

홀 센서와 자기 코어를 이용한 하이브리드 차량용 전류센서

이우재*, 연교흠, 김시동
(주)오토산업 기술연구소

요약

전류센서는 전기차 시대의 도래와 함께 전기차의 주용 부품으로써, 차량용 전기가 충전하는 동안의 전류의 흐름을 측정하고, 전지관리시스템이 모니터링하는 목적으로 사용되어 진다. 본 논문은 Hall-effect를 이용하여 전류에 의해 의기된 자장이 자성코어에 집중되어 코어의 공극에서 측정되도록 전류센서를 구성하였다.공극간의 자속을 측정하기 위하여, GaAs 계열의 Hall 센서가 사용되었다. 본 논문이 제안하는 센서는 측정 결과, 출력 특성의 선형성과 온도 안정성이 우수한 것으로 나타났다. 이는 제안된 전류센서가 산업용으로 적용이 가능함을 보여준다.

I. 서론

전류센서는 하이브리드자동차 및 전기자동차의 주요부품으로, 배터리 충전전시 전류를 측정하는 역할을 한다. 이번 연구에서는 전류에 의한 자기장이 발생되면, Core에 의해 집중되어 자기장이 분포하는 공극에 홀센서를 삽입하여 측정이 가능하도록 전류센서를 구성하였다.

Core는 winding한 후에, annealing 및 molding을 한 후 공극을 cutting하여 제작하였고, GaAs 계열의 Linear type hall sensor를 사용하여 공극에서의 자기장을 측정하였다.

II. 전류센서

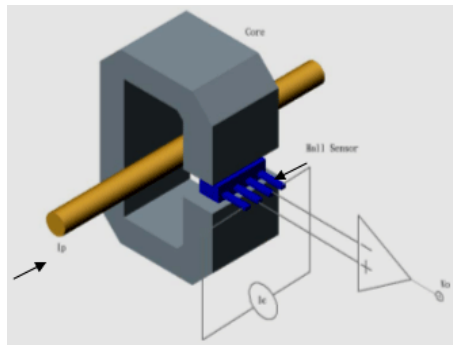


그림 1. Schematic diagram of the current sensor

그림 1.은 제안하는 전류센서의 구성과 동작 원리를 설명하는 그림으로, 자성 core를 관통하는 측정 전류가 발생하는 자속이 core의 공극(Gap)사이에서 밀집되며, 이 자속을 Hall-effect를 이용한 센서 IC를 통하여 측정하는 구성을 나타낸다. 전류 센서에는 동작을 위해 필요한 구동전압(+5V)이 인가되고, core를 관통하는 전류의 양에 비례하는 출력 전압을 낸다. 제안된 전류센서의 출력 전압의 범위는 0.5~4.5V로 하였으며, 이는 -400~+400A의 전류량에 일차함수로서 대응 된다. 이러한 이론적 설계에 대한 측정치가 그림2.에 나타나 있다.

Fig.2는 -400A~+400A 범위의 전류에 대한 전류센서의 출력 전압을 나타내는 그래프이다. 측정전류에 일

차 함수로 대응되는 출력은 0.5~4.5V이고, 측정 범위의 입력전류에 대해서는 clipping 되어 진다. 즉, 전류센서의 전압출력은 4.5V를 초과할 수 없고, 0.5V이하일 수 없다. 또한, Offset voltage, 즉 전류가 인가되지 않은 상태(0A인가)의 출력값은 2.5V이다. 측정된 출력전압의 선형 특성(linearity)은 0.03%으로써, 이는 전기자동차 업체가 요구고 있는 선형도 수준(0.1%)를 충분히 만족한다.

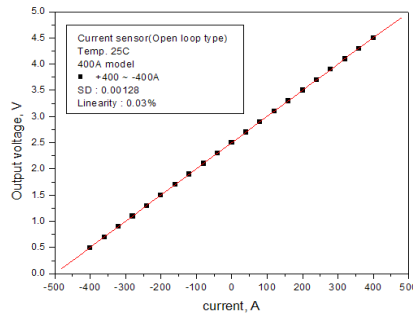


그림 2. Sensor output voltage vs. applied current to demonstrate linearity of the sensor

주파수 대역 특성의 측정을 위하여, 800KHz의 대역폭 성능을 내는 전력증폭기와 비유도성 선트가 사용되었다. 그림3에서는 제안된 전류센서의 40A·turns를 인가하였을 때의 출력 전압의 주파수 특성을 나타낸다.

100KHz 까지의 대역에서 3dB 이하의 출력 편차를 보이고 있다. 이는 전기 차량의 구동 모터의 최대 회전수를 충분히 수용할 수 있는 주파수 특성을 나타낸 것으로, 전기차량의 모든 주행 조건에 대한 소비 전류의 주파수 전대역의 변화 성향을 왜곡없이 관찰 할 수 있음을 의미한다.

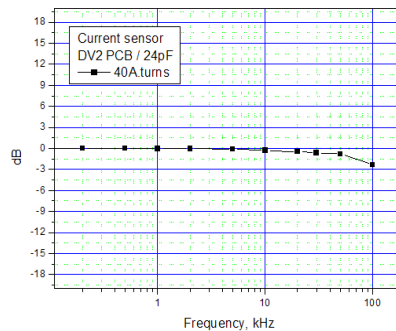


그림 3. Sensor output voltage vs. frequency at applied current of 40 A·turns

또한 Fig.4에서는 전류센서의 응답 속도 특성을 나타내는 그림으로, 전류센서의 출력전압이 최대치의 90%까지 이르는 데 발생하는 지연이 2μs이하임을 보이고 있다. 이는 입력 신호의 인가로부터 2μs이내에 입력 전류와의 선형적 비례관계의 출력 전압이 측정되어 지는 것으로, 전류센서의 동작 특성이 피측정 전류의 급격한 변화를 충분히 감지하고, 감지된 물리량의 변화를 전기적 신호로 출력할 수 있음을 보여 주고 있다.

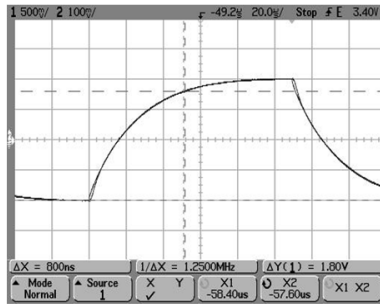


그림 4. Dynamic response of the sensor under 100 A·turns steps

III. 결론

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 논문에서는 Hall effect를 이용한 IC를 사용하여, 주파수대역폭 100kHz, 반응속도 $2\mu\text{s}$ 이하, 선형도 0.03%의 성능을 갖는 자동차용 전류센서를 개발하여, 그 성능을 측정하였다. 본 논문에서의 전류센서는 하이브리드 및 전기자동차 업체가 요구하는 정적(linearity) 및 동적(주파수, 응답 속도) 특성을 모두 만족하는 것으로, 이것은 외국 선진 전류센서 양산업체가 제시하는 성능에 뒤지지 않기 때문에, 국내 전기자동차업체가 구동 전류의 변화를 신뢰성 있게 관찰할 수 있는 전류센서로써, 국내 개발된 제품을 적용할 수 있는 길이 열렸음을 보인다.

IV. 참고문헌

- [1] R. Boll and K. J. Overshott, Sensor Vol 5. (Magnetic Sensors), 78(1989).