

## 한소편처리기를 리용한 교육용다통로미소변위측정체계

김휘동, 로광철

변위는 물리적량들 가운데서 가장 기본적인 인자이며 힘, 힘모멘트, 속도, 가속도, 진동과 같은 물리적량들은 모두 변위측정을 그 기초로 하고있다.

지난 시기 유도도식, 차동변압기식, 회리전류식, 용량식수감부들과 CPLD를 비롯한 한소편처리기를 리용한 변위측정장치에 대해서는 많은 연구들이 진행되었다.[1-4] 그러나 저항변형식수감부를 리용한 변위측정기구에 대해서는 소개된것이 없으며 특히 여러 대상의 변위를 동시에 측정할수 있는 변위측정체계에 대해서는 발표된것이 없다.

론문에서는 금속저항변형편식변위수감부, 한소편처리기를 리용한 교육용16통로변위측정체계의 연구결과에 대하여 서술하였다.

### 1. 측정체계구성

변위측정체계는 금속저항변형편식변위수감부, 변위-전기신호변환회로, 증폭회로로 이루어진 변위신호변환기, 2개의 한소편처리기를 중심으로 하는 16통로 A/D변환 및 USART통신기능을 가진 종속처리기, 통로조종, 통신, 결과표시, 경보 등의 기능을 수행하는 기본처리기와 결과표시를 위한 표시단으로 구성하였다.(그림 1)

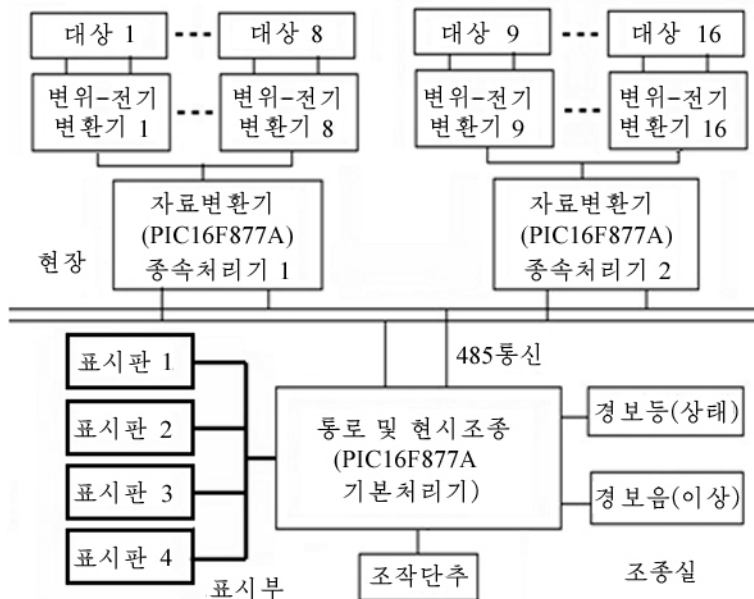


그림 1. 16 통로변위측정체계구성도

금속저항변형편식변위수감부는 구조가 간단하고 가격이 낮은것으로 하여 기계설비들

과 구조물들의 변형과 변위측정에 널리 리용되고있다.[1-4]

이로부터 변위수감부로서 콘스탄탄금속저항변형편 BF120을 선택하고 선형성이 좋은 전기다리회로방식의 변위-전압변환회로를 구성하였다.(그림 2)

저항변형식변위수감요소 BF120의 특성을 보면 저항선 재료로 콘스탄탄, 격자길이 6mm, 표준저항 120Ω, 감도계수 2.0, 변형한계 2%, 피로수명 >10<sup>8</sup>회, 최고동작온도 250℃로서 가격이 낮고 설치가 쉬운 우점을 가지고있다. R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>는 저항변형식변위수감요소(BF120), R<sub>3</sub>=R<sub>4</sub>=10kΩ, R<sub>p</sub>=10kΩ은 령점조절, R<sub>5</sub>=R<sub>6</sub>=120Ω은 증폭기의 비반전 입구에 기준전압 2.5V를 설정하기 위한 요소이다.

전기다리회로에서는 변형한계 2%에 해당하는 저항변화(0~2.5Ω)범위에서 0~50mV의 전압신호로 변환된다.

R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=R, ΔR를 R의 저항변화(변위에 의한 수감부의 저항변화값), R<sub>3</sub>=R<sub>4</sub>=R'라고 하면 전기다리출구의 전압은 다음식으로 표시된다.[1]

$$U_{\text{변}} = E \frac{(R + \Delta R)R' - RR'}{(2R + \Delta R)2R'} = E \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R} = \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \left(1 + 0.5 \frac{\Delta R}{R}\right)^{-1} \quad (1)$$

전기다리의 상대비선형오차는 근사적으로 다음식으로 평가할수 있다.

$$\delta \approx 1/2K\varepsilon \quad (2)$$

수감부재료가 콘스탄탄인 경우 K=2이므로 상대비선형오차가 δ<1%라고 하면 측정가능한 최대변형값 ε<sub>최</sub>는 식 (2)로부터 다음과 같이 구할수 있다.

$$\varepsilon_{\text{최}} < \frac{2 \cdot \delta}{K} = \frac{2 \cdot 0.01}{2} = 0.01 \quad (3)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = K\varepsilon \quad (4)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (5)$$

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L = 0.01 \cdot 6 = 0.06(\text{mm}) \quad (6)$$

따라서 그림 2의 변위회로는 변형측정범위 60μm 이하에서 1%이하의 비선형오차를 보장할수 있다. 이 신호는 연산증폭소자 LM358을 리용하여 구성한 증폭도가 95인 비반전 증폭기와 출력반복기로 구성된 증폭기에서 0~2.5V의 전압신호로 증폭된다. 대칭전기다리와 LM324의 전원(5V)은 외부(변환장치)에서 3단자 BNC접속구를 통해 공급되며 증폭된 신호는 BNC접속구에 연결된 3축차폐케블을 통해 변환장치로 전송되도록 설계하였다.

자료변환체계는 한소편처리 PIC16F877A의 A/D변환모듈과 USART통신기능을 리용하여 구성하였다.

변위측정체계는 측정점의 개수가 많고 조작실에서 집중감시를 해야 하므로 현장들에서 많이 리용되는 485통신을 리용하여 현장에 설치된 2개의 종속처리기(slave) PIC16F877A와 조작실에 설치된 기본처리기(master)의 결합을 실현할수 있게 하였다.

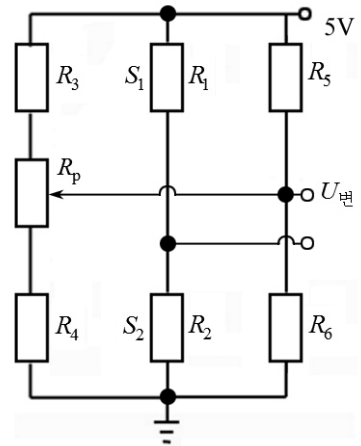


그림 2. 전기다리회로방식의 변위-전압변환회로

그림 1에서 보는것처럼 종속처리기는 한소편처리기 PIC16F877A의 8통로 A/D변환모듈의 입구통로를 순차적으로 절환하는 방식으로 변위-전압변환기출구의 0~2.5V사이의 전압신호를 0~10 $\mu$ m 사이의 변위에 해당하는 수값으로 변환한다.

종속처리기들에서 수자신호로 변환된 16통로의 자료는 기본처리기의 호출신호에 따라 조작실에 설치된 4개의 4자리7조각표시소자에 조종단추로 4통로씩 절환하는 방식으로 표시하도록 조종알고리즘을 합리적으로 설계하여 표시단의 수를 줄이도록 하였다.

16개의 측정대상에 대한 실시간측정을 위한 종속처리기의 A/D변환모듈, TIMER모듈 조종, 종속처리기와 기본처리기사이의 485통신을 보장하기 위한 UASRT통신프로그램, 통로선택에 따르는 측정결과표시프로그램의 알고리즘을 작성하였다.(그림 3)

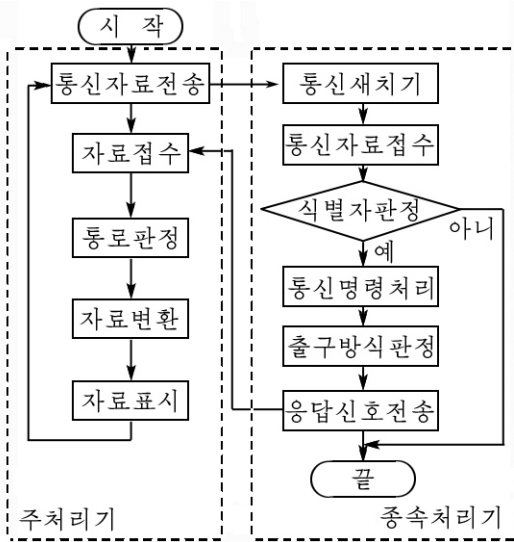


그림 3. 통신 및 자료표시알고리즘

자신호로 변환된 해당 통로의 측정값을 기본처리기에 전송하여 해당한 표시단을 구동하도록 하였다.

설비의 고장진단과 운영상태감시를 위한 턱값설정은 장치기동때 기정값으로 설정하며 필요에 따라 건반조작으로 변경시킬수 있도록 하였다. 측정값이 턱값을 초과하는 경우 현장과 조종실에 경보음을 울리고 경보등이 켜지도록 하였다.

## 2. 변위측정체계의 정확성검증

변위신호변환기의 특성량을 평가하기 위한 실험체계는 그림 4와 같다.

먼저 부하가 없는 상태에서 그림 2의 가변저항  $R_p$ 를 리용하여 전기다리출구와 증폭기출구전압이 령이 되도록 령점조절을 진행하였다.

RS485통신에 의하여 장치들을 조종 및 감시하기 위한 통신규약을 작성하고 조종프로그램을 작성하였다.

장치조종에 필요한 통신규약에서 요구신호와 응답신호는 “명령(1Byte)+자료(1~2Byte)”로 구성하였다.

종속처리기에서는 B포구의 RB0/INT단자가 새치기방식에서 임펄스를 계수하도록 하였으며 기본처리기에서는 건반을 누르는데 따라 해당한 종속처리기의 계수값이 표시되도록 하였다. 또한 기본처리기의 지우기건반을 누를 때마다 선택된 종속처리기의 계수값이 초기화되도록 하였다.

측정결과표시는 그림 3에서 보는것처럼 RS485통신을 리용하여 기본처리기의 통신요청새치기신호에 따라 종속처리기들에서 수

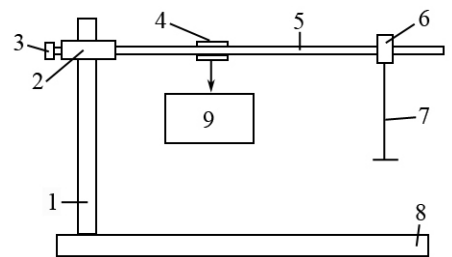


그림 4. 변위신호변환기의 특성량을 평가하기 위한 실험체계

1-기둥, 2-조정쇠, 3-조임볼트, 4-변위수감부, 5-보, 6-접결개, 7-추고리, 8-반침판, 9-변위신호수감부

다음 추고리 7에 추의 개수를 추가하면서 저항변화에 따르는 전기다리출구와 변환기 출구의 전압을 기록하였다. 이때 집결개위치에서 최대변위는  $60\mu\text{m}$  를 초과하지 않도록 하였다. 측정결과는 표와 같다.

표. 변위-전압변환기의 특성량을 평가하기 위한 측정결과

저항변화/ $\Omega$	전기다리출구전압/mV	변환기출구전압/V	변위/ $\mu\text{m}$
0.5	5.19	0.49	12.4
1.0	10.37	0.98	24.8
1.5	15.52	1.47	37.3
2	20.66	1.96	49.9
2.5	25.77	2.44	61.7

수감부저항변화에 따르는 변위측정 결과는 그림 5와 같다.

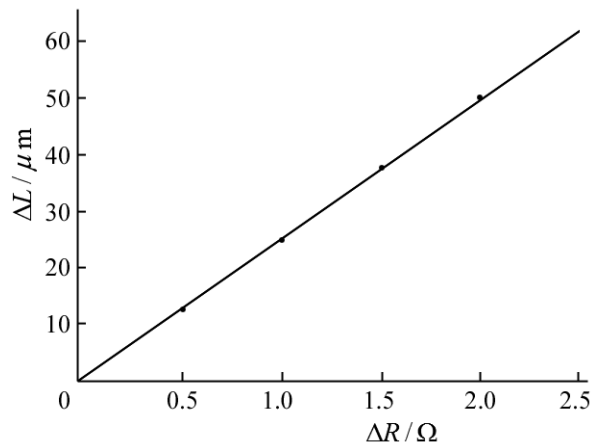
$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

$$a = -0.1571, b = 25.16, c = 0.07857,$$

$$\text{RMSE} = 0.2059$$

근사결과에서 보는것처럼 측정결과의 비선형성은 0.6%로서 매우 좋은 선형성을 보여준다.

### 맺는 말



콘스탄탄금속저항변형편 BF120과 한 그림 5. 수감부저항변화에 따르는 변위측정결과 소편처리기 PIC16F877A를 리용하여 16개 대상설비의 변위를 실시간으로 동시측정할수 있는 변위측정체계를 개발하였다.

전기다리식변위-전압변환회로와 합리적인 자료처리알고리즘을 리용하여  $0\sim 60\mu\text{m}$  까지의 미소변위측정에서 0.6%의 비선형성을 보장하였다.

또한 한소편처리기 PIC16F877A를 리용한 1개의 기본처리기와 8통로 A/D변환모듈을 내장한 2개의 종속처리기에 대한 합리적인 조종 및 통신알고리즘을 적용하여 장치규모를 1/3로 줄이면서도 16통로의 실시간변위측정과 표시, 경보기능을 가진 모듈형식의 변위측정체계를 개발하고 그 정확성을 실험적으로 확증하였다.

### 참고 문헌

- [1] 전봉필 등; 수감부와 그 응용, 김일성종합대학출판사, 23~105, 주체99(2010).
- [2] 림광성 등; 계량 및 규격화, 2, 4, 주체102(2013).
- [3] 김명철 등; 전자자동화공업, 22, 2, 주체87(1998).
- [4] 俞克新; 传感器和测量技术, 中国教育出版社, 21~55, 2009.

## **Educational Multichannel Micro-Displacement Measuring System Using Microprocessor**

*Kim Hwi Dong, Ro Kwang Chol*

We have developed an educational multichannel micro-displacement measuring system using metal resistance strain gage and microprocessor PIC16F877A, and experimentally proved its characteristics.

The displacement to voltage converting circuit is composed semi rhombus electrical bridge, amplifier and follower. Its nonlinearity is 0.6% in case of measuring  $0\sim 60\mu\text{m}$  micro-displacement.

By adapting a reasonable control and communication method for one master and two slave embedded with 8-channel A/D conversion module, we have developed modular micro displacement measuring system that has real time measurement, display and alarm function of 16-channel. Its characteristics have been proved experimentally.

Key words: displacement measurement, displacement measurement system