기의 압력과 흐름을 정밀 제어하여 일정한 공기량을 탱크에 공급하면 측정할 탱크 (밸러스트 탱크, 연료유 탱크, 청수탱크 등)의 유체량에 따라서 변화되는 압축공기의 압력을 8개의 트랜스미터와 24개의 전자변을 이용하여 모듈 당 24개의 탱크레벨을 측정할 수 있도록 개발하였다. 트랜스미터는 측정 압력 전 구간에 대해서 아날로그 신호 값이 보정되어 있어서 $\pm 0.2\%$ 에러 범위 내의 정확도로 계측해 내고, 이를 RS-485 통신 포트를 통하여 디스플레이 모듈에 데이터를 전송한다.

2.2.3 아날로그 출력 모듈

디스플레이 모듈(Fig.3)에서 RS-485 통신포트를 통하여 제공받은 레벨데이터를 4-20mA의 전류신호로 바꾸어 출력하는 모듈(Fig.2(c))로서 8개의 독립된 개별출력을 가지고 있다. 출력된 신호는 아날로그 또는 디지털 지시계, 중앙감시/경보장치(AMS)에 전류신호를 전송한다. 디스플레이 모듈에서 전송된 데이터를 전류출력으로 변환시키는 데에 따른 에러는 $\pm 0.2\%$ 이하이다.

2.2.4 디스플레이 모듈

디스플레이 모듈(Fig.3)은 대형의 그래픽 액정 표시 장치와 19개의 입력키, 1개의 부저를 가지고 있으며 또한 3개의 RS-485 통신 포트와 한 개의 RS-232 포트로 외부와 통신을 하도록 구성되어 있다. 이 중 한 개의 RS-485 통신 포트는 모드버스 마스터(ModBus Master)로 이용되어 하위그룹인 아날로그입력모듈, EL-PN모듈, 아날로그 출력모듈을 제어하는 데 사용되며 나머지 2개의 RS-485, 한 개의 RS-232 통신 포트는 모드버스 슬레이브(ModBus Slave)로 동작하여, 선박의 중앙 감시 제어 장치나, 적하 지침기, 시리얼 인터페이스의 디지털 지시계 등에 연결되어 데이터를 전송하는 데 사용된다.

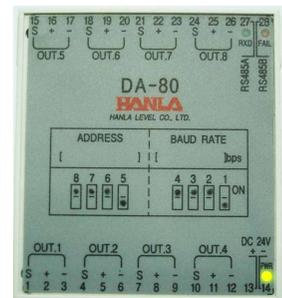
디스플레이 모듈에는 탱크의 볼륨테이블, 센서의 위치정보 등이 저장되어 있으며 하위 모듈에서 전송된 데이터를 연산하여 선박의 선수 간, 좌우현 간 경사각을 측정하여 저장된 센서 위치 정보와 볼륨정보를 계산하여 수평(even keel)상태의 레벨과 볼륨으로 보정하여 전면 액정 표시장치에서 표시할 뿐만 아니라, 고 액면 또는 저 액면 값을 입력하여 수위 경보까지 가능하도록 개발되었다. 특히 탱크에 저장된 액체의 고유 비중에 따라 레벨이 보정되도록 하였으며 비중값은 저장된 기본(default)값 또는 수입력 값을 선택하여 사용할 수 있도록 하였다. 또한 상위 시스템인 중앙 감시/경보 장치나, 적하 지침기의 고장이 발생하더라도 보조 지시 장치로도 사용할 수 있도록 독립된 감시, 경보 기능을 가지고 있다.



(a) 아날로그 입력 모듈



(b) EL-PN 모듈



(c) 아날로그 출력

Fig.2 Developed Signal Processing Module.



Fig.3 Display module.

3. 드래프트 및 보정된 레벨, 볼륨 계산

3.1 드래프트 계산

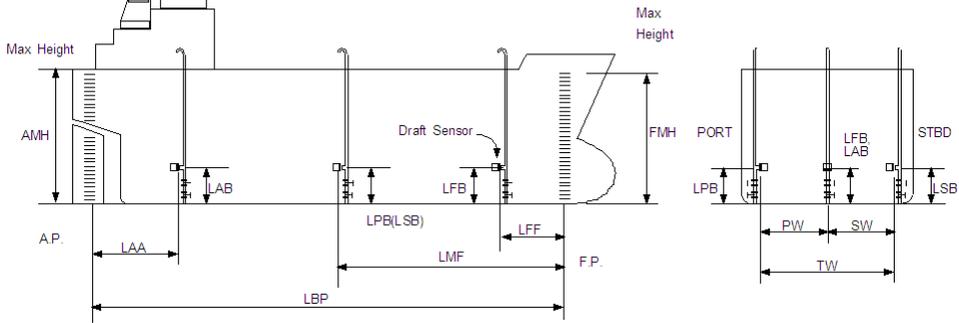


Fig.4 Draft Sensor position

$$Td = \tan^{-1}(((\text{Draft_Fore} + \text{LFB}) - (\text{Draft_Aft} + \text{LAB})) / (\text{LBP} - \text{LAA} - \text{LFF})) \quad (1)$$

$$Ld = \tan^{-1}((\text{Draft_Stb} + \text{LSB}) - (\text{Draft_Port} + \text{LPB})) / \text{TW} \quad (2)$$

드래프트 계산은 4지점(Aft, Fore, Starboard, Port)의 드래프트 센서에서 측정된 값을 토대로 연산이 된다. 먼저 trim 연산은 식(1)과 같이 배의 선수(Fore)의 드래프트 값에 선미(Aft)값을 빼고 선수와 선미의 길이를 나누어 준 값에 아크탄젠트를 취하면 trim각이 나오게 된다.

마찬가지로 list 연산은 식(2)와 같이 우현(Starboard)의 드래프트 값에 좌현(Port)값을 빼고 센서 사이의 거리를 나누어 준 값에 아크탄젠트를 취하면 list각이 나오게 된다.

3.2 인클리노미터 드래프트

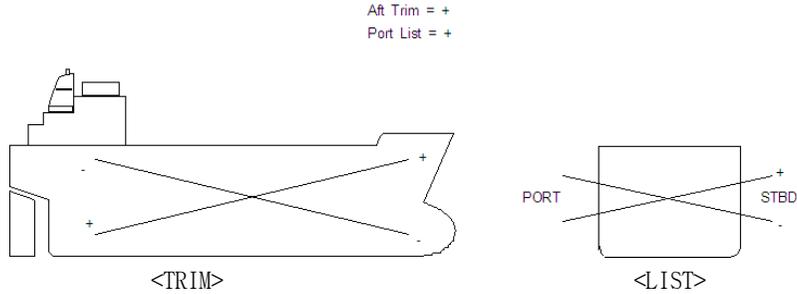


Fig.5 Inclinerometer Trim & List Angle

$$I_t = (12 - I_{tc}) / 8 \times 5 \quad (3)$$

$$I_l = (12 - I_{lc}) / 8 \times 5 \quad (4)$$

하나의 인클리노미터에서 2개의 4~20mA 전류신호 I_{tc} , I_{lc} 를 각각 얻어 식(3), 식(4)와 같이 $\pm 5^\circ$ 로 스케일 변환하여 trim과 list각을 얻을 수 있다. 보통의 인클리노미터의 출력은 $\pm 5^\circ$ 의 범위이며 이 경우 12mA는 0° 이고, 4mA일 경우 -5° 이며, 20mA일 경우 $+5^\circ$ 를 나타낸다. 경우에 따라 $\pm 5^\circ$ 의 범위가 아닌 인클리노미터가 사용되기도 한다.

3.3 드래프트 보정된 레벨 및 볼륨 계산

3.3.1 드래프트 보정된 레벨 계산

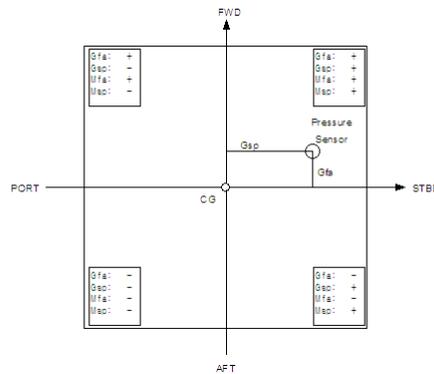


Fig.6 Cargo Tank Sensor Position

$$Hc = Hu - (\tan Td \times Gfa + \tan Ld \times Gsp) \quad (5)$$

보정된 레벨의 계산은 앞서 계산된 드래프트를 참조하여 계산된다. 만약 드래프트 측정에 실패하면 인클리노미터의 trim, list값을 기준으로 연산하게 된다. 식(5)와 같이 실측된 레벨값 Hu 에 무게 중심(Center of

Gravity)과의 거리차를 각각 trim과 list각의 탄젠트 값으로 곱한 값으로 빼 주면 보정된 레벨 값이 나오게 된다.

3.3.2 드래프트 보정된 볼륨 계산

보정된 볼륨 계산은 볼륨 테이블에서 보정된 레벨 값에 해당하는 볼륨 값을 찾아 이루어진다. 보정된 볼륨의 경우 볼륨 테이블의 단계 값(step)이 조밀할수록 더욱 정밀한 볼륨 값을 계산해 낼 수 있다.

4. 결 론

기존의 레벨 측정은 드래프트의 보정 없이 센서에서 측정된 값을 바로 읽는 시스템이 대부분이며 그러한 시스템의 경우 실제의 레벨 값과 볼륨 값이 차이가 많이 나는 단점이 있었다. 그러한 단점을 보완하는 기술이 드래프트 보정된 레벨과 볼륨의 측정이다. 보정된 레벨 및 볼륨의 측정 장치는 센서 위치를 고려한 드래프트의 보정, 무게 중심에 최대한 가까운 레벨값의 연산이 가능하도록 개발되었다.

후 기

본 기술은 “산업 자원부 지역산업공통기술개발사업”의 지원을 받아 개발되었습니다.