

스핀 밸브를 이용한 선형 아이솔레이터 모델링

송실대학교

박승영*, 조순철

Modeling of linear isolator utilizing spin valves

Soongsil University S. Park*, S. Jo

1. 서론

전기적 아이솔레이터(isolator)는 서로 다른 시스템 사이에 전기적으로 상호 간섭 없이 정보를 전달할 수 있도록 하는 것으로, 전기적 신호의 레벨이 다른 시스템 사이에서 교량 역할을 한다. 따라서 전기적인 충격이나 신호원의 과도한 잡음으로부터 시스템을 보호할 수 있고, 특히 의료 분야에서는 환자를 보호하기 위한 대책으로 의료용 전자장비에 아이솔레이터를 사용한다[1]. 최근에는 스핀밸브(spin valve; SPV)를 이용하여 디지털 자료를 전송에 적합한 100 Mbit/s 이상의 고속 아이솔레이터에 대한 연구가 진행되고 있다[2]. 또한 계측분야에 응용하기에 적합한 선형성을 개선하기 위한 연구 또한 진행되고 있으며[3], 본 연구에서는 스핀밸브를 이용한 GMR 아이솔레이터 가운데 계측 분야에 적합한 선형 아이솔레이터를 모델링하고 선형성과 동작 속도를 해석하였다.

2. 모델링

Fig. 1은 스핀밸브를 이용한 선형 아이솔레이터의 회로도[3]이다. 스핀밸브 소자들은 Wheatstone bridge 형태로 결선되어있으며, 그 위에는 절연박막과 평판코일(planar coil)이 차례로 위치하고 있다. Fig. 2는 Fig. 1에 채용된 스핀밸브 소자의 자기저항 특성을 입력 코일전류에 따라 0.5 mA 표본간격으로 나타낸 그림으로 기존에 보고된 자료[3]를 인용한 것이며, 이를 이용하여 스핀밸브를 모델링하였다. 평판코일에 입력되는 전류 즉, 입력 코일 전류(I_{in})에 의해 자장이 발생되며, 따라서 Fig. 1의 Wheatstone bridge에서 저항 R1과 R4의 저항을 Fig. 2의 자기저항 특성에 따라 변화하게 하여 V_A 와 V_B 의 전위차를 형성시킨다. 이는 연산증폭기에 의해 V_A 와 V_B 의 전위차에 비례하는 양만큼 증폭되고, 다이오드와 저항을 거쳐 케환 평판코일에 공급되어 Wheatstone bridge의 저항 균형을 유지시킨다. 이때 사용된 연산증폭기의 전압 이득은 33, slew rate는 0.3 V/ μ s였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 아이솔레이터의 선형 응답특성을 나타낸 그림이다. 입력 코일 전류(I_{in})가 5 mA부터 21 mA 까지 변화할 때, 입력 코일 전류에 의존하여 케환 코일에 입력되는 전류(I_{out})는 0 mA부터 16 mA 까지 변화하였다. 이때 입력 코일 전류와 케환 코일 전류 사이의 관계는 $I_{out} = I_{in} - 5$ mA의 선형함수와 비교시 ± 0.5 mA 내외의 차이로 90% 이상 근사한 결과가 계산되었다. 이러한 오차는 스핀밸브의 모델과 선형 응답특성 계산의 설정한 표본간격에 따른 것으로, 이를 줄이면 오차 또한 감소할 수 있다. 그리고 연산증폭기 출력단에 연결된 다이오드의 built-in 전압에 의해 I_{out} 이 I_{in} 보다 5 mA 적게 나온다. 또한 I_{in} 이 21 mA를 초과하면 포화되어 선형성이 유지되지 않는다.

Fig. 4는 0.5 μ s의 표본간격으로 아이솔레이터의 구형파 응답특성을 계산한 그림이다. V_A 와 V_B 의 전위차는 입력 코일 전류가 급격하게 변화하는 부분에서 입력 코일 전류의 급격한 변화에 따라 수 ns 정도의 지연[2]으로 빠르고 크게 나타났다. 그러나 연산증폭기의 출력전압은 slew rate에 의해 제한받아 최저 전압에서 최대 전압까지 상승 및 하강하는 시간은 5 μ s였다. 따라서 보다 큰 slew rate를 나타내는 연산증폭기를 사용하면 이에 비례하는 만큼 빠른 동작속도를 보일 수 있을 것이라 사료된다.

4. 결론

스핀 밸브를 이용한 선형 아이솔레이터를 모델링하고, 입력 코일 전류에 따른 궤환 코일에 입력되는 전류를 계산하였다. 선형특성을 나타낼 수 있도록 Wheatstone bridge와 궤환 코일을 이용한 회로를 이용하였고, 이때 입력 코일 전류에 따른 궤환 코일 전류가 선형함수에 비해 표본오차를 포함하여 90% 이상 근사한 계산 결과를 보였다. 또한 구형파 응답특성을 계산하였으며, 이때 최저 전압에서 최대 전압까지 상승 및 하강하는 시간은 $5 \mu\text{s}$ 였다. 이는 연산증폭기의 slew rate에 의해 제한되었다.

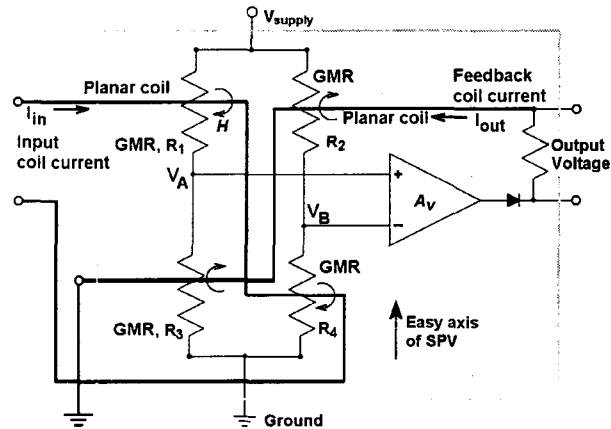


Fig. 1. Schematic diagram of GMR linear isolator.

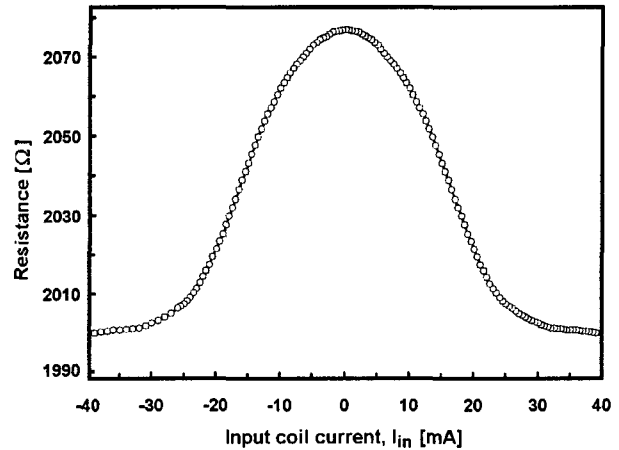


Fig. 2. Magnetoresistive characteristics of single GMR element model.

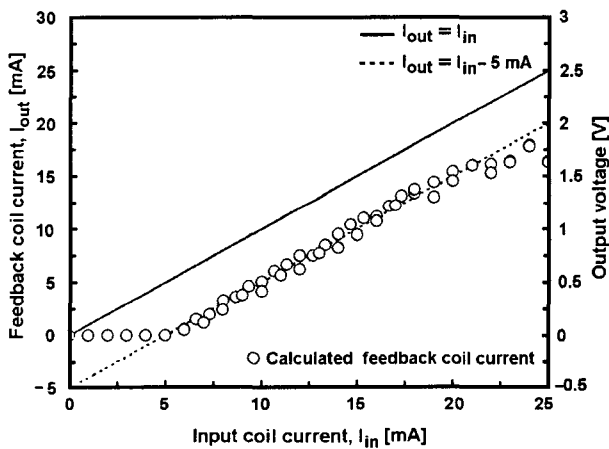


Fig. 3. Linear response of GMR linear isolator. Feedback coil current was calculated as a function of input coil current.

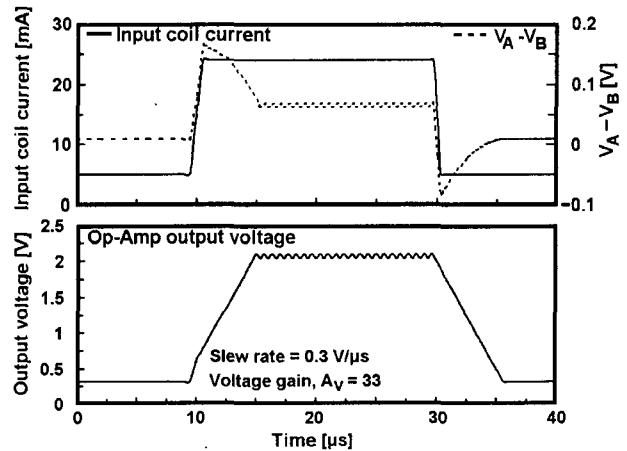


Fig. 4. Square wave response of GMR isolator. Op-Amp output voltage wave form depending on input coil current.

5. 참고문헌

- [1] R. Fayfield, T. Hazelton, T. Popple, F. Williamson, University/Government/Industry Micro electronics Symposium, Proceedings of the Thirteenth Biennial, 165(1999).
- [2] 박승영, 김지원, 조순철, 한국자기학회지, 14(3), 109(2004).
- [3] T. M. Hermann, W. C. Black, S. Hui, IEEE Trans. Magn. 33(5), 4029(1997).