

MR 센서와 PIC를 이용한 비접촉식 정밀 유량계 개발에 관한 연구

이승희*(부산대 대학원 메카트로닉스협동과정), 이민철(부산대 기계공학부),
고석조(동의공업대학 기계시스템계열), 장용식((주)세일세레스 기술연구소),
최문호((주)세일세레스 기술연구소)

A Study on Development of a Noncontact Precision Flow-meter Using MR Sensor and PIC

S. H. Lee*(Interdisciplinary Program in Mechatronics, PNU), M. C. Lee(Mech. Eng. School, PNU),
S. J. Go(Division of Mechanical Engineering, Dongeui Institute of Technology),
Y. S. Jang(SEIL SERES CO., LTD.), M. H. Choi(SEIL SERES CO., LTD.)

ABSTRACT

A flow-meter and its measurement controller was developed for a hydraulic system. This study, for development of positive displacement flow-meter, consist of PIC(Peripheral Interface Controller) controller with MR(Magneto-resistive) sensors. This flow-meter is used valve position indicator for valve control system by hydraulic. The MR sensors are used for the rotation of OVAL gear that detecting device. In the ship environments, consideration that necessary explosive proof. Thus electro device or electro flow-meter needs explosion design for electric circuit. We designed noncontact type flow-meter and evaluated the safety and measuring abilities.

Key Words : MR Sensor(자기센서), PIC(Peripheral Interface Controller), flow-meter(유량계), noncontact(비접촉), Intrinsically safety(본질안전), explosion(방폭)

1. 서론

유량계는 산업 전반에서 그 용도에 맞도록 다양하게 사용되고 있다. 유량계의 종류는 유체의 종류와 조건에 따라서 크게 질량식, 용적식, 면적식과 초음파 유량계로 나뉘어진다[1]. 이들 유량계는 측정원리가 각각 다르고 정확도, 측정범위 등이 달라 유량측정 목적, 유체의 종류, 요구되는 정확도, 측정범위, 경제성 등을 고려함으로써 가장 적합한 유량계를 선정하여야 한다. 선박의 경우에도 다양한 유량계가 사용되고 있으며, 배관을 구성하고 있는 밸브의 경우에는 개폐 상태를 표시하기 위해 유압 시스템용 용적식 유량계가 사용되고 있다. 특히, 선박은 일반 기계 장치와는 달리 환경적 위험성과 특수성 때문에 선박의 안전을 최우선으로 해야 한다.

따라서 선박에 전자장치나 전자식 유량계 등을 설치할 경우에는 방폭 회로설계를 고려해야 한다.

선박에 사용되는 용적식 유량계는 계량실 내부의 통과제적을 정밀 측정하는데 적합하다. 용적식 유량계의 종류에는 측정 대상에 따라서 액체용과 기체용이 있고 측정 방식에 따라서 오벌 기어식 또는 헬리컬 기어식, 로터리 피스톤식, 루트식, 습식, 막식 등이 있다[2,3]. 비접촉 방식인 초음파 유량계의 경우에는 전파 시간차법을 이용하여 유량을 측정하게 된다. 여기서 유량 측정 시 부과파를 이용하므로 유체 속에 초음파를 교란시키는 입자나 기포가 많으면 측정하기가 어렵고 도플러법은 유체 속에 부유하는 입자가 섞여 있는 것이 필요하므로 유체가 깨끗하면 측정이 곤란하다. 이러한 이유로 환경이 작은 유압 시스템과 유압 작동유만을 사용하는 배관에서 디소

유체의 흐름을 측정하기에는 어려움이 있다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 전력소모가 낮은 PIC 마이크로프로세서와 MR(Magneto-resistive) 센서를 사용함으로써 용적식 유량계인 오발 기어를 사용하는 일반적인 P.D. meter(Positive Displacement Flow-meter)를 설계하여 유압 시스템에서 가지는 미소유량 측정 문제를 해결하고 선박의 위험 구역에 설치할 수 있는 안전성을 보장하는 비접촉식 정밀 용적식 유량계를 개발하고자 한다. 이를 위해서는 먼저 기어식의 액체 측정용 미소유량계인 용적식 유량계를 설계 제작하고, 개발된 유량계에 대한 성능 실험을 통해서 그 측정 성능을 평가하고자 한다.

2. 비접촉 정밀 용적식 유량계의 설계

2.1 원격 밸브 제어 시스템

탱커, LNG와 같은 선박의 경우에는 대량의 화물 이송을 측정해야 하므로 이 때에는 오리피스(orifice)나 피토투브(pitot tube) 같은 차압식 유량계가 사용되어야 하고, 소형 유압 시스템의 유량을 측정하기 위해서는 용적식 유량계, 비접촉식 유량계의 사용이 적합하다. 여기서, 용적식 유량계는 유체의 흐름에 따라 회전체가 일정한 용적을 구분하여 계량함으로써 유량을 측정하는 것으로 유체밀도에 관계없이 체적유량을 측정할 수 있는 특징을 가지고 있다. 그리고, 구조가 간단하고 신뢰성이 높을 뿐 아니라, 유지보수가 용이하며, 압력손실도 적고 정밀도도 비교적 높다. 그러나, 유체에 다른 이물질이 들어있는 경우와 유체의 속도변화가 심한 경우에는 측정 정확도가 떨어진다는 단점을 가지고 있다. 비접촉 방식으로 사용되는 초음파 유량계의 경우에는 관경이 작은 유압 시스템과 유압 작동유만을 사용하는 배관에서 미소 유체의 흐름을 측정하기에는 어려움이 있다는 단점을 가지고 있다.

최근에는 원격지에서 시스템 관리에 대한 관심이 증가되고 있으므로 원격지에서 밸브의 개폐 상태를 인지할 수 있도록 하기 위해서 본 연구에서는 두 가지의 방법을 고려하였다. 첫 번째 방법은 액추에이터에 실제로 공급된 유량을 용적식 유량계를 이용하여 측정하는 방법이고, 두 번째 방법은 밸브 축에 지시계를 설치하여 밸브의 개폐 상태를 확인하는 방법이다. 그러나, 밸브 축에 지시계를 장착하는 것은 공간상의 제약과 유지 보수측면에서 많은 문제점을 가지게 된다. 이러한 이유로 유압 시스템 라인에 크기면에서 소형인 용적식 유량계를 설치함으로써 원격에서도 쉽게 밸브의 개폐 상태를 감지할 수 있도록 하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 MR 센서와 용적식 유량계

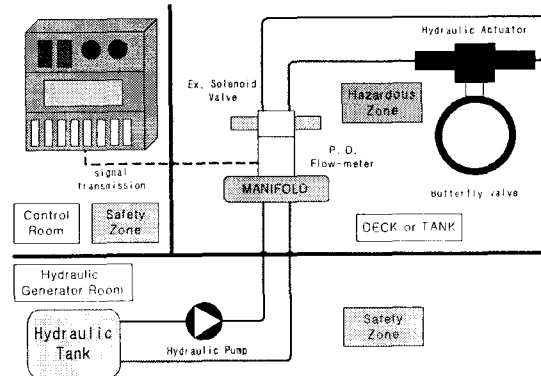


Fig. 1 Block diagram of Valve Remote Control System

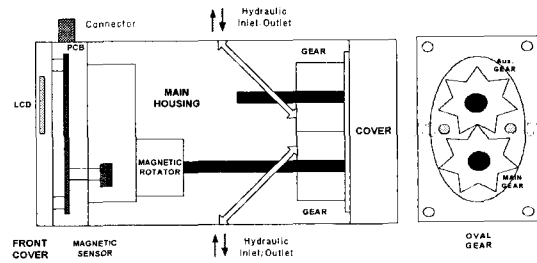


Fig. 2 Block diagram of Flow-meter model

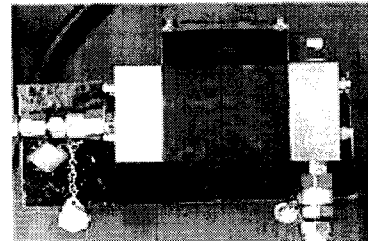


Fig. 3 The developed flow-meter

인 오발 기어를 사용하는 일반적인 P.D. meter를 설계하여 유압 시스템에서 가지는 미소유량 측정 문제를 해결하고 선박의 위험 구역에 설치할 수 있는 안전성을 보장하는 비접촉식 정밀 용적식 유량계를 개발하고자 한다. 또한 용적식 유량계가 가지는 문제점을 해결하기 위해서 유체의 유입구에 필터를 설치하고 유체의 속도를 일정하게 유지하도록 슬레노이드 밸브부를 설계하였다.

그림 1은 전체 유압 시스템의 구성도를 나타낸다. 그림에서 보면 유압펌프에 의해 발생된 유압은 슬레노이드 밸브에 의해 유압 액추에이터를 구동하여 밸브를 열고 닫을 수 있도록 하였다.

그림 2는 본 연구에서 개발한 비접촉식 정밀 용적식 유량계의 블록도를 나타내고, 그림 3은 외관 사진을 나타낸다. 개발하려고 하는 유량계는 크게 세 부분으로 나누어져 있다. 하우징부, 제어회로부,

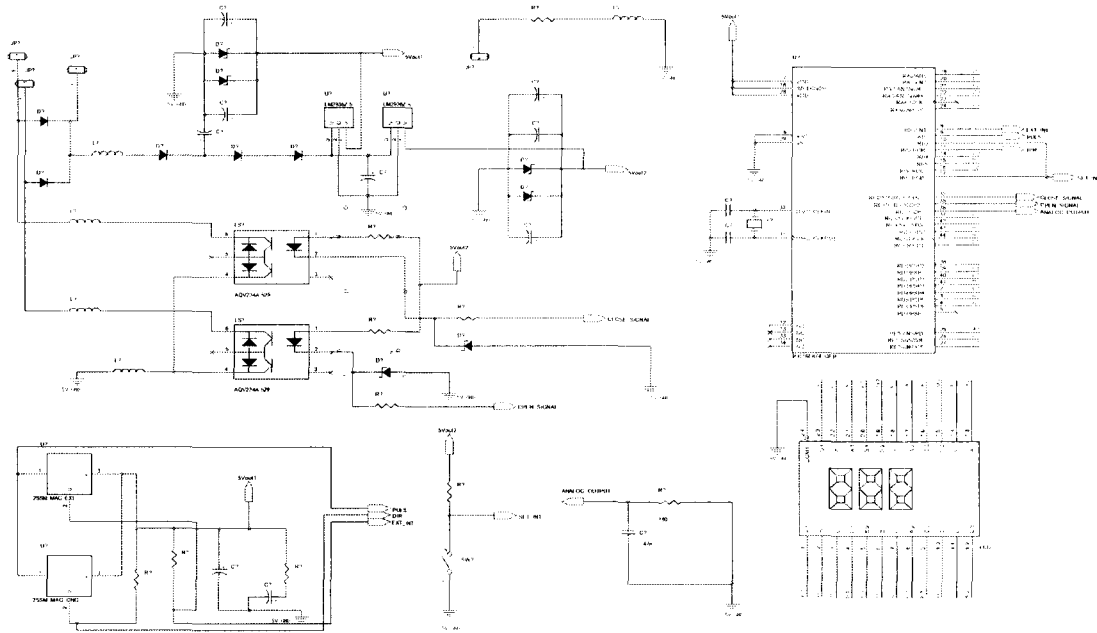


Fig. 4 Circuits of the control part

기어부로 구성된다. 하우징부는 부식과 압력에 견딜 수 있게 하기 위해서 알루미늄 합금 재질인 AL7075로 제작하였다. 제어회로부는 로컬 지역에서 상태를 표시하기 위해 외부에 LCD로 디스플레이 가능하게 되어 있고, 위험 구역에 설치되기 때문에 방폭 구조로 설계되어 있다. 기어부는 1회전 당 1.5cc의 유량을 토출할 수 있도록 설계되어 있다.

2.2 제어회로부의 설계

선박이라는 환경 조건은 육상에서와는 매우 다른 양상을 가진다. 선박은 그림 1에서와 같이 안전구역과 위험구역으로 나눌 수 있으며, 위험 구역에 들어가는 전기·전자기기들은 방폭 요소를 필수적으로 갖추어야 한다. 위험구역에서의 방폭 조건을 만족하기 위해서 본 연구에서는 저전류로도 동작이 가능한 MICROCHIP사의 PIC 16F874와 Honeywell사의 MR 센서를 이용하여 제어회로부를 설계 제작하였다. 그림 4는 제어회로부의 전체 회로도를 나타낸다.

전원부는 DC 24V를 입력받아 5V로 감압하여 전압을 출력하도록 설계되어 있다. 위험구역에 설치되는 관계로 저전류로 효율성을 높이기 위하여 스위칭 레귤레이터를 사용하고 있으며 레귤레이터의 고장 시 2중의 제너베리어로 전압을 차단하여 위험요소를 제거할 수 있도록 설계되어 있다.

신호 출력부는 CMOS Photo Relay인 AQV234를 이용하여 전원 라인에 OPEN/CLOSE 신호를 출력할

수 있도록 설계하였다. DC 24V가 입력되고 PIC에 의해서 Photo Relay에 신호가 가해지면 두 개의 라인 중에 한 선은 전원 입력선이 되고 다른 선은 신호 출력선이 되어 밸브의 OPEN 신호나 CLOSE 신호를 출력하게 되어 있다.

센서부에 사용된 MR 센서는 Bipolar 홀 센서로 자석의 N극 및 S극에 반응하여 스위칭 작동을 한다 [4]. 2개의 MR 센서가 로터에 의하여 회전되어지는 자석을 감지하도록 되어 있으며 자석이 MR 센서가 인지할 수 있는 범위에 들어오면 스위칭 작용을 통해 PIC의 입력 단자로 펄스를 출력하도록 설계되어 있다. 또 MR 센서의 1개당 소비전류가 7mA가 소요되는데 반해 계장의 전류신호는 4~20mA이므로 소비전류의 양을 극복하기 위하여 MR 센서의 전원을 PIC의 출력단에 의하여 펄스로 공급하도록 설계되어 있다.

제어부 및 표시부는 EEPROM 및 Flash Program Memory가 내장되어 있는 MICROCHIP사의 40PIN 8-Bit CMOS FLASH micro-controller인 PIC 16F874를 MPU로 사용하였다. 외부 인터럽트 단자를 통해 MR 센서로부터 들어오는 펄스를 카운터 하여 내장된 프로그램에 의해 유량을 산출하여 3-Digit LCD에 밸브의 개폐 정도를 Percent로 Display하게 프로그램 되어 있으며, PWM 단자를 통해 야날로그 신호인 4~20mA 신호를 출력할 수 있도록 프로그램 되어있다. PWM 출력 단자는 최고 10-Bit까지 분해능이 가능하

더 PWM 출력단에 180Ω 저항과 47nF의 커패시터가 조합되어 0.08mA의 단위로 전류를 출력할 수 있다.

표 1은 본 연구에서 개발된 비접촉식 정밀 용적식 유량계의 설계 사양이다. 일반적인 대형 유량계와는 달리 최대 유량이 분당 5리터 이하이다.

3. 실험

3.1 Oval 기어의 용적 계산

유압 시스템의 작동 유압은 150 bar이며, 액츄에이터는 (주)세일세레스 자사 모델인 HQ 100을 사용하였다. 작동온도는 실온이다. 밸브가 개폐되는 동안에 유량계의 기어 회전수는 대략 130~140회이다. 개발하려는 용적식 유량계의 기어부는 다음 식들을 이용하여 이론송출량을 산출하였다.

백래쉬(backlash)가 없이 완전히 돌아간다고 가정할 때 1회전당의 이론 송출유량 V_D 는 다음 식으로 표시된다[5].

$$V_D = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) b$$

단, d_1 : 치원지름 (mm)

d_2 : 치선지름 (mm)

b : 치폭 (mm)

인볼루트(involute) 치형의 경우에는 실제 백래쉬 ϵ 가 있으므로 복잡한 식이 되나, 치형이 표준 인볼루트 치형인 기어의 근사식은 다음과 같다[5].

$$V_D = 2\pi m^2 z b$$

단, modul (m) : 2.25

잇수 (z) : 9

폭 (b) : 4.8 (mm)

치형이 표준 인볼루트 치형인 기어의 근사식으로 해서 적용할 결과 1.5cc가 되지 않으므로 본 연구에서는 치폭 b 를 5.239mm로 수정하여 1.5cc의 송출유량이 되도록 수정 설계하였다. 그리고, 다양한 액츄에이터에 대해서도 개발된 유량계를 적용하기 위해서 PIC 프로그램에서 소프트웨어적으로 보정하도록 설계하였다.

3.2 성능 실험

본 연구에서는 PIC 마이크로프로세서와 MR 센서 그리고 오발 기어를 사용한 비접촉식 정밀 용적식 유량계를 개발하였다. 개발된 유량계에 대한 성능 평가를 위해 액츄에이터의 유량에 따른 밸브 개폐 상태와 출력 전류의 특성 실험을 수행하였다.

Table 1 Specification Data

	Specification
Max Flow	5 liter/min.
Max Working Pressure	160 bar
Fluid	mineral oil H-L
Viscosity Range	10~1000 mm/sec.
Temperature Range	-20 °C ~ +80 °C
Filtration	10 micron
Normal Dia	ND 4

Table 2 Output Current Data

각도	개폐율(%)	전류값(mA)	측정값(mA)
0	0	4.0	4.02
9	10	5.6	5.55
18	20	7.2	7.16
27	30	8.8	8.76
36	40	10.4	10.35
45	50	12.0	11.99
54	60	13.6	13.61
63	70	15.2	15.23
72	80	16.8	16.84
81	90	18.4	18.47
90	100	20.0	20.01

표 2는 실험에 의해 얻은 출력전류 값으로 기준 전류값과 측정값의 오차가 미소함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제작된 유량계의 성능이 우수함을 입증할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 전력소모가 낮은 PIC 마이크로프로세서와 MR 센서를 사용함으로써 용적식 유량계인 오발 기어를 사용하는 일반적인 P.D. meter를 설계하여 유압 시스템에서 가지는 미소유량 측정 문제를 해결하고 선박의 위험 구역에 설치할 수 있는 안전성을 보장하는 비접촉식 정밀 용적식 유량계를 개발하였다. 그리고, 개발된 유량계에 대한 성능 실험을 통해서 그 측정 성능을 평가하였다.

참고문헌

1. 자동제어계측, "유량계의 종류," 제16권 제4호, 2003.
2. 일본계량기기공업연합회, 계장 엔지니어를 위한 유량계측 A to Z, 테크하우스, 2002.
3. 자동제어계측, "미소 유량 측정용 용적식 유량계의 원리와 적용," 제15권 제9호, pp. 59-61, 2002.
4. Sensor Handbook, 세화출판, 1990.
5. 이원평, 기계요소설계, 청문각, 1999.