

유수 경계면 및 온도검출기 센싱모듈 개발

강준호^{*} · 이정학^{*} · 양구주^{*} · 김재형^{*}

^{*}창원대학교 제어계측공학과

A Design and Implementation of the Sensing Module for Ullage and Temperature Interface Detector

Jun-ho Kang^{*} · Jung-hak Lee^{*} · Gu-ju Yang^{*} · Jae-hyung Kim^{*}

^{*}Dept. of Control & Instrumentation Eng., Changwon National University

E-mail : daumland@hanmail.net

요 약

본 논문에서는 선박에서 사용하는 유수 경계면 및 온도 검출기 센싱 모듈을 설계하였다. 설계된 모듈들은 구체적으로 세부분으로 나눌 수 있다. 첫째는 유수 경계면 검출부분이고, 둘째는 온도 검출 부분, 셋째는 전체를 제어하는 제어부분으로 나눌 수 있다. 처음으로 유수 경계면 검출부분은 각 물질의 고유한 유전율을 이용하여 설계하였다. 이것을 이용하여 추출된 경계면의 값은 제어부에서 스피커를 통해 사람이 들을수 있는 신호음으로 나타난다. 두 번째는 온도 검출부분이다. 기름이나, 가스는 온도에 따라 부피가 변하게 된다. 이러한 온도를 측정함으로써 실제 부피를 정확하게 계산할 수 있다. 마지막으로 전체를 제어하는 제어부분이다. 위에서 언급한 것처럼 제어부는 PIC16F84를 사용하여 유수면 경계검출부분과 온도 검출부분을 통합적으로 제어한다.

설계된 모듈들의 결과를 보면 우선 유수 경계면 검출을 오차 $\pm 2\text{mm}$ 내에서 거리 측정이 이루어지며, 온도 검출은 0.2°C 의 정확도를 가지는 성능을 보였다.

1. 서 론

현재 선박에서 사용되는 유수 경계면 검출기의 경우 전량 수입에 의존하고 있으며 이에 따라 국내 조선 기자재 산업의 낙후는 물론 국내 저유소의 화물 관리에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 수입의존도를 극복하고 수출 상품화를 이룩하기 위해서는 국산화가 조속히 이루어져야 하는 품목이다.

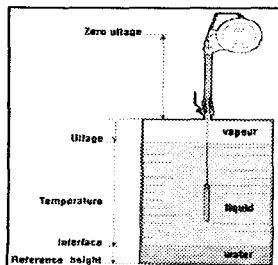


그림 1. 전체 시스템 구성도

시스템의 전체 구성도는 위의 그림 1. 처럼 제어부, 릴부, 센서봉부의 세 가지로 구성된다. 여기서 우리가 설계한 것은 릴부와 전체 외각들을 제외한 제어부와 센서부이다. 설계된 모듈들은 구체적으로 세부분으로 나눌 수 있다. 첫째는 유수 경계면 검출부분이고, 둘째는 온도 검출부분, 셋째는 전체를 제어하는 제어부분으로 나눌 수 있다. 처음으로 유수 경계면 검출부분은 각 물질의 고유한 유전율을 이용하는 것이다. 이러한 유전율을 검출하는 센서를 이용해 추출된 경계면의 값은 제어부에서 스피커를 통해 사람이 들을수 있는 신호음으로 나타난다. 두 번째는 온도 검출부분이다. 기름이나, 가스는 온도에 따라 용량이 변하게 된다. 이러한 온도를 측정함으로써 실제 부피를 정확하게 계산할 수 있다. 측정된 온도값은 제어부에서 LCD상에 나타나게 되어있다. 마지막으로 전체를 제어하는 제어부분이다. 위에서 언급한 것처럼 제어부는 PIC16F84를 사용하여 유수면 경계검출부분과 온도 검출부분을 통합적으로 제어한다.

II. 본 론

1) 유수 경계면 검출

유수 경계면 검출부분은 각 물질의 고유한 유전율을 이용하는 것이다. 이러한 유전율을 검출하는 센서 부분은 두 동박면 사이의 유전율을 검출할 수 있게 설계되어 실제적으로는 커패시터성분으로서 작용한다. 그림 2은 실제 제작된 센서이다.

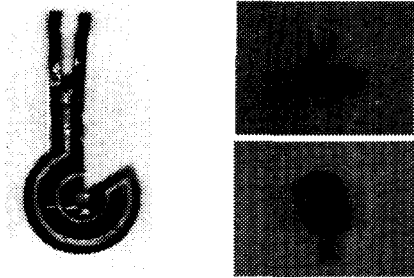


그림 2. 유수면 검출 센서

각 물질에 대한 유전율의 변화는 센서의 커패시터 값의 변화로 나타난다

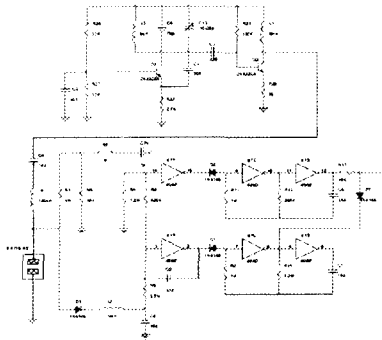
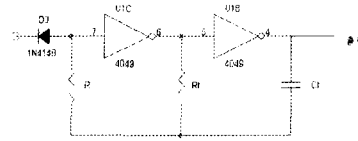
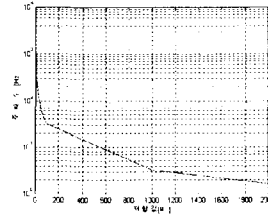


그림 3. 유수 경계면 검출부

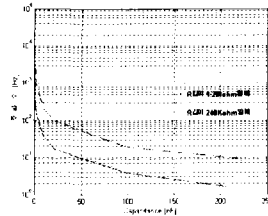
위의 그림 3의 회로에서처럼 센서에서의 커패시턴스의 변화는 전위의 변화를 만들게 된다. 결국 이 전위의 변화가 센서와 연결된 두 오실레이터 회로를 스위칭을 하게된다. 그림 4은 적용된 발진회로와 R_t , C_t 값의 변화에 따른 주파수값이다.



a) 적용된 발진 회로



b) R_t 의 변화 (C_t 가 100nF 고정, $R=1M$)



c) C_t 의 변화 ($R_t=1.2M$, 240k 일때, $R=1M$)

그림 4. R, C값에 따른 주파수

이 스위칭된 값에 따라 각 물질의 경계면을 추출한다. 아래의 표 1은 각 물질에 대한 유전율과 센싱후 제어부에서 스피커를 통해 나오는 소리를 나타낸다.

물 질	유전율	가청 소리
air	1	. . .
Naphthaline	2.5
heavy crude	8
water	80

표 1. 유전율과 가청소리

2) 온도검출

기름이나, 가스는 온도에 따라 부피가 변하게 된다. 이러한 온도를 측정함으로써 실제 부피를 정확하게 계산할 수 있다. 실제 시스템은 비교적 장거리에서 측정되어야 하기 때문에 거리에 덜 민감한 전류출력을 내는 센서인 AD590을 이용하여 설계하였다. AD590은 일종의 정전류 다이오드

로 생각할 수 있고, 전원 변동에 대해서도 충분한 안정성을 유지할 수 있다. 전류 출력이므로, 직렬로 수백 Ω의 저항을 넣어도 오차는 무시된다. AD590은 트랜지스터의 베이스-에미터간 전압의 온도 특성을 잘 이용해서 리니어한 출력을 얻고 있다. 그림 5 는 AD590의 출력을 보여주고 있다.

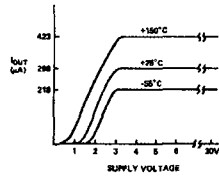


그림 5. AD590의 전압, 전류 특성

AD590은 외부 환경의 영향, 특히 온도의 영향은 자기발열과 응답특성에 따라 정해진다. 정크선 온도를 T_J , 주위 온도를 T_A , 소비 전력을 P 라 하면, 다음 식이 성립한다.

$$T_J - T_A = P(\theta_{JC} + \theta_{CA})$$

단,

θ_{JC} : 정크선 부분의 열저항

θ_{CA} : 케이스와 주위와의 열저항

AD590은 연결방식에 따라 1점접방식과 2점접방식으로 나눌 수 있다. 시스템에 적용된 방식은 온도편차가 적은 2점접 방식을 이용한 그림 7과 같다.

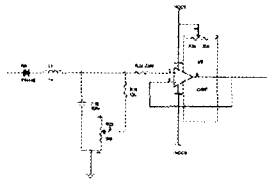


그림 6. 적용된 2점접방식

그림 6에서 앞부분은 쇼크 입력형 평활회로이며 뒷부분은 voltage follower를 사용했다. 평활회로는 AD590의 입력이 AC값이 실러오기 때문에 이를 제거하기 위함이고, voltage follower는 뒷단에 연결될 AD 컨버터에 대한 보상 때문이다. AD 컨버터로는 MCP3202B를 사용했으며 이는 12bits의 해상도를 가진 소자이다. 그림 7 은 MCP3202B의 아날로그 입력 모델이다.

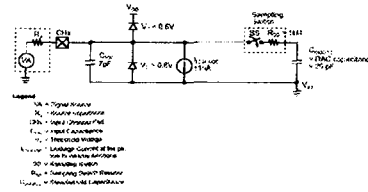


그림 7. 아날로그 입력모델

A/D 컨버터의 사양을 만족하기 위해 charge holding capacitor(C_{sample})는 1.5클럭 사이클 샘플링 주기동안 12비트의 정밀한 전압 레벨을 얻기 위해 충분한 시간이 필요하다. 위 그림에서 커패시터(C_{sample}) 충전에 요구되는 시간에 직접 영향을 미치는 내부 샘플링 스위치 임피던스(R_{ss})에 부과되는 소스 임피던스를 보여주고 있다. 결과적으로 더 큰 소스 임피던스는 옴셋, 이득, 그리고 그 변환의 내부 선형성 에러(integral linearity errors)를 증가 시킨다. 이상적으로 말하면, 신호 소스의 임피던스는 '0'에 가까워야 한다. 더 큰 소스 임피던스의 역효과는 아래의 그림 8와 같다.

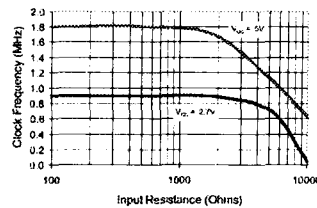


그림 8. 소스 임피던스의 영향

따라서 앞부분의 소스 임피던스를 '0'로 만들기 위해 그림 7에서 voltage follower를 사용한 것이다. A/D 컨버터에 의해 만들어진 디지털 출력 코드는 입력신호와 reference voltage의 함수이다. MCP3202에서, VDD는 reference voltage로서 이용된다. 디지털 출력은 아래의 식으로 나타난다.

$$\text{디지털 출력 코드} = \frac{4096 * V_{in}}{VDD}$$

여기서 :

V_{in} = 아날로그 입력 전압

VDD = 공급 전압

3) 제어부

제어부는 PIC16F84를 사용하여 유수면 경계검출부분과 온도 검출부분을 통합적으로 제어한다. 이러한 제어는 토글 스위치를 통해 유수 경계면

과 온도 검출중 하나를 택일해서 동작하게 하여 전력 소모를 줄이게 하였다. 온도 검출부에 있어서는 140 samples/sec으로 샘플링한 값의 평균값으로 온도를 표시하게 하였다.

III. 결 과

그림 9 은 제작된 제어부와 센서모듈들이다.

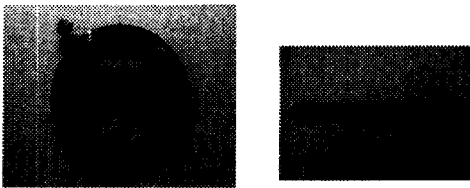
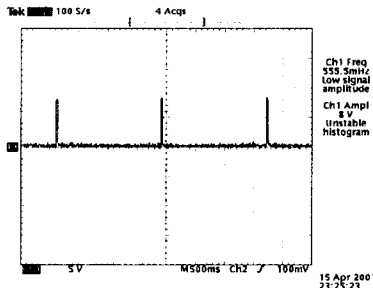
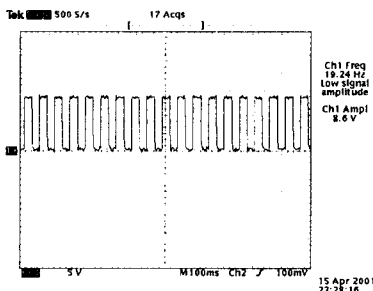


그림 9. 제작된 제어부와 센서모듈

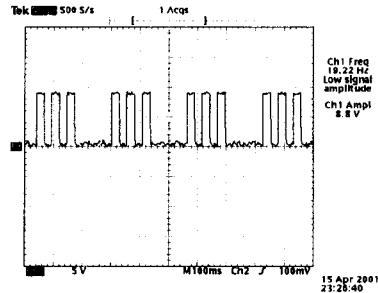
그림 10 는 유수 경계면 검출모듈의 각 물질에 변화에 따라 추출된 마지막 신호음, 즉 스피커로 나가는 신호의 파형을 나타낸다.



a) 공기일 때



b) 기름일 때



c) 물일 때
그림 10. 각 물질에 따른 최종출력

IV. 결 론

본 논문에서는 선박에서 사용하는 유수 경계면 및 온도 검출기 센싱 모듈을 설계하였다. 설계된 모듈들의 결과를 보면 우선 유수 경계면 검출을 오차 $\pm 2\text{mm}$ 내에서 거리 측정이 이루어지며, 온도 검출은 0.2°C 의 정확도를 가지는 성능을 보였다. 앞으로 선박에서 사용시 방폭문제를 감안해서 현재 방폭인증을 검토하고 있으며 시스템의 안정성에 중점을 두어 현 모듈들을 향상시킬 계획이다.

아울러 이 논문은 중소기업청에서 시행한 중소기업 기술혁신개발사업의 기술 개발 결과임을 밝힌다.

참고문헌

- [1] Carr, Joseph J. "Sensors and circuits (Sensors, transducers, and supporting circuits for electronic instrumentation, measurement and control", PTR Prentice Hall, 1993
- [2] 荒井山太郎 外, "센서 인터페이스", 기전연구사, 1998
- [3] 편집부지, "센서데이터부", 세화, 1990
- [4] 김봉열, 임제탁, 이명호, "전자회로", 회중당, 1996
- [5] 박영태, 김한준, 이래덕, "전기용량형 레벨 센서의 개발", Korean Applied Physics(Korean Physical Society) Vol 1, Num 2, July, 1988
- [6] Gayakwad, Ramakant A. "Op-amps and linear integrated circuits", Prentice Hall, 2000