

## 릴렉턴스를 이용한 Reluctive Pressure Transducer의 설계

조항신<sup>\*)o</sup>, 박희성<sup>\*)</sup>, 주형준<sup>\*)</sup>, 성세진<sup>\*)</sup>, 이기홍<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup> 충남대학교 전기공학과 <sup>\*\*)</sup> 대한주택공사

## The Design using the reluctance of Reluctive Pressure Transducer

IhangShin Jo<sup>\*)o</sup>, HeeSung Park<sup>\*)</sup>, HyungJun Joo<sup>\*)</sup>, SeJin Seong<sup>\*)</sup>, KiHong Lee<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Dept. Electrical Engineering CNU, <sup>\*\*)</sup> Korea National Housing Corporation

### Abstract

Because of the powerful tolerance of overload, dynamic response and anti-erosion, Reluctive Pressure Transducer(RPT), as a measuring element of oil pressure equipment is applied to the measuring system of vessels, air craft.

The Electrical reluctance appeared in the pressed diaphragm. To process the reluctance as a electric signal, bridge circuit is used. The design using the reluctance of pressure sensor is described in this paper.

For the high efficiency of the sensitive RPT, pressure sensor structure is presented and electrical signal processing is simulated.

### 1. 서 론

최근의 각종 액화프랜트의 대형화, 자동화와 아울러 항공기, 선박 등의 개발이 국내에서 진전됨에 따라 이에 수반되는 많은 센서들의 국산화가 중요한 과제로 대두되고 있다. 현재 많은 종류의 센서들 대부분이 수입에 의존하고 있는 실정이며 그 중에서도 압력의 측정은 유체 프로세서에서 가장 기본적이고, 중요한 측정 요소이기 때문에 압력센서를 상당히 필요로 한다. 압력의 측정은, 유체상태를 아는 데 있어 온도 측정과 함께 중요한 것으로서 유체 프로세스를 쓰는 산업에서는 필요 불가결한 것이다.

특히 최근에는, 산업용 기기 뿐만 아니라 일반 민생용 기기에 이르기까지 압력 계측기를 설치하여 고 성능, 고효율화가 연구되고 있다.

첨단 산업 분야에서는 미소량이고 고정도의 계측 제

어 기술이 불가결하기 때문에 이를 위한 계측 기기가 개발되고 있다.

본 논문은 릴렉티브 타입 압력 측정 장치의 설계 및 시뮬레이션을 행하였으며, 다양한 용도에 적용할 수 있는 압력 센서를 설계를 하는데 있다.

이 논문에서는 압력 변화에 따른 릴렉턴스의 변화를 이용하여 이를 전기적인 신호로 바꾸어서 압력을 알아낼 수 있는 기구를 제작하고 다이어프램 기구와 자기회로의 설계를 통하여 Pspice를 이용한 해석을 하였으며, 압력의 변화에 대해 선형적으로 전압값이 나옴을 확인할 수 있다.

### 2. Pressure Transducer의 동작 원리

Pressure Transducer의 원리에 대해서 설명해 본다. 부르든관(Bourdon tube)은 가장 널리 사용되는 것으로 저렴하다.

타원상의 단면이고, 선단의 자유관이 닫혀 있는 반원형관에 압력을 가하면, 관의 단면은 원에 가까워지고, 자유단은 그림 1에서 화살표 방향으로 변위한다.

벨로즈(Bellows)는 압력 제어용 엘리먼트(element)로서 많이 사용된다. 변위가 비교적 크게 잡힌다.

많은 주름이 있고, 주름 모양의 것을 미리 스프링으로 늘여 놓고, 이것에 외측에서 압력을 가해 수축시킨다. 그림 2와 같은 원리이다.

다이어프램(Diaphragm)은 압력 변환 요소로서 가장 기본적인 것이며, 그 압력 센서의 종류도 다양하다.

다이어프램은 기본적으로 두가지 형태가 있다. 평면 다이어프램(Flat Diaphragm)과 주름 다이어프램(Corrugated Diaphragm)이다. 다이어프램의 지지를 위해서 가장자리를 용접하거나 납땜하여 사용한다.

미소압~저압 영역의 측정이 가능하고, 고무 등의 비금속 다이어프램도 가능하다.

금속 또는 비금속성의 박판에 압력을 가하면 박판이 변위한다.

그림 3에서 다이어프램의 기본 원리를 나타내 보았다.

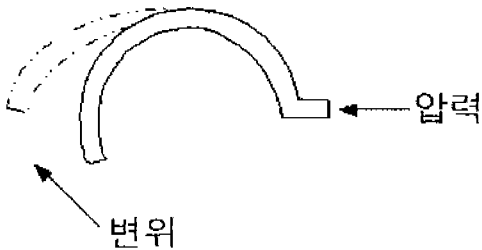


그림 1. 부르튼관의 원리  
Fig.1 Principle of Bourdon tube

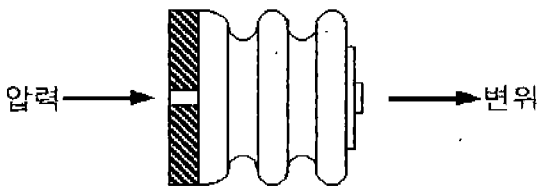


그림 2. 벨로즈의 원리  
Fig.2 Principle of Bellows

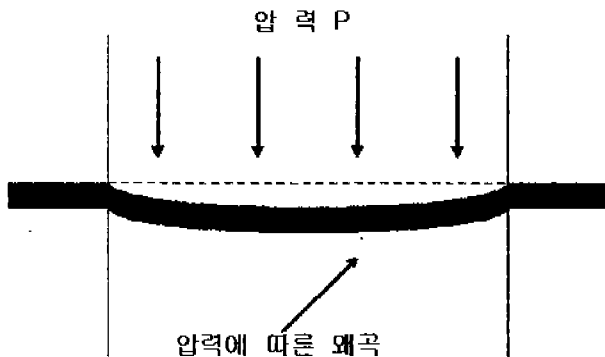


그림 3. 다이어프램의 원리  
Fig.3 Principle of Diaphragm

### 3. 제안된 Pressure Transducer

본 논문에서는 압력의 변화에 따른 릴럭턴스의 변화를 전기적 신호로 바꾸어 Op-Amp를 통하여 보기 쉬운 값으로 나타내도록 설계하는 것이다. 본 논문에서 대상으로 하고 있는 릴럭티브 타입은 다음과 같은 특징을 갖고 있어 일반적인 transducer보다 상당히 많은 이점을 갖기에 특히 주목을 받고 있다.

먼저 부식성 액체와 기체에 대한 적응성을 갖추고 있다. 이 변환기는 부식성 있는 액체와 기체를 받아들일수 있는 대칭적인 내부 체적을 갖는다. 손상을 막기 위해, 이 공간으로부터 응고될 수 있는 액체 또는 먼지 분자들을 제거해 주어야 한다. 그리고 좋은 속응성을 갖는다. 체적 변위가 적기 때문에 훌륭한 속응성을 갖게 된다. 그리고 높은 과부하 특성을 갖고 있다. 내부 공간벽은 효과적으로 너무 과부하가 되지 않도록 해주므로, 높은 과부하를 허용한다. 그러나, 너무 높은 과압력은 다이어프램에 손상을 가하거나 영구히 0의 상태를 갖게 한다. 그리고 높은 출력 신호를 갖는다. 이 변환기는 전기적인 소음, carrier 시스템의 장점에 대해 낮은 자화율을 갖는 높은 출력 신호를 제공한다. 그것에 대해 디자인된 carrier 검파기를 통해 transducer를 작동해야 한다. 그리고, 교체 가능한 다이어프램을 갖고 있다. 이 transducer는 단지 하나의 압력에 민감한 요소-다이어프램-가 필요하다면 교체할 수 있다. 다이어프램을 납땜하거나 용접하지 않기 때문에 가능하다.

이와 같은 이유에서 제어성과 열악한 환경 속에서 작동해야 하는 선박이나 항공기 등에 이용이 두드러지고 있다.

Reluctive Pressure Transducer는 스테인리스 스틸의 두 블록과 그 사이에 자기적으로 투과할 수 있는 다이어프램으로 구성된다. 그리고 두 블록 사이에는 E 모양 코어인 인덕턴스 코일이 들어가게 된다. 이 코일 부품은 부식되지 않는 표면을 갖고 있다. 휘지 않은 상태에서, 다이어프램은 그것과 각 코일의 자속 경로에 대해서 동일한 릴럭턴스를 갖는 각 E-코어의 사이에서 동일한 간격을 유지한 채로 중앙에 놓여져 있다. 여기서 간격은 0.005inch 정도를 갖는다.

압력 포트를 통해서 가해지는 압력 차이는 낮은 압력을 가진 공간쪽으로 다이어프램을 휘게 함으로써 한쪽의 간격은 증가하고 반대쪽은 감소하게 된다. 자기 릴럭턴스가 간격에 따라 변하고 각 코일의 인덕턴스 값을 결정함으로써 다이어프램이 휘어지게 되면 한쪽 코일의 인덕턴스는 증가시키고 반대편은 감소시키게 된다.

AC 브릿지 회로에 연결된 transducer는 코일에서 인덕턴스 변화의 장점을 취할 수 있게 한다. 코일은 4-arm bridge의 절반을 구성하고 캐리어 복조기(carrier demodulator)의 2차측 중간탭은 남은 절반을 구성한다.

이러한 브릿지 회로의 전기 출력은 다이어프램 변위의 방향에 의하는 신호의 각상 AC 신호이다. 다이어프램이 정상 상태일 때, 브릿지 출력은 최소에 있게

된다. 다이어프램 변위가 적용되는 압력에 대해 선형이기 때문에, 브릿지 출력 또한 압력에 선형적이다. 다이어프램이 반대 방향에 놓여져도, 브릿지 출력은 역시 압력에 선형이다. 그러나, 브릿지 신호와 여기 전류 사이에서 각상의 관계는 180도 바뀌어진다. 캐리어 복조기가 AC 신호 입력을 갖고, 그것을 증폭하고 검파하며 압력 극성과 크기를 나타내는  $\pm DC$  전압으로 그것을 필터링한다.

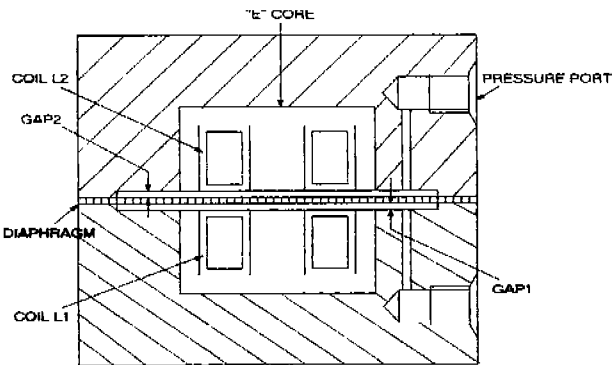


그림 4. 변환기 단면도  
Fig.4 Transducer Cross-Section

그림 4는 transducer의 단면도이다. 두 개의 압력 단자(Pressure Port)중 하나를 통해서 압력을 넣게 되고 간격1(Gap1)또는 간격2(Gap2)가 압력으로 인하여 다이어프램이 휘어짐으로써 벌어지게 된다. 그때 E-코어를 통하여 인덕턴스의 값이 변하게 된다. 압력에 대하여 인덕턴스는 선형적이고, 이것을 전압으로 바꾸어서 측정할 수가 있다.

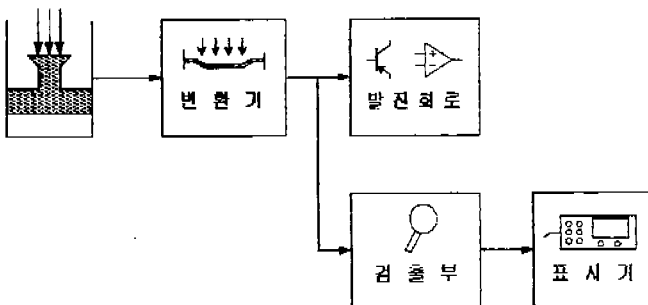


그림 5. 시스템 블록 다이어그램  
Fig.5 System Block Diagram

먼저 압력을 가하게 되면 변환기에서 압력을 받아 다이어프램이 휘고 발전회로를 통해 보기 쉬운 전압값으로 바뀌게 된다. 그 전압값을 검출부에서 받아들여 전압을 압력으로 바꾸게 되고, 표시기로 나타내게 된다.

#### 4. 시뮬레이션

압력에 따른 다이어프램의 변화로 인한 인덕턴스의 변화를 전압으로 나타내어 보도록 하였다.

그림 6은 변환기의 브릿지 회로로써 간단한 원리를 설명해 주는 회로도이다.

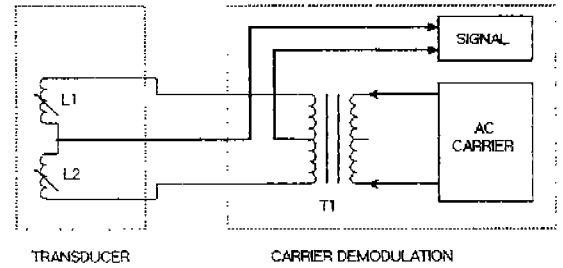


그림 6. 변환기 브릿지 회로  
Fig.6 Transducer Bridge Circuit

시뮬레이션은 Pspice를 사용했으며, 압력에 따른 전압의 파형을 다음과 같이 나타내어 보았다.

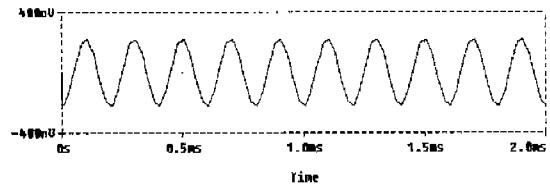


그림 7. 1Kg/cm<sup>2</sup>에서의 전압파형  
Fig.7 Voltage Waveform at 1Kg/cm<sup>2</sup>

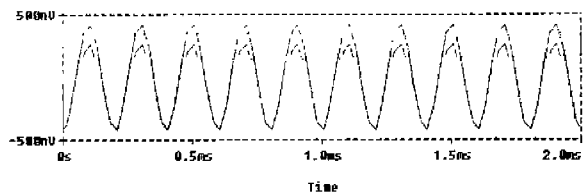


그림 8. 2Kg/cm<sup>2</sup>에서의 전압파형  
Fig.8 Voltage Waveform at 2Kg/cm<sup>2</sup>

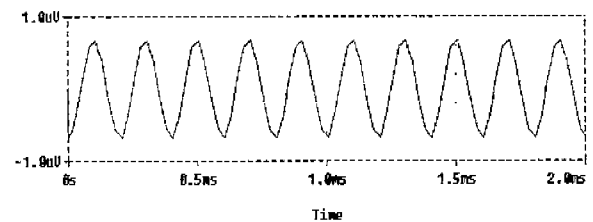


그림 9. 3Kg/cm<sup>2</sup>에서의 전압 파형  
Fig.9 Voltage Waveform at 3Kg/cm<sup>2</sup>

[ 참고 문헌 ]

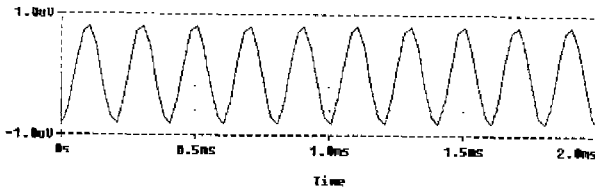


그림 10. 4Kgf/cm<sup>2</sup>에서의 전압파형  
Fig.10 Voltage Waveform at 4Kgf/cm<sup>2</sup>

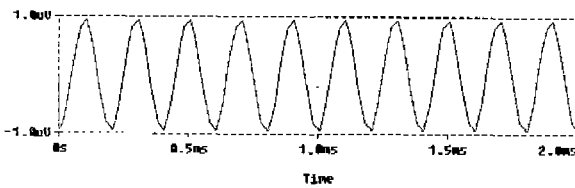


그림 11. 5Kgf/cm<sup>2</sup>에서의 전압파형  
Fig.11 Voltage Waveform at 5Kgf/cm<sup>2</sup>

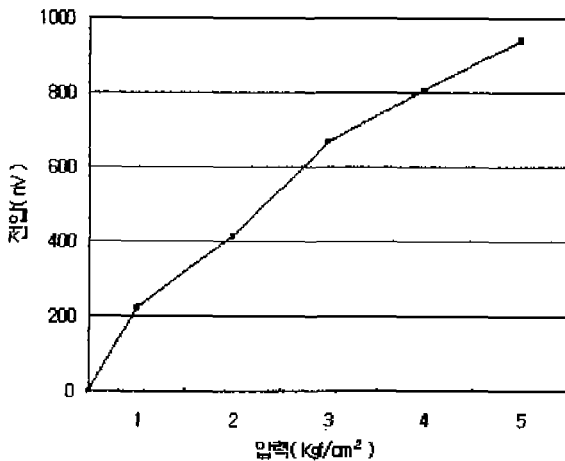


그림 12. 압력에 대한 전압 그래프  
Fig.12 Pressure vs. Voltage

시뮬레이션을 통해서 본 압력에 따른 전압 그래프는 그림 12와 같이 나타난다. 압력을 높임에 따라서 전압의 값이 점점 커짐을 볼 수가 있다.

## 5. 결론

이 논문에서 Reluctive Pressure Transducer를 설계해 보았다. 압력에 따라 인덕턴스의 값이 변하고 시뮬레이션을 통하여 전압으로의 전기적 신호처리가 이루어지고 있음을 알 수가 있다. 그러므로 실제로 압력센서를 제작할 수가 있을 것이다.

[1] Colonel Wm. T. McLyman, "Transformer and Inductor Design Handbook", Marcel Dekker, Inc.  
 [2] Harry N. Norton, "Sensor And Analyzer Handbook", Prentice Hall, Inc.  
 [3] アメリカ NAMETRE 社, "ねじれ振動形粘度計カタログ"  
 [4] 森村, 山崎, "センサ工学", 朝倉書店(昭57)  
 [5] H.K.P.Neubert, "Instrument Transducers", Clarendon Press  
 [6] Swartz et al, "Silicon Pressure Transducer Technology for Automotive Application", I.Mech.E  
 [7] D.W.Busse, "Digital Differential Transducer for Air Data Application", 1980 Air Data Symposium(1980)  
 [8] 計量標準管理技術調査研究委員會編, "圧力標準の管理技術マニュアル", 計量管理協會  
 [9] 上田次男, 大島光雄, 桑野幸徳 外, "센서인터페이스", 機電研究社  
 [10] Robert F.Coughlin, Frederick F.Driscoll, "Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits", Prentice Hall, Inc.