

자성체포화를 이용한 DC전류센서

DC Current sensor using the saturable magnetic cores

박영태

(Y. T. Park)

Abstract

A DC current sensor is disclosed in which two pairs of saturable cores are provided so as to enclose a conductor carrying a direct current to be measured. On each of the saturable cores, a bias winding, a feedback winding and an output winding are wound. Circuit for detection of an asymmetry in the magnetization current, generated by a reference alternating voltage, in a signal-conditioner. The reference alternating voltage is fed to the respective series circuits such that no resultant induction current is induced in the modulating current. The voltages over the resistor form input signals for two peak value detectors, the strength of the output signal of which represents the degree of asymmetry of magnetization current. This paper describes the development of a DC current sensor and its signal-conditioner.

Key Words : saturable cores, bias winding, feedback winding, magnetization current, peak value detector, signal-conditioner

1. 서 론¹⁾

클램프형 전류센서는 도선을 절단하지 않고 측정하는 장점이 있으므로 모터, 인버터, 전력변환기 등의 전류를 측정하는데 광범위하게 사용되고 있다. 최근에는 자동차 엔진 및 전기기기의 누설전류와 같은 저 전류를 정밀하게 측정해야 할 필요가 생겼다. 대부분의 클램프형 전류측정기는 홀 소자를 이용하여 측정되고 있다[1]. 홀 소자를 이용할 경우 주위 온도에 대해 매우 약한 문제를 가지고 있으며 강한 자기장을 요구하는 단점을 가지고 있다. 근래에는 홀 소자에 비하여 주위 온도 변화에 강하고 강한 자기장을 요구하지 않는 자기센서가 전류측정소자로 활용되고 있다[2,3]. 그러나 아직까지 클램프타입의 휴대용 기기로 상용화하는데 어려움이 있다. 고전적 방법으로 인식되고 있는

current transformer type의 DC를 측정하는 클램프미터는 대부분 대 전류 측정용으로 사용된다[4-6].

일반적으로 current transformer는 AC를 정밀하게 측정하는 소자이며 형태가 크고 대개 실험실이나 전류측정 표준장치에 사용된다. DC전류를 측정하기 위하여 transformer type으로 사용할 경우 자성체 코어의 비 선형 특성을 이용한다. 자성체 코어의 비 선형 특성은 AC신호를 발생시키는 modulator에 의하여 만들어지는데 동일한 두 개의 자성체 코어에 발생하는 자속을 zero로 만들어 측정하는 Zero-Flux Current Transformer를 사용한다[7]. 이 type의 단점은 자화 전류가 비대칭일 때 출력을 zero 만들기 위하여 안정되고 침예한 대역 필터가 사용되는데 이러한 필터를 만들기에는 어렵고 사용 부품의 성능이 우수해야 한다.

본 연구에서는 자화 전류가 비대칭일 때 출력을 zero로 만들기 위하여 사용하는 필터대신 여러 개의 peak detector, Zero-Flux current transformer

한국표준과학연구원 전자기 표준부
(대전광역시 유성구 도룡동 1번지,
Fax: 042-868-5018
E-mail : pyt@kriss.re.kr

type의 센서와 기준교류 전압원으로 제작된 magnetic modulator를 개발하여 DC 측정용 전류 센서를 제작하였다. 이 전류센서는 2 A 미만의 DC전류와 DC+AC가 혼합된 누설전류를 측정하는데 사용하고자한다. DC 전류측정에서 정확도 0.5%의 보다 우수한 특성을 나타내었다.

2. 본 론

2.1 전류센서

DC 전류 측정 센서는 동일한 형태의 두 쌍으로 이루어진 코어가 대칭으로 포화된 상태에서 zero 출력을 유지하다가 DC 전류가 공급되면 이 전류에 비례하는 값으로 나타난다. 그림 1은 센서를 구성하고 있는 코어와 코일의 권선 형태를 나타내었다.

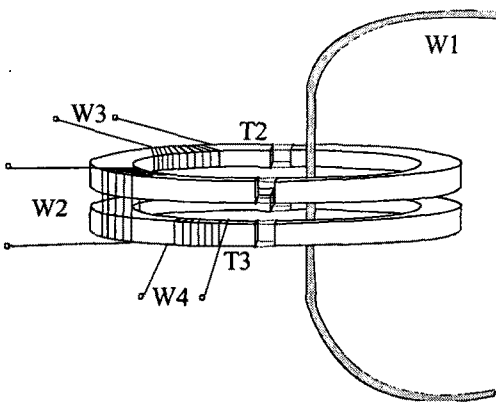


그림 1. 센서의 코어와 권선

Fig. 1. Windings and cores of sensor

코어 T1과 T2는 다른 특성을 나타낸다. 두 코어의 재료는 퍼멀로이를 사용하였으며 사각에 가까운 히스테리시스 특성을 가지고 있다. 권선 W3과 W4는 자화전류를 발생시키기 위하여 기준교류 전압원에 직렬로 양쪽에 동시에 연결되며 두 코어의 자속 발생은 modulator의 기준교류 전압원에서 공급하는. 자화전류의 크기와 주파수에 따라 달라진다. 양 코어에 연결된 기준교류 전압원에 의하여 발생하는 modulation current는 양 코어가 동일한 특성을 가지고 있기 때문에 이 전류에 의하여 유도된 전류는 상쇄되어 측정에는 영향을 미치지 못한다. 권선 W2 양단에 발생하는 전압의 극성은

T1이 포화될 때마다 바뀐다.

측정하려는 DC 전류가 센서에 공급되면 양 코어의 자속이 비대칭을 이루게 된다. 비대칭을 통하여 출력되는 전압이 측정 DC 전압에 비례하여 나타난다.. magnetic modulator를 구성하고 있는 기준교류 전압원에 의하여 발생하는 비대칭 자화전류의 감지는 peak value detector를 사용한다.

2.2 신호감지회로

신호감지회로는 민감하고 광대역 특성을 가진 DC 전류 증폭기와 같은 전자회로를 사용한다. 동작 원리는 자성재료의 잘 알려진 비선형 자화곡선 특성을 기본으로 하고 있다. 센서 부분의 가장 간단한 형태는 1차 권선과 2차 권선을 가진 한 개의 자성체 코어로 이루어져있다. 측정할 여고 하는 전류가 1차 코일에 공급되고, 반면 대칭을 이루고 있는 기준교류 전압원은 코어가 양 방향으로 자기 포화를 대칭적으로 발생시키기 위하여 2차 코일에 주기적으로 구동시킨다.

기준교류 전압원에 의하여 발생하는 자화전류는 1차 권선의 전류에 의하여 변조된다. 자화전류에서의 비대칭 정도와 방향은 DC 전류 성분의 방향에 의하여 결정된다.

상대적으로 가파른 포화 방향으로 기울어지는 자화곡선과 함께 자화전류는 갑자기 코어의 포화지역에서 증가하게 되는데 2차 권선의 self induction이 급격히 떨어지기 때문이다. 만약 자화전류가 대칭이라면 정(+)과 부(-)의 주기는 동일한 모양을 가진다. 반 주기의 peak value 정류와 이론적으로 이 정류된 신호의 합은 완전히 대칭일 경우 출력 신호는 zero가 된다. 그러나 자화전류가 이미 대칭이 아닐 경우, 반 주기 동안의 정류된 신호와 합에 의한 출력 신호는 zero가 되지 않는다. 출력신호의 극성과 크기는 자화의 크기와 방향에 대응된다.

신호감지회로를 구성하고 있는 peak value detector의 사용은 2차 고조파를 감지하는 데 장점을 가지고 있다. 그리고 고조파 뿐만 아니고 기준교류 전압원과 함께 발생하는 자신의 자화전류가 처리된다. 이것은 정확하게 사인파 모양의 기준교류 전압원을 얻기 위하여 저가의 밴드 필터, 동기정류기와 부가의 회로를 사용할 수 있다는 의미이다. 그러나 peak value detector와 함께 사용된 회로의 단점은 실제로 순수하게 대칭 자화전류의 경우에도 항상 기준교류 전압원의 주파수와 동일한 주파수를 가진 리플 전압이 발생된다. 이 리플 전압의 크기는 회로의 응답시간에 의하여 결정된다.

빠른 응답 특성을 얻기 위하여 peak value detector는 가능한 작은 시정수를 가져야 한다. 이것은 peak value detector에 저장되는, 그리고 자화 전류의 peak value에 비례하는 전하가 상대적으로 급히 방전되어야 함을 의미한다. 그러나 이것은 출력에 리플을 증가시키는 결과를 가져온다. 신호감지회로를 구성하고 있는 기준교류 전압원에 의하여 발생하는 비대칭 자화전류와 출력에 나타나는 리플 전압을 개선하기 위하여 peak value detector들을 사용하여 그림 2와 같이 제작하였다.

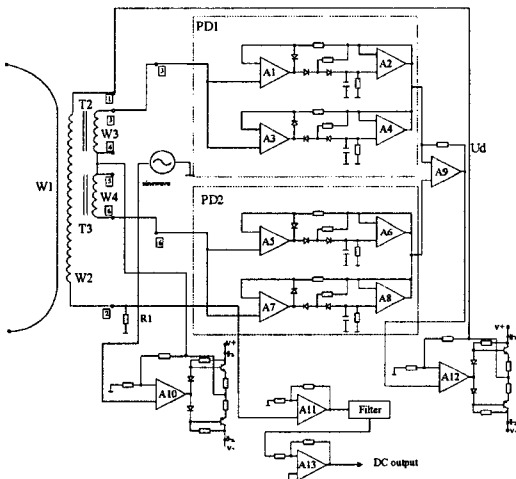


그림 2. 센서와 신호감지회로
Fig. 2. Sensor and signal-conditioner

대칭 자화전류와 함께 2개의 peak value detector의 출력신호가 정확하게 동일하면 이들 신호의 차 신호에는 어떠한 리플도 포함되지 않는다. 1차 권선에 유도되는 전류를 제거하기 위하여 두 개의 코어는 기준교류 전압원에 의하여 반대 방향으로 자화되거나 이 코어들을 통과하는 modulating current, 혹은 2개의 peak value detector의 출력신호는 180° 까지 상호간에 위상변이를 일으킨다.

2개의 peak value detector의 출력신호는 difference 증폭기에서 차를 검출하여 이 신호를 다시 트랜지스터를 사용한 전류 증폭기에서 증폭한 후 권선 W2에 공급한다. W2에 공급된 전류는 1차 권선에 공급되는 측정 DC 전류에 비례한 전류가 흐른다. 이 전류는 부하저항을 통하여 측정

DC 전류에 비례한 전압을 얻을 수 있다. 권선 W1은 센서의 안정도와 drift를 개선하기 위하여 설치한 바이어스 권선이다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 DC 전류에 대한 출력 특성을 나타내었다. 측정 전류는 0 A에서 2 A까지 측정하였다. 그림에서 Polarity +와 -는 전류센서에 흐르는 측정 전류의 방향을 나타내었다. 전류의 방향에 따라 나타나는 최대 차이는 $\pm 0.3\%$ 를 넘지 않았다. 따라서 DC전류 측정센서의 정확도는 이 범위 안에서 $\pm 0.5\%$ 의 특성을 나타내었다. 그림에서 200 mA까지는 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 mA에서 측정되었다.

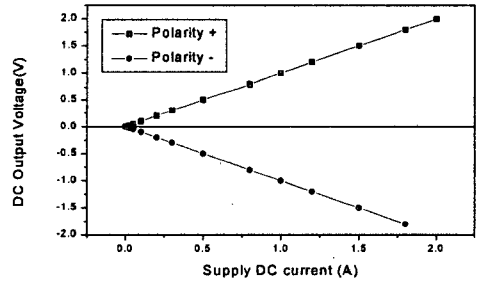


그림 3. DC전류의 출력 특성
Fig. 3. Characteristics of the output DC current

4. 결론

자화 전류가 비대칭일 때 출력을 zero로 만들기 위하여 사용하는 필터와 복잡한 회로로 구성된 신호처리부분을 여러 개의 peak detector를 사용하여 DC전류 및 누설전류를 측정하는 DC전류 측정 센서를 개발하였다. 특성 측정을 위하여 측정 전류는 0 A에서 2 A까지 측정하였다. DC전류 측정센서의 정확도는 이 범위 안에서 $\pm 0.5\%$ 의 특성을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] Y.Suzuki, A.Hirabayashi, and K.Yamasawa, "Analysis of A Zero-Flux Type Current Sensor", IEEE Trans.Mag, vol.29, no.6,

pp.3183-3185,1994

- [2] Y.Yoshida and A.Tayaoka, "Precise Current Sensor by means of Small Angle Magnetization Rotation using Amorphous Wire and its Industrial Application", IEEE Trans.Mag, vol.29, no.6, pp.3180-3182,1993
- [3] D.Son and J.D.Sievert, "A New Current Sensor Based on the Measurement of the Apparent Coercive Field Strength", IEEE Trans. Instrum. Meas.,vol.38, no.6, pp.1080-1082, 1989
- [4] E. So, S.Ren and D.A.Bennett, "High Current Precision Openable-Core AC and AC/DC Current Transformers", IEEE Trans. Instrum. Meas.,vol.42, no.2, pp.571-576, 1993
- [5] J.D.Ramboz, "A Highly Accurate, Hand-Held Clamp-on Current Transformer",IEEE Trans. Instrum. Meas.,vol.45, no.2, pp.445-448, 1996
- [6]T.Watanabe and T.Aizawa,"DC Large Current Measurement Using DC CT", 電気検定研技報, 第25巻, 4号,
- [7] L.Lisser and A.J.van de Walter, "Zero-Flux Current Transformer For Wide-Band Precision Measurement In AC and DC HV System", IEE Fourth International Conf. AC and DC HV Power Transmission, London 23-26, pp.229-234, 1985