

친환경자동차 고전압시스템의 전기안전성 통합 평가장비 개발

이기연¹, 임용배¹, 이창준², 채현병²

한국전기안전공사 전기안전연구원¹, 씨티아이코리아(주)²

Development of integrated evaluation system for electrical safety of green-car high voltage system

Ki Yeon Lee¹, Young Bae Lim¹, Chang Jun Lee², Hyun Byung Chae²
KESCO¹, CTI-KOREA²

ABSTRACT

본 논문은 친환경자동차의 보급이 활성화됨에 따라 필수적으로 확보되어야 할 전기안전성을 평가하기 위한 장비개발에 관한 것으로, 기존 장비의 문제점과 효율성을 개선하기 위하여 국제기준에 적합한 통합형 평가장비를 개발하였다. 본 연구를 통하여 개발된 제품을 공인 시험기관에서 성능을 검증하였으며, 검증결과 친환경자동차의 정격에 적합한 측정 장비의 사양을 갖는 것을 확인하였다.

1. 연구 배경

지구 온난화 등 환경문제 대두에 따라 자동차 배기가스 규제와 스마트그리드 보급 활성화에 따라 V2G 기술 등 개발로 전기자동차의 개발, 보급이 가속화 되고 있다. 친환경자동차의 고전압 전기계통은 전기저장장치, 전기전송시스템, 전기구동시스템 등으로 구성되어 있으며, 고전압 전기계통은 DC 60V 이상으로 인체 감전사고의 위험이 존재하기 때문에 사고 예방과 시스템 안정화가 중요한 요소로 나타났다.

친환경자동차는 기존 내연기관과의 구조적 차이로 인하여 감전사고와 화재사고의 위험성이 존재하기 때문에 친환경자동차의 전기안전성 검증을 위한 평가기술 적용과 현장 보급이 요구되고 있다. 또한, 평가기술의 적용과 현장 보급시 국내외 기준에 부합하는 전기안전 성능 확보와 평가기술이 요구된다.

따라서, 본 논문에서는 국내외 기준에 부합하는 전기안전 성능 확보를 위하여 전기적연속성과 절연성능 평가를 위한 통합형 평가장비 개발에 대하여 나타내었으며, 개발된 장비를 이용하여 성능 검증과 평가기술을 정립하였다.

2. 전기안전성 평가기법 분석

친환경자동차 고전압 시스템의 전기안전성 평가항목은 UNECE R100, FMVSS 305(북미), Attachment 101(일본) 등의 국외 규격과 국내 자동차안전기준에 관한 규칙에서 크게 절연성능 평가와 전기적연속성 평가에 대하여 규정하고 있다.

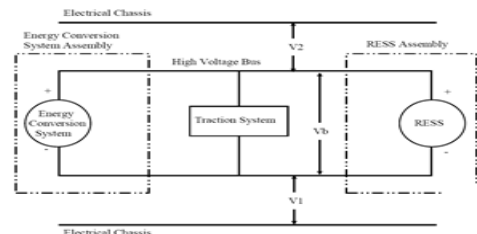
2.1 절연성능 평가 방법

절연성능 평가방법은 차량 외부로부터 직류전압을 인가하여 측정하는 방법과 내부의 직류전원을 이용하여 측정하는 방법 두 가지 방법을 제시하고 있다[1].

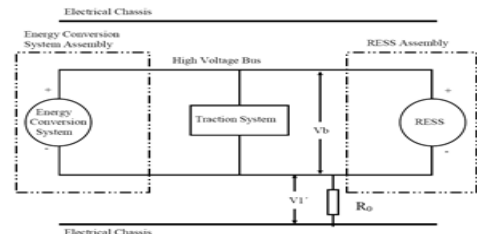
외부로부터 직류전압을 인가하여 측정하는 방법은 고전압 버스의 작동 전압보다 높은 DC 전압을 인가할 수 있는 절연저항 시험기를 사용하며, 활선도체부와 전기적 새시 사이를 접속한 후 고전압 버스의 작동전압보다 높은 DC 시험전압을 인가하여 측정한다.

내부의 직류전원을 이용하여 측정하는 방법은 내부 저항이 최소 10[MΩ] 이상인 DC 전압계를 이용하여 측정한다. 측정은 그림 1에 나타난 것과 같이 먼저 고전압 버스 전압(Vb)를 측정하고 고전압 버스의 (-)와 전기적 새시 사이 전압 V1, 고전압 버스의 (+)와 전기적 새시 사이 전압 V2를 측정한다. 만약 V1이 V2 보다 크거나 같다면, 고전압 버스의 (-)측과 전기적 새시 사이에 표준 기지 저항 Ro를 삽입하고, Ro가 설치된 상태로 고전압 버스의 (-)측과 전기적 새시 사이의 전압 V1'를 측정한다. 측정 후 절연저항 Ri는 다음 식에 따라 계산한다.

$$R_i = R_o \cdot (V_b / V_1' - V_b / V_1) \text{ or } R_i = R_o \cdot V_b \cdot (1 / V_1' - 1 / V_1)$$



(a) Measurement of Vb, V1, V2



(b) Measurement of V1'
그림 1 절연성능 평가 방법

Fig 1 Measurement Method of Isolation Resistor

2.2 전기적 연속성 평가 방법

전기적연속성 시험 방법은 저항측정 장비를 이용한 방법과 직류전원공급기, 전압계, 전류계를 이용한 방법 두 가지를 제시하고 있다[1].

저항측정 장비를 이용한 방법은 측정지점에 저항 시험기를 연결하고 최소 0.2A 이상의 시험전류를 흘려 저항을 측정한다.

직류전원공급기, 전압계, 전류계를 이용한 방법은 그림 2와 같이 시험장치를 구성한 후 최소 0.2A 이상 시험전류를 흐르도록 시험전압을 조절한다. 이 때 시험전압과 시험전류를 측정하여 전기적연속성 저항을 계산하여 산출한다.

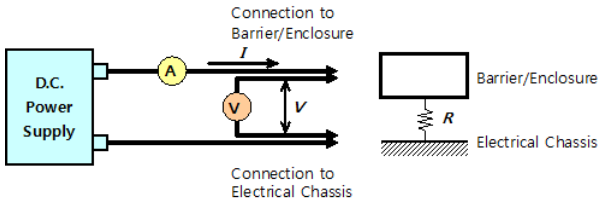


그림 2 전기적연속성 측정 방법
Fig 2 Measurement Method of Electrical Continuity

3. 전기안전성 통합형 평가장비 개발

3.1 전기안전성 평가장비 사양 도출

전기안전성 평가장비 사양 도출을 위하여 HV, HEV, PHEV 등의 사양을 확인할 필요가 있다. 친환경자동차 구동축전지의 사양은 일반적으로 100[Vdc] 이상의 구동축전지를 사용하고 있으며, 최근 판매되고 있는 EV는 330~400[Vdc]의 정격전압을 갖는 것으로 분석되었다. 또한, 연료전지버스의 경우 880V의 정격전압을 갖는 것으로 분석되었다.

따라서, 절연성능 평가를 위한 시험전압은 100~1000[Vdc] 인가가 가능해야하며, 시험전압의 조절단위는 최소 50[Vdc]단위 이하여야 한다[2, 3].

또한, 절연성능 평가 기준에 따라 100[Ω/V]에 적합한 결과를 얻기 위해서는 최소 10[kΩ] 이상 1[kΩ] 단위의 측정 분해능을 갖아야 한다.

전기적연속성 평가를 위한 시험전류는 시험방법에 따라 0.2A 이상의 시험전류를 인가할 수 있어야 하며, 평가 기준에 따라 0.1[Ω] 이하 0.01[Ω] 단위의 측정 분해능을 갖아야 한다.

3.2 전기안전성 통합형 평가장비 개발

전기안전성 통합형 평가장비 개발을 위하여 최소 요구사양인 시험전압, 시험전류, 측정 분해능을 분석하였으며, 각각의 사양에 적합한 다출력 DC DC 컨버터 전원부를 설계하였다.

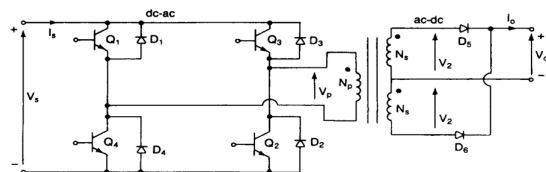


그림 3 승압형 Full Bridge Converter 구성도
Fig 3 Schematic of Step up Full Bridge Converter

전원부는 광대역 전압제어 DC DC 컨버터 설계를 위하여 그림 3에 나타난 것과 같이 입력전원 9[V]를 이용한 승압형 Full Bridge DC DC 컨버터를 설계하였으며, 그림 4에 나타난 것과 같이 시험전압 출력제어를 위한 Hard Switching Flyback 컨버터를 설계하여 듀얼모드 DC DC 컨버터를 설계하였다. 그

림 3과 4에 나타난 컨버터 구성도에 대하여 그림 5와 같이 장비 설계구성과 개발품을 나타내었다.

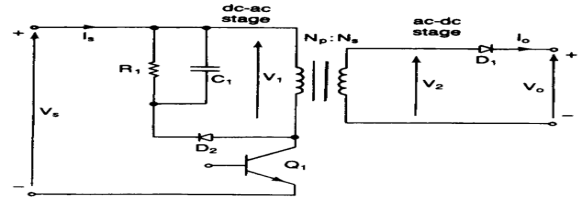


그림 4 제어용 Flyback Converter 구성도
Fig 4 Schematic of Flyback Converter for Voltage control

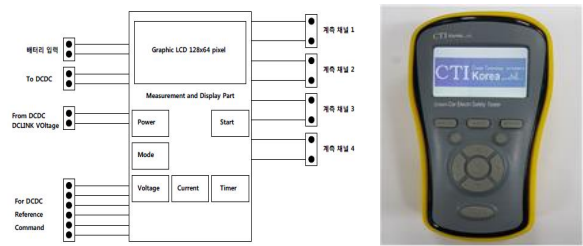


그림 5 통합형 평가 장비 개발품
Fig 5 Development of Integrated Evaluation Equipment

4. 결 론

본 연구를 통하여 개발한 전기안전성 통합형 평가장비에 대하여 공인시험기관에 성능 시험을 통하여 성능을 검증하였다. 성능시험을 위한 주요 지표로 절연시험전압 및 조절단위, 절연시험 최대 단락전류, 절연 측정 분해능, 전기적연속성 시험 전압 및 시험전류, 측정 정확도 등에 대하여 검증하였다.

성능 시험 검증 결과는 다음과 같다.

- (1) 절연 성능 시험 : 시험전압 최대 1,000[V], 시험전압 조절단위 50[V], 최대시험단락전류 20[mA], 측정 분해능 1[kΩ]
- (2) 전기적연속성 시험 : 시험전류 최대 1[A], 측정범위 0.1 [Ω] 이하 0.001[Ω] 단위
- (3) 측정 정확도 3% 이하

이상과 같이 본 연구를 통해 개발된 장비를 이용하여 친환경자동차의 전기안전성시 기준 장비로 측정 불가능한 요소를 해결하였으며, 2가지 장비를 사용해야하는 문제점을 해결하여 평가의 효율성을 증대시켰다.

참 고 문 헌

- [1] ECE Regulation 100, "Uniform provisions concerning the approval of battery electric vehicles with regard to specific requirements for the construction and functional safety", UN2013.
- [2] 김향근 외 3, "친환경자동차의 인체안전을 위한 전기적연속성 측정 연구", 대한전기학회논문지 Vol.58P, No.3, pp.351-356 2009.
- [3] 이기연 외 3, "친환경자동차의 전기안전을 위한 절연저항 측정에 관한 연구", 대한전기학회논문지 Vol.58P, No.4, pp.597-601 2009.