

계측증폭기를 이용한 자기임피던스센서의 구동회로

송재연, 김영학, 신광호*

부경대학교 전기제어계측공학부, 경성대학교 멀티미디어공학과*

Driving circuit of magnetoimpedance sensor using Instrumentation amplifier

Jaeyeon Song, Young-Hak Kim, Kwang-Ho Shin*

Pukyong National Univ., Kyungsoong Univ.*

Abstract

The phase differences and noise signals are in general serious on output of a instrumentation amplifier for signal conditioning of a sensor driven at high frequency due to a time-varying input signal. In this study, we get the better amplification and S/N ratio using the rectified signal for the input of instrumentation amplifier. This driving circuits were designed and constructed by OrCAD and laboratory PCB process. All of the elements used on the circuit including highly speedy OP-Amp. was SMD type and the MI sensor was fabricated by meander-patterned amorphous ribbon. The output sensitivity of this circuit was 105.3mV/V·Oe. That's why this driving circuit is good at detection of fine magnetic field

Key Words : instrumentation amplifier, magnetoimpedance sensor

1. 서 론

휴대용 통신기기의 위치기반서비스를 실현하기 위해서 소형이면서도 높은 감도를 나타낼 뿐 아니라 대량생산성이 우수한 자계센서가 요구되고 있다. 자기임피던스효과를 이용한 자계센서는 여타의 센서에 비하여 우수한 자계검출성능을 나타낼 뿐 아니라 구조와 구동원리가 단순하기 때문에 위치기반 서비스용 전자나침반을 구성하는 센서로서 유력시되고 있다.[1]

일반적으로 교류 신호에 대한 차동증폭회로는 앰프의 입력단에 교류 신호를 인가하고, 출력단의 교류 신호를 정류하는 방식이었다. 그러나, 교류 신호를 증폭하는 과정에서 위상차와 노이즈가 발생할 수 있고 그 신호가 증폭되면 전체 출력값에도 영향을 미치게 된다. 이 실험에서는 앰프 입력의 교류 신호를 정류하여, 정류된 직류 신호를 앰프의 입력으로 사용하였다.

2. 실험 방법

2.1 센서의 제작

먼저 센서 패턴을 OHP 필름으로 인쇄하였다. 인쇄된 패턴을 아몰퍼스 리본에 리소그래피와 에칭하여 미안더 타입의 센서를 만들었다. 아몰퍼스 리본은 염산(HCl), 과산화수소수(H₂O₂), 증류수(H₂O) 1:1:4 비율의 에칭액으로 상온에서 3-4분간 에칭하였다. 센서 감도를 높이기 위하여 센서의 폭 방향으로 자장중 열처리를 하였다.

2.2 시뮬레이션

모든 회로는 OrCad[2]로 구성하였다. 계측증폭기와 브릿지회로, 그리고 검파기를 이용하여 센서용 구동회로를 제작하였다. 캐리어주파수의 입력전압을 발생시키기 위해서 오실레이터를 사용하였고, 오실레이터로부터의 신호를 브릿지회로로 입력하였다. 브릿지회로는 자계센서, 고정저항과 고정 인덕턴스소자로 구성하였다.

먼저, 신호를 비교, 증폭한 후에 출력되는 교류 신호를 검파기로 평활하는 회로를 시뮬레이션하였

다. Burr-Brown사의 고주파 증폭기 OPA650[3]을 사용하여 계측증폭기를 구성하고, 증폭율은 51배로 하였다. 검파기에 사용되는 다이오드는 Agilent사의 고주파 다이오드 hsm5-2825[4]를 사용하였다.

두 번째로, 검파기를 거친 신호를 계측증폭기로 인가하는 회로를 시뮬레이션하였다. 증폭기는 Burr-Brown사의 고속 계측증폭기 INA111[3]을 사용하였고, 증폭율은 51배로 하였다. 검파기에 사용되는 다이오드는 Agilent사의 고주파 다이오드 hsm5-2825를 사용하였다.

2.3 실제회로 제작

자기센서 2개를 구동할 수 있도록 회로를 설계하였고 각 센서주위에는 바이어스 코일을 감아서 바이어스 전류에 의해 미소자재를 인가할 수 있도록 하였다.

OrCAD Layout Plus를 이용하여 레이아웃을 작성하고 그 패턴을 구리기판에 리소그래피한 후에 에칭하였다. 구리기판은 패턴의 어두운 부분을 남기는 positive 기판을 사용하였고 이 때 현상액은 NaOH(수산화나트륨) 용액을 사용하였다. 에칭은 45~48℃에서 약 10분간 실시하였고 에칭액으로 염화제2철($FeCl_3$)을 사용하였다.

오실레이터를 제외한 모든 소자는 SMD(Surface Mounted Device) 타입을 사용하여 전체 기판의 크기를 줄였다.

센서의 길이방향으로 외부자계와는 별도로 자계를 인가할 수 있도록 센서 주위로 바이어스 코일을 감아주었다. 이는 자계-전압 관계중 가장 변화가 민감한 곳을 기준점으로 바꾸기 위한 바이어스 조절용 코일이다.

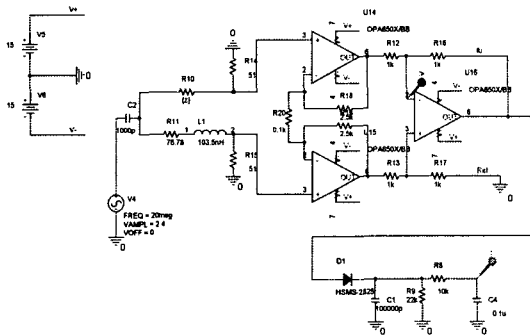


그림 2. 시뮬레이션회로 구성(1).

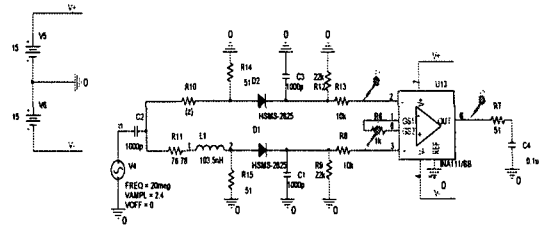


그림 3. 시뮬레이션회로 구성(2).

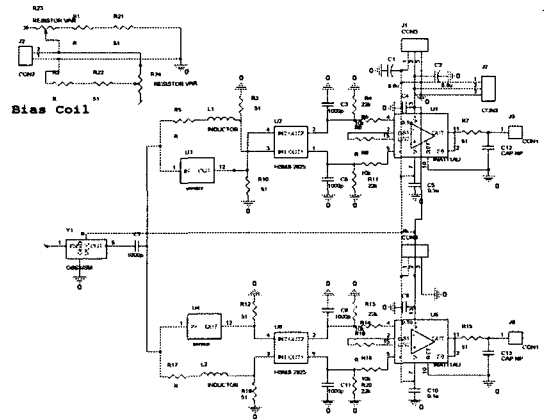


그림 4. 전체회로 구성.

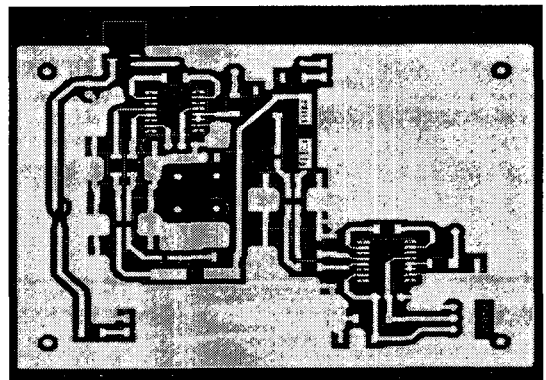


그림 5. 회로의 레이아웃.

3. 실험 결과

네트워크 어널라이저(Agilent 8714ES)를 이용하여 주파수에 따른 센서의 임피던스를 측정된 결과는 다음과 같다.

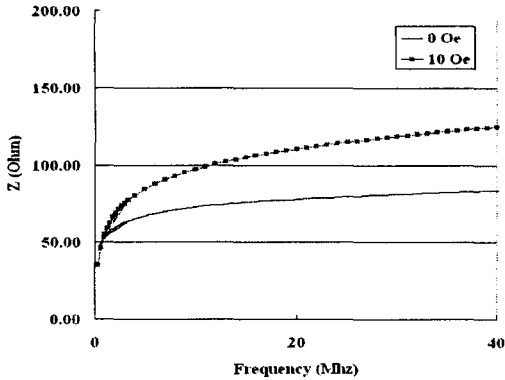


그림 1. 센서의 임피던스 변화 그래프.

그림 1에서 알 수 있듯이 20MHz의 주파수에서 자계를 변화시키기에 따라 임피던스가 약 75Ω에서 115Ω으로 변화하여 자기센서로서 충분한 임피던스 변화를 가진다.

OrCad를 이용한 시뮬레이션에서는 외부자계 0, 10Oe에 해당하는 임피던스값을 77.78, 117.78Ω으로 각각 변화시켰다.

첫 번째 시뮬레이션(교류신호→계측증폭기→검파기(직류))의 결과는 그림 6과 같다.

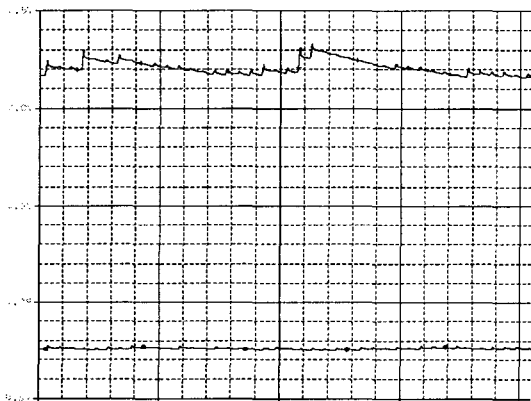


그림 6. 시뮬레이션회로 출력(1).

출력신호의 크기는 각각 0.75V, 2.2V로 약 1.5V의 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 시간에 따라 불안정한 파형을 보이고 있는데 그 정도는 약 0.15V로, 외부자계의 변화에 따른 출력값의 변화인 1.5V의 10% 노이즈 레벨을 보이고 있다.

두 번째 시뮬레이션(교류신호→검파기(직류)→계측증폭기)의 결과는 그림 7과 같다.

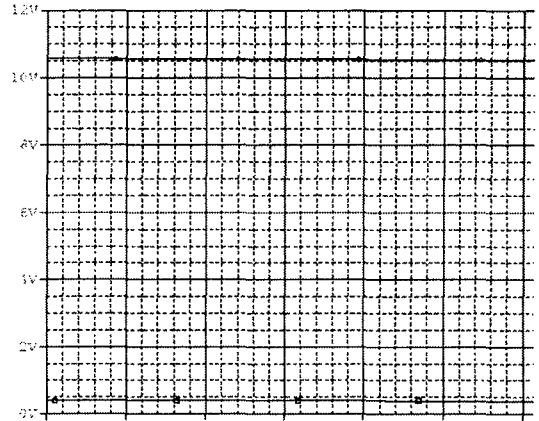


그림 7. 시뮬레이션회로 출력(2).

출력신호의 크기는 각각 400mV, 10.6V로 약 10V의 전압차를 보였다. 시간에 따른 파형은 거의 직선으로 안정되어 있음을 알 수 있다. 파형은 2mV의 변화를 보이고 있으나 전체 출력값인 10V와 비교해 보면, 노이즈 레벨은 0.02%가 되어 매우 낮음을 알 수 있다.

실제로 제작한 회로에 센서를 부착하여 하나의 모듈로 만들었다. 실험에 필요한 외부자계는 헬름홀츠 코일을 사용하여 0~75Oe의 자계를 인가하였다. 외부자계에 따른 출력전압의 변화는 그림 8과 같이 나타났다.

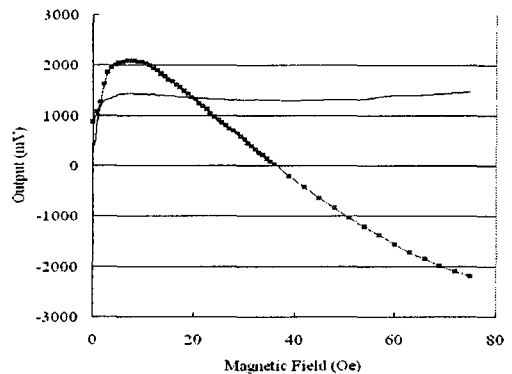


그림 8. 출력전압의 변화.

두 그래프중, 변화가 심한 것은 외부자계를 길이 방향으로 가한 그래프이고, 변화가 적은 것은 외부자계를 폭방향으로 가한 그래프이다. 0~4.5Oe의 범위에서의 외부자계에 대한 감도는 105.3mV/V·Oe로 나타났다.

폭방향으로 외부자계를 인가시 출력전압에는 변화가 없으리라 예상했으나 예상외로 0~2Oe 사이에서 급격한 변화가 측정되었다.

폭방향의 전압변화를 줄이면서 길이방향의 전압변화가 나타나는 지점을 영점으로 조정하기 위하여 바이어스 전류를 흘려주었다. 이 때 바이어스 코일에서 발생한 자계는 약 2.2Oe이고 그림 9에서 보는 것과 같이 폭방향의 전압변화는 줄어들고 길이방향의 전압변화가 잘 나타나는 상태가 되었음을 알 수 있다. 이 때 0~3Oe의 범위에서의 외부자계에 대한 감도는 64mV/V·Oe로 나타났다. 본 논문에서는 증폭비를 51배로 하였으나 더 큰 신호를 원하는 경우, 증폭비를 조절하여 원하는 크기의 신호를 얻을 수 있다.

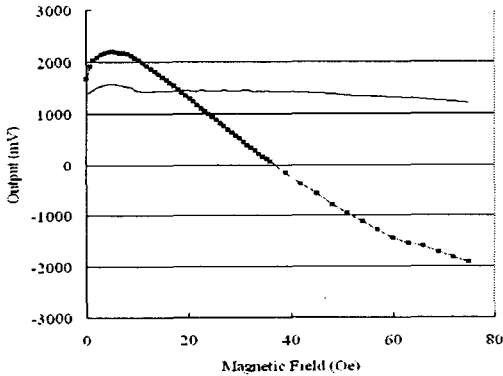


그림 9. 바이어스 전류 인가후 출력전압의 변화.

4. 결론

두 회로를 시뮬레이션한 결과, 계측증폭기에 교류신호를 입력하고 출력신호를 검파기로 정류한 회로에서는 전압차가 약 1.5V였으며 파형도 시간에 따라 변화가 심하였으나, 검파기로 정류한 신호를 계측증폭기의 입력신호로 사용한 회로에서는 똑같은 임피던스 변화에서 10V정도의 전압차를 보이면서 안정된 출력파형을 얻을 수 있었다.

실제 회로의 외부자계에 대한 감도는 0~3Oe의 범위에서 64mV/V·Oe로 나타나 지자계의 범위(0.3Oe)에서 최대 46mV의 변화를 나타낼 수 있다.

이와 같이 정류된 직류신호를 계측증폭기의 입력으로 인가한 회로에서 미소자계 변화에 대해 좋은 출력을 가짐을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] 김영학,신광호, “전기전자재료”, 한국전기전자재료학회, p30, 2001. 5.
- [2] <http://www.orcad.com>, <http://www.orcad.net>
- [3] <http://www.ti.com>
- [4] <http://www.agilent.com>