

DC전류검출기의 감도개선을 위한 자기변조

이 환*
대전산업대학교 제어계측공학과

김 한 성
건국대학교 전기공학과

Magnetic Modulation for the Improvement of sensitivity in DC Current sensor

HWAN LEE*
DEPT. of CONT. AND INST. ENG.
TAEJON UNIV. of TECHNOLOGY

HAN - SUNG KIM
DEPT. of ELETRICAL ENG. KON-KUK UNIV.

Abstract

The hall sensor is current detector using hall effect in semiconductor and the conventional type detect current with concentrating flux by current of conductor. So, detection of small current is very difficult because of residual magnetism.

This paper give the experiments based results about method that detect the small DC current using minimizing the residual of hall element by magnetic modulation and concentrating flux. The suggested sensor can detect small current better than the conventional that.

1. 서론

홀소자를 이용한 전류검출기는 측정전류의 크기에 따라 홀전압이 변하는 반도체의 홀 효과를[1] 이용한 것으로 기존의 전류 검출기 보다 취급이 간단하고 도체와 검출기 간의 전기적 절연이 좋기 때문에 최근에는 홀소자를 이용한 전류 검출기에 대하여 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나 지금까지 연구된 전류 검출기 중에서 홀소자를 이용한 전류검출기[2,3]는 도체에 전류가 흐를때 도체주위에 나타나는 자계를 집중시키는 방법으로 철심을[4,5] 사용하였다. 그러면 철심의 잔류자기 영향 때문에 몇 밀리암페어 단위의 전류는 검출 하기가 어렵고 또 검출이 되어도 검출신호가 불안정 하였다. 그래서 이 논문에서는 아래의 조건과 범위 내의 검출기에 대한 연구를 하기로 한다.

첫째 : 검출전류는 직류에 한한다.

둘째 : 도체와 검출기는 전기적으로 절연상태이다.(비

접촉 방식)

세째 : 철심의 잔류자기의 전류검출에 미치는 영향을 극소화 시킨다.

네째 : 검출전류는 수 밀리 암페어 에서 백 밀리 암페어 범위로 한다.

홀소자를 이용한 기존의 방법은 직접검출법과 자기 균형법(0자기법)을 이용하고 있으나 이 두방법은 모두 잔류자기의 영향을 피하기 어렵기 때문에 이 논문에서는 교류자기변조법을 이용하여 DC전류 검출시 철심에 나타나는 잔류자기의 영향을 감소시켜 도체에 흐르는 DC전류를 수 밀리 암페어 단위까지 검출 하는데 역점을 두어 검출방법을 제시하고 실험을 통하여 그 방법의 타당성을 입증 하고자 한다.

2. 자기 변 조 법

기존의 홀소자를 이용한 DC전류검출 방식은 철심의 잔류자기 현상 때문에 몇밀리 암페어 단위 이하의 DC전류는 검출 하기가 어렵다.

그래서 이곳에서는 교류자기변조법을 이용하여 철심의 잔류자기 영향을 감소시켜 몇밀리 암페어 단위의 미소전류를 검출 하고자 한다.

자기변조법이란 그림 1 과 같이 철심에 교류 정현파 전류(이 논문에서는 반송파 라 부른다) 가 흐를 S 권선을 감고 i_c 를 흘려주면 홀소자에는 이 i_c 에 의한 자계가 가해지게 되어 홀소자에서 i_c 에 비례한 홀전압이 나타나게된다.

이때 도체 C에 DC전류가 흐르면 i_c 는 DC전류에 의하여 변조되어 홀소자에 가해 지므로 도체에 흐르는 DC미소전류도 쉽게 검출 할수 있다.

2.1 DC 미소전류 검출

그림 1 에서 S권선에 흐르는 반송파전류 i_c 는

$$i_c = I_m \sin(\omega t) \quad (1)$$

의 교류전류이다.

공극이 있는 철심의 자속밀도는

$$B = \frac{N I}{\frac{L}{\mu} + \frac{L_g}{\mu_0}} \quad (2)$$

식 2 에서 I 대신에 식 1 의 i_c 를 대입하고

또 S권선을 N회 감았다고 하면 이때의 자속밀도 B_1 은

$$B_1 = \frac{N}{\frac{L}{\mu} + \frac{L_g}{\mu_0}} I_m \sin(\omega t) \quad (3)$$

가 된다.

이때의 파형은 변조되지 않은 파형으로 그림 2 와 같 이 된다.

이때에 C 도체에 I_{DC} 를 흘려 주면 철심의 자속은 I_{DC} 에 의하여 변조되어 나타나게 된다.

이때의 자속밀도를 B_2 라 하면

$$B_2 = \frac{I}{\frac{L}{\mu} + \frac{L_g}{\mu_0}} [N I_m \sin(\omega t) \pm I_{DC}] \quad (4)$$

로 표현할 수 있다.

이 곳에서 반송파의 (+)극성과 I_{DC} 의 방향이 같을 때는 반송파의 0점축이 I_{DC} 의 크기 만큼 (+)방향쪽 으로 변조 되어 나타나게 되고, 반송파의 (-)극성과 I_{DC} 의 방향이 같을 때는 반송파의 0점축이 I_{DC} 의 크기만큼 (-)방향으로 이동하여 나타나므로 I_{DC} 에 의해 (-) 방향으로 변조되어 나타나게 된다.

그러면 홀소자에 가해지는 자계의 크기도 4 식으로 표현 할 수 있게 되므로 홀소자에서 나타나는 홀전압 V_H 는

$$V_H = \frac{R_H}{t} i B F_H \quad (5)$$

에서 홀소자의 비례계수를 K_H 라 하면

$$V_H = K_H i B \quad (6)$$

i 는 바이어스 전류로 일정해야 하므로 정수로 볼수있어

$$V_H = K_B B \quad (7)$$

가 된다.

식 7 의 B에 식 4 의 B_2 를 대입하면

$$V_H = K_B B_2$$

$$= K_B \frac{I}{\frac{L}{\mu} + \frac{L_g}{\mu_0}} [N I_m \sin(\omega t) \pm I_{DC}] \quad (8)$$

로 나타낼 수 있다.

이것을 간단히

$$V_H = K_C [N I_m \sin(\omega t) \pm I_{DC}] \quad (9)$$

로 표시하여 본다.

이렇게 식 9 에 의해 나타난 홀전압을 연산증폭기에 의 해 증폭시킨 다음 복조기에 보내지게 된다.

3. 복조

변조파로부터 원래의 신호를 재생하는 과정을 복조 (demodulation) 또는 검파(detection)라고 한다.

복조방식이 좋지 않으면 복조신호가 직선성이 안되고 또 검출된 신호와 오차도 크게된다.

그래서 이곳 에서는 변조된 반송파를 복조 하는데 구조 가 간단하고, 반도체소자 중에서 거의 직선동작 영역이 큰 Diode 를 이용한 복조방식을 택하기로 하였다.

그림 4 는 복조회로를 나타내고 있다.

V_i 는 변조된 반송파의 전압이고 V_{out} 는 Diode D 에 의 해서 복조된 출력 전압을 표시한다.

이때 복조기의 출력전압 V_{out} 은 반송파의 진폭이 크면 클수록 진폭에 비례하여 커지게 되고 반송파의 진폭이 작아지면 작아 질수록 진폭에 비례하여 작아지게 된다.

4. 변조법의 실험결과 및 고찰

실험에 사용한 철심재료는 규소강판과 페라이트 철심의 두종류를 사용 하였으나 두종류 모두 반송파에 I_{DC} 를 변 조시키는데는 차이가 없었다.

그림 1 의 S권선에 공급하는 반송파전류 i_c 는 2000 Hz 의 교류로 파형은 정현파, 삼각파, 구형파를 사용하여 실험을 하였을때 복조된 파형의 최대치는 같았으나 삼각파 와 구형파는 불필요한 고조파를 발생시켜 전자회로에 잡 음을 유도시킬 우려가 있어 반송파로는 정현파를 사용 하였다.

그림 5 의 A 그림은 무변조시 반송파의 모양으로 반송파 의 윗쪽과 아랫쪽의 크기가 같다. 그러므로 철심의 잔류 자기도 이 반송파의 자계에 의하여 영향이감소된다.

B 그림은 A 그림을 복조한 파형 이다.

그림 6 의 A그림은 I_{DC} 에 의해서 변조된 파형으로 중심 축이 위로 올라와 있으며 B그림은 이파형을 복조한 파형 으로, 변조되지 않은 반송파를 복조했을 때 보다 진폭이 더욱 커진 것을 알수있다 그림 7 은 자계변조법에 의하여 검출된 출력전압과 도체전류와의 관계를 나타낸 그림으로 잔류자속의 영향이 많이 감소되어 있으며 검출된 전압도 상당히 안정되어 있음을 알수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 자기변조법에 의하여 DC전류검출기의 감도개선 문제를 실험적 고찰을 통해 연구 하였다.

기존의 DC전류 검출기는 홀소자로 피측정 전류의 자계를 검출할때 철심내 잔류자기의 영향으로 미소전류 검출이 어렵거나 검출이 되어도 오차가 많았다.

그래서 이 연구에서는 피측정도체의 전류에 의하여 나타나는 자계를 반송파 자계에 변조 시키므로 철심내 잔류자기의 영향을 극소화 시킬수 있었고 홀소자에서는 이에 비례하는 홀전압이 나타 나므로 종래의 홀소자를 이용한 검출기인 직접검출법이나 자계 평형법 보다도 더 적은 미소전류를 검출하는데 오차를 줄일수 있었고 검출전압이 보다 안정 되었다.

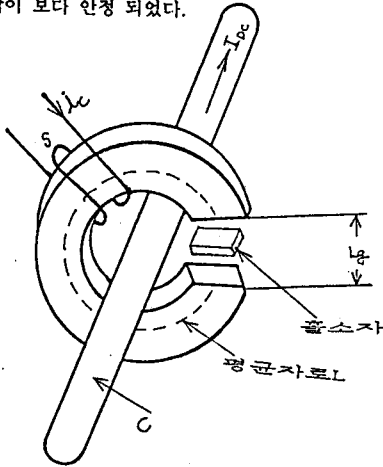


그림 1 자기변조기의 구조

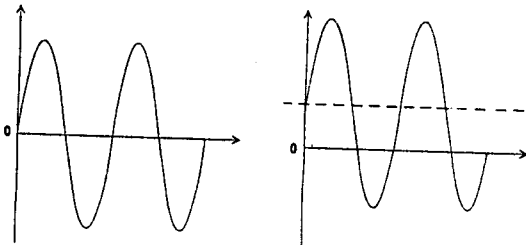


그림 2 무변조된 반송파의 모양

그림 3(a) +Idc에 의해 변조된 파형

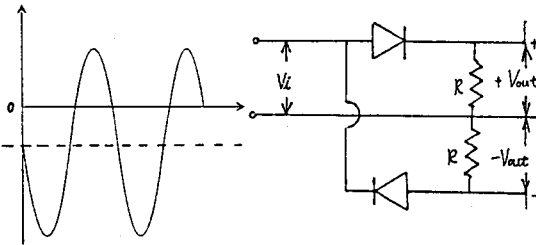
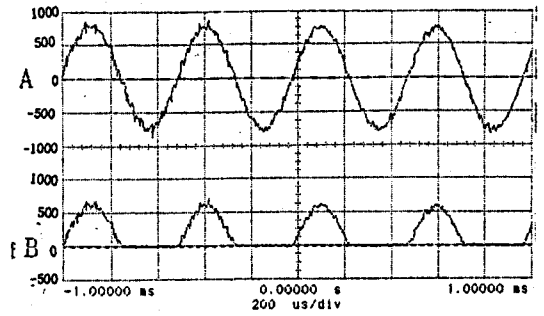


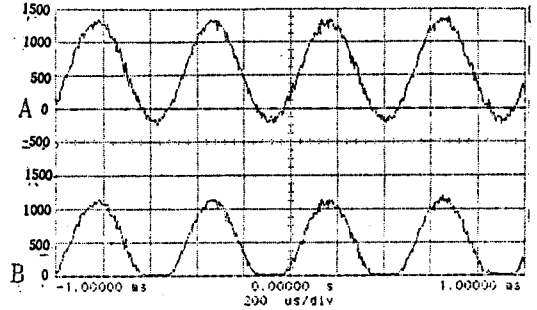
그림 3 (b) -Idc 에 의해 변조된 파형

그림 4 복조회로



A: 무변조된 반송파 B: 복조된 파형

그림 5 정현파



A: Idc에 의해 변조된 파형 B: 복조된 파형

그림 6 정현파

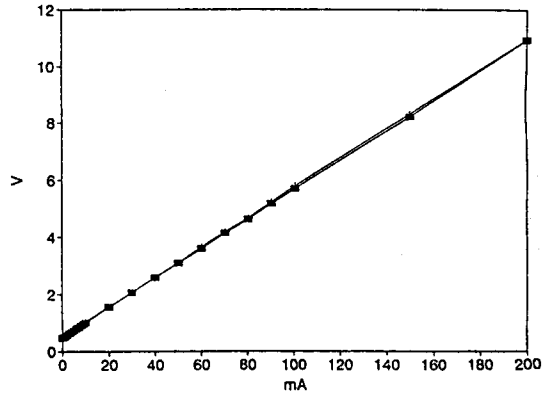


그림 7 DC전류 대 검출기 출력 전압

참 고 문 헌

- (1) AROKIA NATHAN, "The Hall Effect in Integrated Magnetotransistors," IEEE TRANS ELECTRON DEV, VOL.36, no 1, PP. 108 - 117, 1989.
- (2) SABURO TAKAMIYA, "Differential Amplification Magnetic Sensor," IEEE TRANS Electron Devices, Vol. ED-19, NO 10, PP.1085 - 1090, 1972.
- (3) 김한성 · 이 환, "고·직류의 전류 검출기에 관한연구," 전력전자 연구회 학술 발표회 제14회, pp.109-112, 1993.5.
- (4) R.S.POPOVIC, "A NEW CARRIER-DOMAIN MAGNETIOMETER" Sensors and Actuators, No 4, PP.229 - 230, 1983.
- (5) T.G.MKLEINPENNING, "DESIGN OF AN A.C. MICRO-GAUSS SENSOR," Sensors and Actuators, NO4, PP. 3 - 9, 1983