

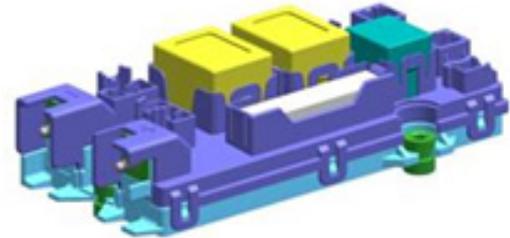
BDU 신뢰성 검증

윤혜림** 유행수 / 박지홍 / 박홍태
LS산전 EV전력제어솔루션팀**

Reliability Verification of Battery Disconnecting Unit

Hye-Lim Yoon** Haeng-Soo Ryu / Ji-Hong Park / Hong-Tae Park
LSIS EV Power Control Solution Team**

Abstract - As part of the green growth, The Green Car has attracted wide attention. Types of the Green Car are Electric Vehicle, Plug-in Hybrid Electric Vehicle, Hybrid Electric Vehicle, Fuel Cell Vehicle and Clean Diesel Vehicle. Of these, The electric vehicle is equipped with the BDU(Battery Disconnecting Unit). BDU is supplying stable battery power and blocking it to protect electrical system of the electric vehicle. The BDU consists of electric components such as current sensor, fuse and pre-charge resistor. These must pass Voltage withstand test, Salt mist test, Thermal shock test, Vibration test and Short-circuit test commonly to verify reliability of the electric components. In addition, The current sensor should be verified whether normal operation. The breaking capacity of fuse should be verified. The durability of pre-charge resistor should be verified by supplying battery power and blocking it repeatedly. The reliability of BDU as well as the electric vehicle is secured by verifying the reliability of electric components. In addition, It will contribute to the acceleration and promotion of Green Car Technology.



<그림 1> Battery Disconnecting Unit

1. 서 론

자동차의 수가 급증함에 따라 배출가스로 인한 환경오염이 심각해졌고, 이로 인해 환경오염이 세계적인 이슈가 되었다. 더불어 자동차 급증으로 인한 화석연료의 고갈 문제도 대두되면서 친환경 에너지와 그린카가 각광받게 되었다.

그린카란, 친환경 동력시스템을 사용하여 기존의 내연기관보다 연비를 높이고 화석연료의 사용과 CO₂ 및 유해 배출가스의 발생을 줄인 친환경 자동차이다. 그린카의 종류에는 플러그를 꽂아 충전하는 전기 자동차, 전기 자동차에 엔진을 추가한 플러그인 하이브리드 전기 자동차, 엔진으로 전기를 충전하는 하이브리드 전기 자동차, 수소와 산소로 전기를 생산하는 연료전지 자동차, 디젤엔진을 사용하지만 배출가스가 적고 연료 효율이 좋은 클린 디젤 자동차가 있다.

이 중에서 전기 자동차는 엔진 대신 배터리를 사용하여 동력을 창출하므로 반드시 차량 내부에 배터리 차단 장치가 탑재되어야 한다. 배터리 차단 장치는 자동차의 전력 계통에 배터리 전원을 안정적으로 공급 혹은 차단하고 사고 전류가 발생 했을 때 자동차의 전력계통을 보호하는 장치로, 간단하게 BDU(Battery Disconnecting Unit)라 명칭 한다.

2. 본 론

BDU를 구성하는 전기 부품의 종류에는 전류센서, 퓨즈, 프리차지 저항 등이 있다. 전류센서는 배터리의 충·방전 전류를 일정한 시간마다 확인한 데이터를 BMS(Battery Management System)에 제공함으로써 전류를 감시하는 기능을 한다. 퓨즈는 BDU에 일정 시간 이상의 과전류가 흐를 경우, 가용체를 용단하여 과전류로부터 BDU를 보호하는 역할을 한다. 프리차지 저항은 커패시터를 충전할 때, 시정수를 조절하고 부하가 단락되어 갑작스럽게 대전류가 흐를 때, 부하를 보호하는 역할을 한다.

BDU는 고전압 계통에서 차량 시스템을 안정적으로 운영하는 핵심 부품으로써 운전자의 안전과 직접적인 관련이 있는 만큼, 수명 및 신뢰성을 확보하는 것이 가장 중요하다. 따라서 BDU를 구성하는 각 전기 부품의 신뢰성 검증은 반드시 필요하다. 이를 위해 전류센서, 퓨즈, 프리차지 저항 등의 핵심 부품에 적합한 시험 항목을 정립하고, 나아가 BDU의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2.1 전류센서의 신뢰성 검증

전류센서는 일정한 시간마다 전류를 샘플링하여 이에 대응되는 전압으로 출력한다. 수식 (1)을 통해 얻은 이론치의 허용범위 내에 출력전압의 측정치가 포함된다면 전류센서는 정상 동작한다.

$$V_{out} = (V_c/5) * (2.5 + G * I_p) \dots\dots\dots (1)$$

예를 들어, 전류(I_p)가 50A, 이득(G)이 6.67mV/A일 때, 출력전압의 이론치는 2.8335V이다. 허용오차 ±0.05V를 적용한 이론치 2.7835V ~ 2.8835V 범위 내에 출력 전압의 측정치가 포함되면 전류센서는 정상 동작하는 것이다. 이와 같은 방법으로 매순간 샘플링한 전류로 출력 전압을 측정함으로써 전류센서의 동작 관련 신뢰성을 검증할 수 있다.

2.2 퓨즈의 신뢰성 검증

퓨즈가 일시적인 과전류를 얼마만큼 견뎌낼 수 있는지 퓨즈의 용단특성 시험을 통해 검증해야 한다. 이를 위해 퓨즈는 <표 1>에 나와 있는 조건을 만족시켜야 한다. 예를 들어, 퓨즈의 정격 전류가 30A이고, 시험 전류가 33A일 때, 퓨즈는 최소한 4시간 동안 용단되지 않아야 용단 특성을 만족한다.

<표 1> 용단 특성

Test Current [A]	Operating Time	
	Min	Max
110% of rated current	4 h	-
300% of rated current	0.5 s	15 s
500% of rated current	-	1 s

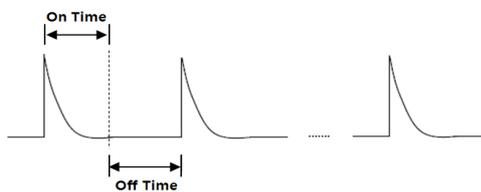
퓨즈가 시험 전류를 인가했을 때, 규정 시간 이내에 용단되지 않은 것을 확인함으로써 퓨즈의 용단특성 관련 신뢰성을 검증할 수 있다.

2.3 프리차지 저항의 신뢰성 검증

짧은 시간을 주기로 배터리 전원의 인가·차단을 반복할 때, 프리차지 저항이 얼마만큼 견뎌낼 수 있는지 저항의 내구성을 파악하기 위해 Key On/Off 시험을 실시해야 한다.

$$I = V / R \dots\dots\dots (2)$$

수식 (2)에서 V는 BDU의 정격 전압, R은 프리차지 저항 값을 나타낸다. 이 수식을 통해 시험 전류의 최대값을 구하고, 그림 <2>과 같은 시험 전류를 저항에 인가한다. 이 때, 그림 <2>에서 On Time은 저항에 전류가 인가되는 시간, Off Time은 저항에 전류가 인가되지 않는 시간을 나타낸다.



<그림 2> Test Current Profile

예를 들어, On Time이 200ms, Off Time이 2sec를 3000회 반복하여 시험할 때, 종료 후에 저항의 단선 및 균열 등이 발생되지 않아야 한다. 즉, Key On/Off 시험 후에 저항이 기능상·외관상으로 이상이 없는 것을 확인함으로써 프리차지 저항의 신뢰성을 확보할 수 있다.

2.4 Electrical Components의 공통적인 신뢰성 검증

전류센서, 퓨즈, 프리차지 저항의 신뢰성을 검증하기 위해 앞서 언급한 시험 이 외에 공통적으로 요구되는 시험으로는 내전압 시험, 염수분무시험, 열충격시험, 진동시험, 단락시험 등이 있다.

일시적인 과전압이 발생 되었을 때, 전기 부품이 이를 견뎌낼 수 있는지 확인하기 위해 내전압 시험을 실시해야 한다.

$$V_{\text{test}} = (\text{Rated of Voltage} * 2) + 1000V \dots\dots\dots (3)$$

이 때, 시험 전압은 수식 (3)을 통해 구할 수 있다. 그러나 이 수식은 미국공업협회의 권장치로써 불변의 원리가 아니라 경험을 통해 얻어진 수식임을 염두에 두어야 한다. 수식을 통해 얻은 시험 전압을 1분 동안 인

가한 후에도 기능상·외관상으로 이상이 없는 것을 확인함으로써 신뢰성을 확보할 수 있다.

자동차는 항상 대기 중에 포함된 염분에 노출 되어 있다. 염수분무 시험은 염분이 포함된 대기에 대한 부품의 저항성을 확인하기 위한 시험으로, 제품에 염용액을 주어진 시간동안 분사한 후에도 기능상·외관상으로 이상이 없어야 한다.

겨울에 자동차를 운행할 경우, 자동차의 온도는 짧은 시간동안 급격하게 변하게 된다. 열충격시험은 이러한 갑작스런 온도변화에 따른 부품의 저항성과 내구성을 확인하고 신뢰성을 확보하기 위해 필요하다.

자동차를 운행 시, 전기 부품으로 인해 발생하는 진동은 승차감이나 부품의 크랙에 영향을 줄 수 있으므로, 진동시험을 통해서 제품의 내진성을 확인해야 한다.

시스템 이상으로 과전류가 흐를 때 부품의 내구성을 파악해야 하므로 단락시험을 해야 한다. 시험 시, 전기 부품은 정해진 시간까지 기능상·외관상으로 이상 없이 전류를 견뎌내야 한다.

3. 결 론

BDU는 전기 자동차의 배터리 전원을 안정적으로 공급·차단하는 핵심 부품으로 이를 구성하는 전기 부품에는 전류센서, 퓨즈, 프리차지 저항 등이 있다.

전기 부품의 신뢰성을 검증하기 위해 일시적인 과전압을 발생시켜 전기 부품이 견뎌내지를 검증하는 내전압 시험, 염분이 포함된 대기에 대한 부품의 저항성을 검증하는 염수분무 시험, 갑작스런 온도변화에 따른 부품의 저항성과 내구성을 검증하는 열충격 시험, 자동차 운행 시 발생하는 진동에 대한 내구성을 검증하는 진동 시험, 과전류가 흐를 때 부품의 내구성을 검증하는 단락시험 등을 통과해야 한다. 또한, 전류센서의 정상 동작 여부에 대한 신뢰성을 검증하고, 퓨즈의 용단 특성에 대한 신뢰성을 검증해야 한다. 배터리 전원의 공급·차단을 반복하여 프리차지 저항의 내구성·신뢰성을 검증해야 한다.

BDU에 전류센서, 퓨즈, 프리차지 저항 등을 탑재하기에 앞서 시험을 통해 신뢰성을 검증할 수 있다. BDU를 구성하는 전기 부품의 신뢰성을 검증함으로써 BDU 뿐만 아니라 전기 자동차의 안전성·신뢰성 또한 확보할 수 있다. 더 나아가 안전성·신뢰성을 확보한 그린카는 대규모 투자, 기술 개발의 가속화 및 보급 촉진에 기여할 것이며 이로써 그린카 시대를 앞당길 수 있는 주역이 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 선양국, “친환경 자동차 개발 및 하이브리드 자동차용 고출력 리튬이온 이차전지 개발 동향”, 한국기술과학연구원
- [2] IEC 60269-1, 저전압 퓨즈 - 제1부 : 일반요구사항, 2009.02.09.
- [3] 유성수, 그린카(Green Car) 표준화 전략, 한국자동차공학회
- [4] 이기상, 그린카 개발 동향, 한국자동차공학회