한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 489~490

HEV의 직류변환장치 진동 내구 및 성능 평가에 대한 연구

Studies on the performance and vibration reliability tests of the low DC-DC converter for a HEV

김철수† · 손태관* · 원광우**

Chulsoo Kim†, Taekwan Son* and Kwangwoo Won**

1. 서 론

하이브리드 자동차는 기존의 내연기관과 더불어 전기모터를 동력생성장치로 이용하며, 에너지 저장소로는 배터리와 축전지를 사용하며, 부가적으로 컨버터와 인버터 등의 전력변환 장치가 탑재되어 있다. 특히 HEV(Hybrid Electric Vehicle)에 탑재되는 LDC(Low DC-DC Converter)는 주행 중이나 정지 시에는 고전압 배터리(메인 배터리)의 전원을 입력 전원으로 사용하고, 제동 시에는 모터의 회생 에너지를 입력으로 사용하게 됨으로써, 메인 배터리의 부담을 줄이고 효율적으로 에너지를 변환함으로써 연비 개선에 기여할 수 있다.

하이브리드 자동차의 핵심부품인 LDC가 고장을 일으키면 HEV로서의 기본기능 상실은 물론, 타 전장품에 치명적인 손상을 초래하므로 LDC의 신뢰성은 매우 중요하다. 본 논문에서는 실차 조건에 준하는 작동 환경을 고려하여 개발되는 LDC의 입출력 전기적 성능을 평가하고, 진동 및 온도에 대한 내구성능 시험을 수행하고 신뢰성 평가 방법을 정립하였다.

2. HEV용 LDC

HEV용 LDC는 모터의 전원을 공급해주는 인버터의 DC-link 단에 연결되어 있으며, 보통 150~200 Vdc의 고전압 메인 배터리를 입력으로 받아서, 12~14 Vdc 수준의 저전압 출력으로 변환한다. 변환된 저전압은 기본적으로 12V 보조배터리의 충전을 하거나, 차량 실내/외등, 오디오 등의 전장품에 전원을 공급하는 역할을 수행한다. 그림 1은 HEV용 LDC의 시스템 블록 다이어그램을 나타낸다.

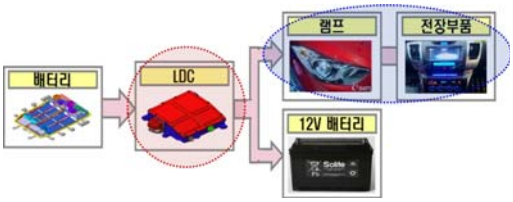

Fig. 1 LDC system block diagram for a HEV

3. LDC의 성능 및 내구 성능 평가 및 결과

HEV를 비롯한 자동차용 전기기기는 일반적으로 작동전압, 전원역극성 시험, 과전압시험, 단락 시험, 전자파 면역시험 등의 전기적 성능 시험과 내열충격 시험, 온습도 사이클 시험, 내진동시험, 내파워사이클 시험 등의 신뢰성 시험이 수행된다.

HEV용 LDC의 경우, 고전압 PWM 스위칭 모듈인 다수의 MOSFET과 같은 많은 전력 스위칭 소자와 저전압/절연형 변압기, 정류기, 평활필터 등을 포함하기 때문에, 잦은 스위칭에 따른 온도에 대한 신뢰성 평가가 중요하다. 본 논문에서는 개발된 준중형급의 1.5 kW급 LDC의 온도에 대한 신뢰성 평가를 위하여 중요한 항목을 선정했다. 첫째로, 주기적인 시편 작동에 의해 납땜 접합부 및 PCB 패턴의 열적-기계적 내구성 시험을 위해 파워사이클 시험을 수행하고, 둘째로, 시편 주변의 주기적인 온도 변화

† 교신저자; 정회원, 자동차부품연구원 사업개발본부/대구경북지역본부/전기구동지역연구센터
E-mail : cskim@katech.re.kr
Tel : 053-592-8973, Fax : 053-592-3169
* 계명대학교
** ㈜신영

에 의한 열적-기계적 내구성 시험을 위하여 열충격 시험을 수행하였다. 또한 주행 도중 시편에 인가될 수 있는 진동 외란에 의한 기계적 충격 시험을 위하여 내진동시험이 수행되었다. 그림 2는 내열충격 시험에 대한 시험 셋업 및 방법을 나타낸다.

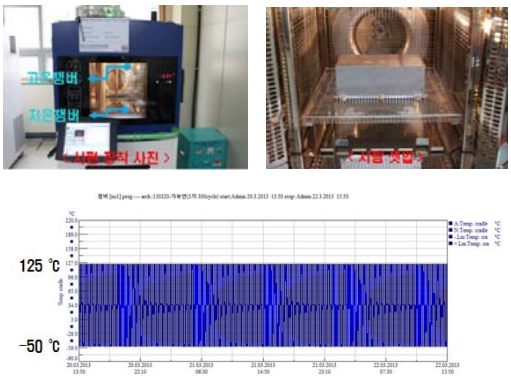

Fig. 2 Thermal cycle test setup of the developed LDC.

그림 3과 4는 내파워사이클 시험과 내진동 시험에 대한 시험 셋업 및 방법을 각각 나타낸다.

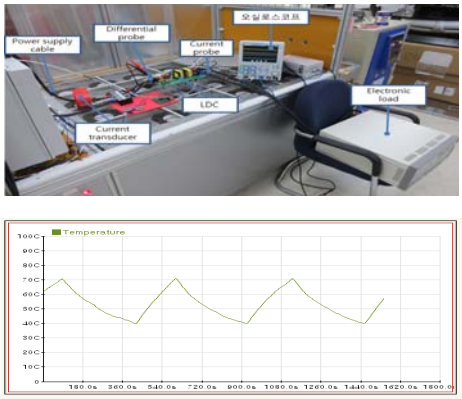

Fig. 3 Power cycle test setup of the developed LDC.

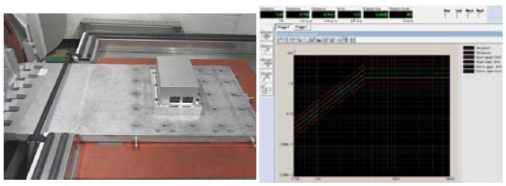

Fig. 4 Vibration test setup of the developed LDC.

Table 1 Vibration test conditions of the developed LDC

시험 조건	시험 내용
가진 모드	Sine sweep
주파수	5~500 Hz
Sweep rate	4 min
진동가속도	2.5 ~ 5 G
최대진폭	0.75 mm
가진 사이클	왕복 4 cycle/ 각 방향
가진 방향	X, Y, Z

본 내구성 시험은 수요 완성차 업체의 시험 규격에 맞게 시험되어야 하나, 보안 문제의 제약이 없는 국제공인규격 JASO(Japanese Automotive Standards Organization), JEDEC(Joint Electron Device Engineering Council) 등의 시험 규격을 참고했다.

제시된 내구성 시험의 합부 판정을 위해서, 시험 전/후의 작동전압, 전원역극성 시험, 과전압시험, 단락 시험 등의 전기적 성능 평가가 필요하다. 다음 그림 5는 시험 전/후의 전기적 성능 검사를 위한 시험 셋업을 보여준다.

Fig. 5 Electrical performance and function test setup of the developed LDC.

본 논문에서는 LDC의 내열충격 시험, 내파워사이클 시험, 내진동 시험 등의 온도 및 진동에 대한 내구 시험을 통해 신뢰성 평가 방법의 적합성을 검증하고, 시험 전/후 성능검사 시험 셋업을 구현하여 개발될 LDC의 정확한 신뢰성 평가 프로세스가 제시되었다.

후 기

이 연구는 산업통상자원부에서 주관하는 “94% 이상의 효율을 갖는 1.5 kW급 양산형 LDC(Low DC-DC Converter) 개발(No. R0001624)”의 지원 하에 수행되었습니다.