

## 포화자성코어를 이용한 직류전류측정센서

박영태, 정재갑, 강전홍, 유권상, 유광민, 김한준

한국표준과학연구원 전자기표준부

### 1. 서론

최근 들어 사용되는 부하의 기능들이 교류 뿐 만 아니고 직류전류를 측정하는 경우가 많이 있고 자동차 엔진 및 전기 기기의 직류누설전류와 같은 저 전류를 정밀하게 측정해야할 필요가 생겼다. 대부분 직류 측정기는 홀 소자를 이용하여 측정되고 있다[1]. 홀 소자를 이용할 경우 온도 특성이 나빠지며 저 전류 측정에는 선형도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 근래에는 홀 소자에 비하여 주위 온도 변화에 강하고 측정감도가 우수한 자기센서가 부분적으로 전류측정 소자로 사용되고 있다. 홀 센서 이외의 자기저항을 이용한 센서 역시 강한 바이어스 자기장이 필요하며, 우수한 측정 감도에 비해 측정 범위가 좁고 바이어스 전류의 주파수가 수백 kHz에서 수 MHz를 요구하기 때문에 아직 실용화는 어려우며 현재 많이 연구되고 있는 단계에 있어 아직까지 고전적 방법으로 인식되고 있는 홀 소자를 이용한 CT(current transformer) 형의 측정기를 사용한다. 일반적으로 계기용 CT는 교류를 정밀하게 측정하는 소자이며 형태가 크고 대개 실험실이나 정밀 전류측정용 계측기에 사용된다. 직류 전류를 측정하기 위하여 변압기형으로 사용할 경우 자성체 코어의 비선형 특성을 이용한다.

본 연구에서는 특성과 형태가 동일한 2개의 트로이달 형 자성체 코어를 사용하여 직류전류를 감지할 수 있는 전류센서를 개발하고 특성에 대한 내용을 기술한다. 중간이 분리된 동일한 2개의 트로이달 형 자성체 코어를 사용하여 직류전류를 감지할 수 있는 전류센서를 개발하였다. 직류전류는 기준 교류전압원으로 제작된 저주파 발진신호와 자화전류에 의해 변조된 출력전류로부터 측정하였다. 자화전류가 비대칭일 때 출력을 zero로 만들기 위하여 쌍으로 된 2개의 피크검출기(peak value detector), CT 형의 센서, 기준교류전압원으로 제작된 저주파 발진신호와 동기된 신호를 이용하여 많은 고조파가 함유된 신호를 정밀측정하기 위한 psd 회로 등을 개발하였다. 이 센서는 2 A 미만의 고조파가 함유된 직류누설전류를 측정하는데 사용하고자 하며 분해능은 0.1 mA, 감도 10 mV/mA의 특성을 가지고 있다.

### 2. 실험방법과 결과

전류 측정 센서는 트로이달 형태의 두 쌍으로 구성되어 있다. 1차 코일과 2차 코일들이 감겨진 자성체 코어가 대칭으로 그림 1과 같은 형태로 이루어져 있다. T1, T2는 자성체 코어를 나타내고 W1은 측정하고자 하는 전류의 권선인 1차측 권선을 나타내며 권선 수는 1회이다. 자성체 코어 T1에 감겨진 권선 W3과 자성체 코어 T2에 감겨진 권선 W4는 T1, T2의 코어를 겹쳐 동시에 코일을 감은 W2와 함께 2차측 권선으로 구성된다. 이때 2차 측 권선 수는 모두 동일하게 감는다.

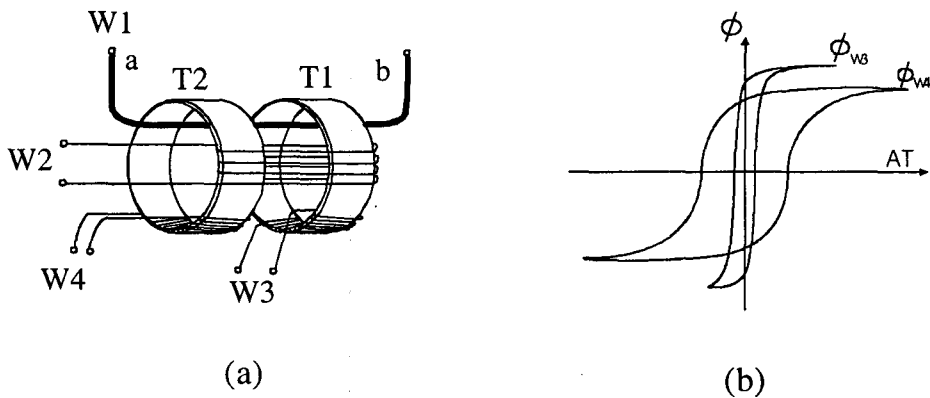


그림 1 (a)센서의 구조, (b) 측정전류와 변조전류의 방향에 의한 자화모양

직류전류 측정 센서는 동일한 형태의 두 쌍으로 이루어진 코어가 대칭으로 포화된 상태에서 zero 출력을 유지하다가 직류전류가 W1으로부터 공급되면 이 전류에 비례하는 값으로 나타난다. 그림 1(a)는 센서를 구성하고 있는 코어와 권선 형태를 나타내었다. 직류전류가 코일 W1을 통하여 a에서 b로 흐른다고 하면 사각파를 발생하고 있는 G의 신호에 의해 자성체 코어 T1과 T2는 측정 직류전류 흐름의 방향에 따라 그림 1(b)에 나타낸 히스테리시스 곡선과 같은 특성을 나타낸다. 즉, 직류전류 흐름의 방향과 같은 방향일 경우  $\psi_{w3}$  와 같은 특성을 가지며, 반대 방향일 경우  $\psi_{w4}$  와 같은 히스테리시스 곡선 특성을 가진다. 그림 2는 센서와 센서의 출력을 측정하는 전체 블록다이어그램을 나타내었다. G에 의하여 발생하는 비대칭 자화전류는 피크 검출기를 사용하여 검출한다. 2개의 피크 검출기의 출력신호는 차동 증폭기에서 차를 검출하여 이 신호를 다시 트랜지스터를 사용한 전류 증폭기에서 증폭한 후 권선 W2에 피드백되어 공급된다. W2에 공급된 전류는 1차 권선에 공급되는 측정 직류전류에 비례한 전류가 흐르며 부하저항을 통하여 측정 직류전류에 비례한 전압으로 측정된다.

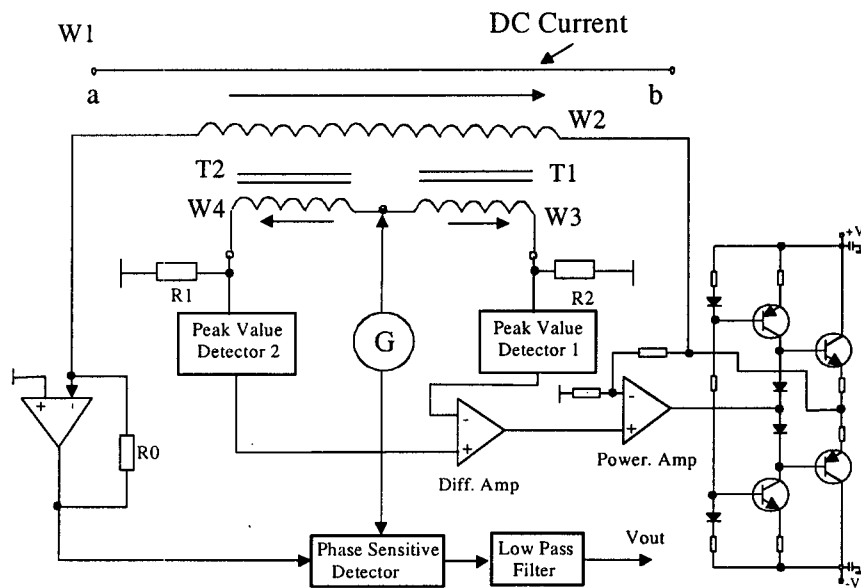


그림 2 센서와 전체회로의 블록다이어그램

시험을 위하여 직류전류공급원으로 Fluke 5520A(직류 공급전류의 정확도 : 0.03 %)를 기준이되는 표준기로 사용하였으며 측정 전류는 0.001 A에서 2 A까지 측정하였다. "Polarity +"와 "Polarity -"는 전류센서에 흐르는 측정 전류의 방향을 나타내는 것으로 전류의 방향에 따라 나타나는 최대 차이는  $\pm 0.25$  %를 넘지 않았다. 그리고 직류전류 측정센서의 정확도는 온도  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , 습도  $55 \pm 5$  % R.H에서  $\pm 0.3$  %의 특성을 나타내었다.

### 3. 결론

동일한 2개의 클램프 형 자성체 코어의 포화 현상을 이용하여 직류전류를 감지할 수 있는 전류센서를 개발하고 특성에 대한 내용을 기술하였다. 이 센서는 피크검출기, 피드백 코일을 이용한 CT형 센서, 저주파발전회로, 그리고 psd 방법으로 측정되는 회로 등으로 구성하였으며 2 A까지의 직류 및 누설전류를 측정하는데 사용한다.

### 참고문헌

- [1] Y.Suzuki, A.Hirabayashi, and K.Yamasawa, IEEE Trans. Mag, Vol.29(6), p.3183-3185(1994)