

저온소성 다층 세라믹 기판에 로고스키 코일을 적용한 전류센서에 관한 연구

김은섭, 문형신, 김경민, 박성현, 신병철
 동의대학교 나노공학과

Study of amperometric sensor apply a Rogowski Coil on LTCC

Eun-Sup Kim, Hyung-Shin Moon, Kyung-Min Kim, Sung-Hyun Park, Byoung-Chul Shin
 Nano Engineering , Dong-Eui Univ.

Abstract : 전류에 의한 자속변화를 검출하는 로고스키코일은 자성체를 코어로 이용하는 종전의 변류기(Current Transformer)와는 달리 공심이거나 비자성재료를 사용하기 때문에 자기적으로 포화되지 않으므로 일반적으로 디지털 적산 전력량계의 전류센서로 활용되고 있다. 본 연구는 저온소성 다층 세라믹 기판상에 로고스키코일을 적용한 전자식 전력량계의 정밀 전류측정용 센서 개발에 관한 것이며, 3차원 전자기장 해석 프로그램인 MWS를 사용하여 기판의 소재와 코일의 패턴의 크기 등을 달리하여 그 특성을 알아보고 실제 구현된 센서의 측정된 값과 비교해보았다.

Key Words : Rogowski Coil, LTCC, Current Sensor

1. 서 론

전류 측정센서는 기본적으로 자성체 코어와 코일 혹은 자기센서들로 구성되어 있다. 이들은 온도 특성이 나뉘며 저 전류 측정에는 선형도가 떨어지는 단점이 있다. 특히 자기센서는 강한 바이어스 자기장이 필요하며, 우수한 측정 감도에 비해 측정 범위가 좁고 신호처리회로의 구성이 복잡하다.

일반적으로 사용되고 있는 전류측정 센서는 대부분 CT(current transformer)이다. CT는 자성체 코어를 사용함으로써 자기포화와 측정범위 대 크기의 한계로 인하여 규정 오차 범위 내에서 측정할 수 있는 전류 범위는 극히 제한되어 있다.

또한 현재의 전력기는 전력전자와 펄스파워 기술의 발달로 수Hz에서 수백Hz에 이르는 주파수 범위를 갖는 전류를 사용하는 경우가 늘고 있으나 CT는 상용주파수 이외의 주파수 전류를 측정하는 데에는 한계가 있다.

또한 IEC (International Electrotechnical Commission) 에서 요구하는 가정용 전력량계의 정밀도는 2%이내이며 전자식 전력량계의 경우는 1% 수준이며 이 정밀도 범위에서 전류측정용 센서의 측정 전류 범위는 0.5A-40A로 정하고 있다. 따라서 로고스키코일을 이용한 전류센서는 기존 CT의 자기포화와 좁은 전류측정 범위의 문제점을 해결할 수 있는 방식으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 자성체 코어나 자기센서를 사용하지 않고 전자식 전력량계에 사용되는 전류측정 센서를 개발하기 위해 로고스키코일을 다층세라믹 기판상에 구현하여 이를 응용하고자 하였다.

2. 실험

그림 1은 일반적으로 알려진 로고스키 코일의 원리를 설명하는 그림이다.

1차 교류전류를 감지한 공심코어 센서는 전류의 변화율에 비례하여 코일에 2차전류를 발생시키며 입력주파수에 90도의

위상차를 지니고 있어서 적분기를 사용하여 위상차를 보상하게 한다. 로고스키 코일의 출력은 전자기회로로 구성된 적분기를 통하면 전류 변화율에 대한 완전한 전압이 얻어진다.

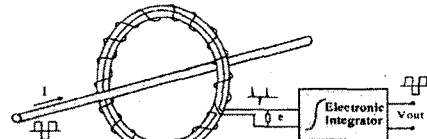


그림 1. 로고스키 코일의 원리

본 연구는 기존 PCB 제조과정과 통합하기가 적합하고 인접 도전체의 대 전류의 자기 등과 다른 소스에 민감하지 않는 정밀하고 안정적인 로고스키코일 구조로 LTCC 기판상에 설계하여 제작하였다. 그림 2은 로고스키 코일을 기판상에 설계한 모습이다. 본 코일은 동일한 평면에 배치되는 복수의 나선형 도전성 권선을 갖고 있고, 자기중심을 갖고 실제 유기된 전압을 측정하는 센싱부 코일과 외부 자계의 영향을 차단하는 외부코일인 소거부가 직렬로 접속되며 공통 배경 교변 자계에 의해 내측 및 외측 감지 코일에 서로 반대되는 기전력(EMF)이 작용하며 이들 사이에 다층 세라믹 기판이 자체적으로 절연층을 형성한다.

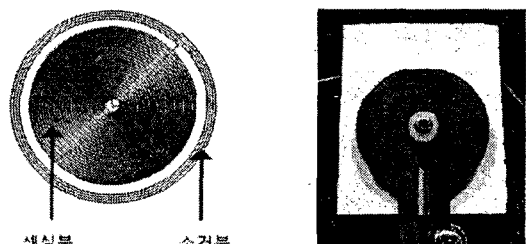
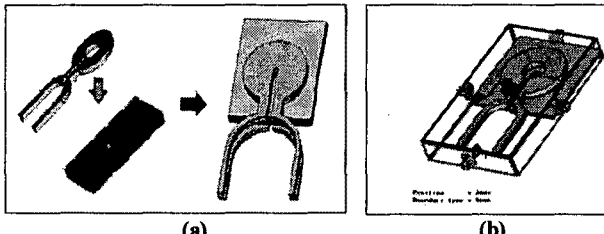


그림 2. 로고스키 코일의 설계 및 LTCC 제작

로고스키코일이 적용된 센서의 구성은 크게 감지할 전류가 입력되는 환(環)상의 부하 도전체, 그리고 센싱코일과 회로를 다층 세라믹 기판에 구현한 사각형의 센서로 이루어진다.

부하 도전체는 구리(Cu)이며, 두께는 2.5mm, 폭은 5mm, 내경은 9.8mm이며, 외경은 센싱코일과 동일한 26mm 직경을 가진 루프형태로 만들어진다.

그림 3은 본 연구에서 설계한 전류센서의 구조도이다.



(a) 도전체와 기판을 체결한 형상 (b) 시뮬레이션 구성
그림 3. 전류센서의 개괄적 구성

로고스키 코일의 단면적이 센싱감도의 중요한 요소가 됨에 따라 동일한 나선형 금속코일 패턴을 설계하고 그 선폭과 선간거리를 달리하여 CST MWS 전자기장 해석 툴로 시뮬레이션 하여 그 출력값을 분석하였으며 이를 제작하여 실제 전류값을 측정해 보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시뮬레이션

코일의 외경은 130mm 내경은 50mm 센서부와 소거부의 비율은 3:1로 하였으며 기판은 유전율이 좋고 다층 세라믹 기판을 사용하는 본 연구와 동일한 산화알루미늄(Al_2O_3)으로 설정 하였으며 변수는 선폭을 0.08mm에서 0.3mm로 선간거리(Gap)를 0.08mm에서 0.3mm로 설정하여 시뮬레이션 하여 그 결과값을 그림 4에 나타내었다.

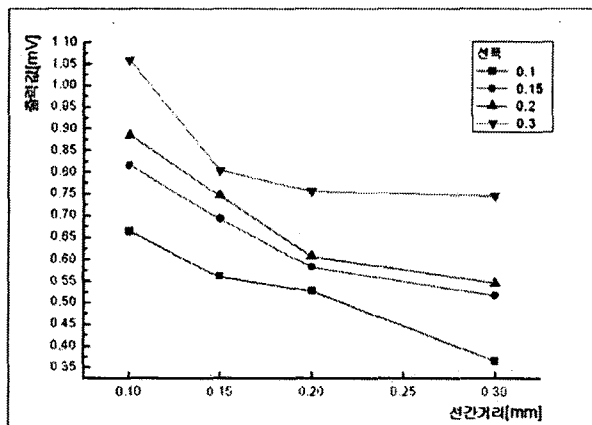


그림 4. 선폭과 선간거리에 따른 출력값

시뮬레이션 결과에 의하면 선폭이 좁을수록, 선간거리가 짧을수록 그 출력값이 높아 나옴을 알 수 있다.

3.2 LTCC 기판상에 로고스키 코일의 구현

시뮬레이션을 한 자료를 바탕으로 LTCC 기판에 선폭이 0.1mm 선간거리가 0.1mm로고스키 코일을 구현해 보았다.

전류측정은 0A~40A까지 5A step씩 진행하였으며 계측기는 Oscilloscope - Lecroy, WavePro(somV/div, 10mS/div, Filter :bit3, measure (vamp, frequency)를 사용하였다.

그 결과값을 그림 5에 나타내었다.

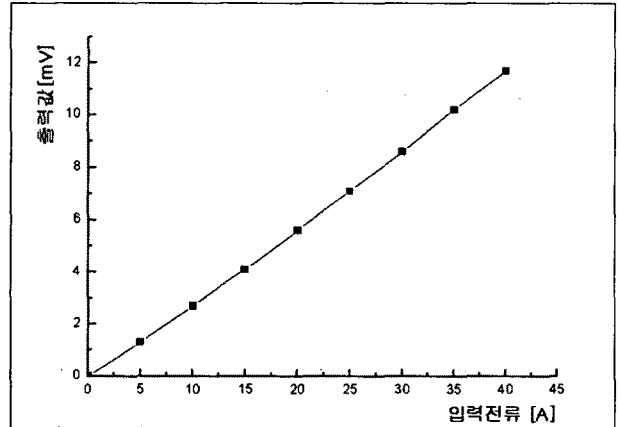


그림 5. LTCC 전류센서 측정값

4. 결론

로고스키코일의 구현에 있어 입체구조의 코일과 도전체를 평판형 기판에서도 특성변화 없이 구현 할 수 있다는 것을 확인 하였으며 센서코일 바깥에 소거부를 배선하는 것만으로 기존의 외적 내적으로 불편했던 보정회로의 역할을 대신 할 수 있음을 확인 하였다. 또한 로고스키코일의 다층 세라믹기판(LTCC) 적용에 있어서도 전류센서로서의 기능을 다할 수 있음을 실제 제작을 통해 확인하게 되었다.

본 연구를 통해 전류측정에 있어 로고스키 코일을 다층 세라믹기판에 적용하여 제작함으로써 보다 정밀하고 광범위한 측정을 제공하리라 본다

감사의 글

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-D00291)

참고 문헌

- [1] J. U. Kinckerbocker, "Overview of the Glass-Ceramic/ Copper Substrate-A High-Performance Multilayer Packing for the 1990's," *Am Ceram Soc. bull.*, 71 p. 139-1409, 1992.
- [2] M.Yamaguvhi, H. Matsuki, K. I. Arai, And K. MuraKami : *IEEE Trans. Magn.*, 25, 3824 (1989)
- [3] 임상은, "Patterning된 LTCC 기판의 마이크로파 소결" *경기대학교 대학원* p. 25-33, 200.
- [4] L.V.Panina, K. Mohri, and T. Uchiyama, *Physica A* 241, 429 (1997)
- [5] K.Mohri, T. Uchiyama, and L.V.Panina, *Sensors and Actuators A* 59,1 (1997)