

친환경 전기자동차 고전압 절연안정성 측정시스템에 관한 연구

유동주^{1*}, 채현병²

¹선문대학교 기계공학과, ²씨티아이코리아(주)

A Study on the Measurement System for High Voltage Insulation Stability of Eco-friendly Electric Vehicles

Dong-Joo Yoo^{1*}, Hyun-Byeong Chae²

¹Department of Mechanical Engineering, Sun Moon University

²CTI-KOREA Co., Ltd.

요약 본 논문은 친환경자동차 절연안정성을 측정하기 위한 시스템 개발에 관한 연구이다. 최근 친환경자동차 보급이 증가하고, 모터 효율 및 주행 거리를 높이기 위해 고전압배터리 에너지 용량이 100[kWh]까지 증가하고 있다. 친환경자동차 고전압배터리의 안전 운행은 고전압배터리 절연 및 전기적 연속성 측정과 검증을 통해 안정성을 확보할 수 있다. 시스템은 절연저항 2채널, 전기적 연속성 4채널, 12비트 MCU 그리고 24비트 ADC를 사용하여 정밀한 분해능을 갖도록 구성하였다. 차종별 고전압배터리의 절연안정성을 측정하기 위한 시험전압은 100~1,000[V_{DC}]이며, 전기적 연속성은 0.2~1[A_{DC}] 사이 정전류를 0.1[A_{DC}] 간격으로 측정할 수 있다. 플라이백 컨버터를 채용하여 절연성과 스위칭에 대한 EMI 출력잡음 제거 등 PWM 미세 제어하였다. 시스템 평가는 공인시험기관에서 국내외 고전압 시험 기준에 맞추어 절연안정성과 전기적 연속성 항목을 시험하였다. 절연안정성은 100[V_{DC}]~1,000[V_{DC}]을 200[V_{DC}] 간격으로 절연 성능을 측정하였을 때 표준편차는 0.011이었다. 전기적 연속성은 기준저항을 0.2[Ω], 0.1[Ω], 그리고 0.01[Ω]로 변경하면서 각 저항에 대한 전기적 연속성 측정된 표준편차는 0.0024으로 측정시스템의 높은 정확도를 나타냈다.

Abstract This paper discusses the development of a system for measuring the insulation stability of eco-friendly vehicles. In recent years, the spread of eco-friendly vehicles has increased, and the energy capacity of high-voltage batteries has been increased to 100 kWh to increase motor efficiency and mileage. The safe operation of high-voltage batteries for eco-friendly vehicles can ensure stability through high-voltage battery insulation and electrical continuity measurement and verification. The test voltage for measuring the insulation stability of high-voltage batteries for each vehicle model is 100-1,000 VDC, and the electrical continuity can be measured at 0.1-ADC intervals between 0.2 and 1 ADC. System evaluation was conducted by an accredited testing institution in accordance with domestic and foreign high-voltage test standards, and the insulation stability and electrical continuity items were tested. The standard deviation was 0.011 when the insulation performance was measured at intervals of 100-1,000 VDC at intervals of 200 VDC. Electrical continuity changed the reference resistors to 0.2 Ω, 0.1 Ω, and 0.01 Ω, and the standard deviation measured for electrical continuity for each resistor was 0.0024, indicating high accuracy of the measurement system.

Keywords : Eco-Friendly Vehicles, High Voltage, Integrated Type, Portable, Evaluation Equipment

This work was supported by the Sun Moon University Research Grant of 2021.

*Corresponding Author : Dong-Joo Yoo(Sun Moon Univ.)

email: djyoo1024@sunmoon.ac.kr

Received April 27, 2023

Revised June 20, 2023

Accepted July 7, 2023

Published July 31, 2023

1. 서론

1.1 친환경자동차 고전압 안전성 측정

친환경자동차 고전압 전기계통 시스템은 고전압 배터리, 인버터, 구동모터 그리고 전기히터시스템 등의 고전압 부품으로 구성되어 있으며, DC 60 [V] 이상 고전압 작업할 때는 인체 감전 사고 예방과 고전압 안정화가 중요한 요소이다. 기존 내연기관과 구조적 차이로 인체 감전사고와 화재사고 위험성이 높으며, 전기안전성 검증을 위한 평가기술 적용과 현장 보급이 요구됨에 따라서 세계기술기준(GTR; Global Technical Regulation)에 부합하는 전기안전 성능 확보 및 평가를 요구되고 있다. 친환경자동차내 고전압시스템의 절연성능이 저하되면 고전압시스템 외함으로 누설전류가 흐르게 되고, 누설전류로 인하여 사용자 등이 외함과 연결된 전기적 새시를 접촉하게 됨으로써 감전사고가 발생할 수 있다.

UNECE(UNECE; The United Nations Economic Commission for Europe) WP 29에서는 고전압시스템에 대한 안전규격(UNECE R100)을 제정하고 완성차 제조업체에서 이 규격을 만족하는 친환경자동차를 생산하고 있다. UNECE R100에서는 친환경자동차의 전기적 안전성 시험 기준 및 시험방법을 규정하고 있으며 육안 검사 등을 제외한 시험 항목은 크게 전기적 연속성 시험과 절연성능 시험을 규정하고 있다[1,2].

1.2 전기적 연속성 평가

전기적 연속성 평가는 친환경자동차 자체의 노출 도전부와 전기적 새시부위와 충전을 위한 커플러의 전기적 연속성 검사가 매우 중요하다. 모든 노출 도전부와 전기적 새시 사이에 최소 0.2[A] 이상의 전류를 흘렸을 때 측정 저항값은 0.1[Ω] 이하이어야 한다. 시험방법은 저항 측정기를 이용하는 방법과 직류전원공급기, 전압계, 전류계를 이용하여 시험하는 방법이 있다.

저항 측정기를 이용하는 방법은 측정 지점으로 전기적 새시와 전기 전도성 전기적 보호 장벽 사이에 저항 측정기를 연결하고 다음 사양을 만족하는 저항시험기를 사용하여 저항을 측정한다. 저항 측정기 사양은 최소 0.2[A] 0.01[Ω] 이하 측정 해상도와 저항은 0.1[Ω] 이하를 측정할 수 있어야 한다. 직류전원공급기와 전압계, 전류계를 이용하여 시험방법은 Fig. 1과 같이 고전압 측정 위치에 직류 전원공급기와 전류계, 전압계를 연결 후에 0.2[A] 이상을 인가하여 저항값을 산출하는 방식이다.

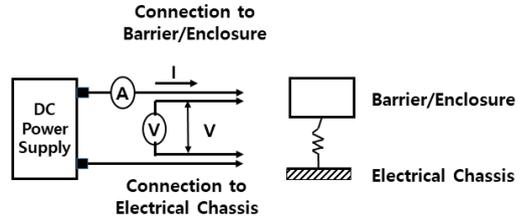


Fig. 1. Measurement method of electrical continuity.

1.3 절연성능 평가

자동차 안전기준에 따른 고전압 전기계통의 절연안정성 측정 방법은 RESS(RESS; Rechargeable Energy Storage System) 전압측정을 통한 절연 안정성 계산에 의한 측정 방법, 절연 측정기를 이용한 측정 방법, 전기계통 상태에 따라 기존 장비 활용하여 시험 조건 및 측정 범위를 교정하여 사용하는 방법 등이 있다.

차량 내부의 RESS 직류전압을 사용하여 측정하는 방법은 다음과 같다. 먼저 시험 차량 조건으로 고전압 버스는 차량 내부의 RESS 또는 에너지 변환 시스템에 의해 전원이 공급되어야 하며, RESS 또는 에너지 변환 시스템의 전압 레벨은 제조사에서 명시한 최소 표준전압 이상이어야 한다. 시험에 사용되는 직류 전압계의 내부저항은 최소 10[MΩ]이다[3,4].

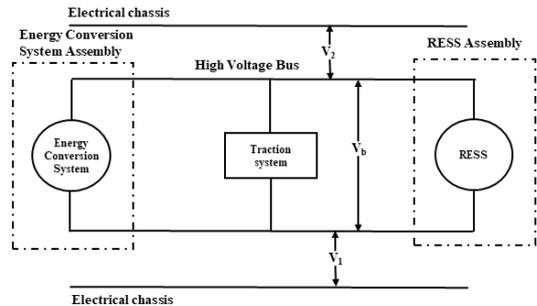


Fig. 2. Insulation performance measurement method.

측정 방법은 Fig. 2와 같이 고전압 버스 전압(V_b)을 측정한다. 또한, 고전압 배터리 (-)측과 전기적 새시 사이의 전압 V_1 을 측정하고, 고전압 배터리 (+)측과 전기적 새시 사이의 전압 V_2 를 측정한다.

V_b , V_1 , V_2 의 전압 측정 후 V_1 이 V_2 보다 크거나 같다면, 고전압 버스의 (-)측과 전기적 새시 사이에 표준 기지 저항 R_0 를 삽입하고, R_0 가 설치된 상태로 고전압 버스의 (-)측과 전기적 새시 사이의 전압 V_1' 을 측정한다. 절연저항 R_i 는 Eq. (1)과 같이 계산한다.

$$R_i = R_o * (\frac{V_b}{V_1} - \frac{V_b}{V_1'}) \quad (1)$$

Where, Ri denotes insulation resistance, Ro denotes standard base resistance, Vb demotes high voltage bus, Vi denotes voltage between high voltage battery (-) and electrical chassis, V1' donates the voltage between the high voltage bus (-) and the electric chassis with inserted resistor.

고전압 버스의 (+)측과 전기적 새시 사이에 표준 기저 저항 Ro를 삽입하고, Ro가 설치된 상태로 고전압 버스의 (+)측과 전기적 새시 사이의 전압 V2'를 측정한다. 절연저항 Ri는 Eq. (2)와 같이 나타낸다.

$$R_i = R_o * (\frac{V_b}{V_2} - \frac{V_b}{V_2'}) \quad (2)$$

Where, Ri denotes insulation resistance, Ro denotes standard base resistance, Vb demotes high voltage bus, V2 denotes voltage between high voltage battery (-) and electrical chassis, V2' donates the voltage between the high voltage bus (+) and the electric chassis with inserted resistor.

V1, V2의 크기에 따라 Eq. (1) 또는 Eq. (2)에 의해 계산된 전기적 절연 값 Ri[Ω]를 고전압 배터리의 고전압으로 나누면 절연저항[Ω/V] 값이 된다.

1.4 국내 절연 안정성 기준

국내 친환경자동차의 '자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙' 중 고전원 전기장치 절연 안정성 등에 관한 기준(제18조의 2 및 제18조의 4 제1항 제3호 관련) <개정 2022. 10. 26> 전기안전성 확보를 위한 기준은 노출 전기 전도부와 전기적 새시사이 저항은 0.1 [Ω] 미만이어야 하며, 직류회로 및 교류회로가 독립적으로 구성되었을 때 절연저항은 100[Ω/V_{DC}], 500[Ω/V_{AC}] 이상이며, 직류회로와 교류회로가 혼합되었을 때 절연저항은 500[Ω/V]이다[5].

본 연구에서는 절연 측정기를 이용하여 차량 외부로부터 직류전원을 인가하여 측정하는 방식으로 고전압 배터리의 공급전압보다 높은 직류전압을 인가하여 절연저항계를 사용하여 측정한다. 측정은 절연저항계를 측정하고자 하는 활선 도체부와 전기적 새시 사이를 접속한 후 고전압 배터리 공급전압보다 높은 시험전압을 인가하여 측

정한다.

측정기는 고전압배터리 전압보다 큰 전압으로 시험전압을 설정할 수 있어야 하며, 시험전압 범위는 100~1,000[V_{DC}]이어야 한다. 절연성능 평가 기준은 100[Ω/V_{DC}], 500[Ω/V_{AC}] 이상에서 시험전류는 직류 10[mA], 교류 2[mA]일 때 성능 적합 여부를 판단할 수 있어서 10[mA] 이상까지 출력할 수 있어야 한다.

계측전압 해상도는 고전압배터리의 작동전압범위 (100~1,000[V])에 따라 평가 기준을 적용하면, 10 [kΩ](100[V]일 때)부터 측정할 수 있어야 한다. 차종에 따라서 전기적 접속상태 평가를 위한 전압은 25[V], 0.2[A] 이상 공급해야 하며, 측정 해상도는 0.1[Ω] 이하이며 최소 0.01[Ω] 이하까지 측정할 수 있어야 한다. Table 1 은 친환경자동차의 절연안정성 측정하기 위해 개발한 핸디 타입 절연 안정성 시스템 최소 사양을 나타낸 것이다.

Table 1. Handy Type High Voltage Insulation Stability Evaluation System.

Spec.	Eco-Friendly Vehicles
Test Voltage	100 ~ 1,000 [VDC]
Max. short current (Insulation state)	20 [mA]
Insulation resistance range	> 1 [kΩ] (1 [kΩ]) step

2. 고전압 절연안정성 측정시스템

2.1 절연안정성 측정시스템

일반적 절연 안정성 측정시스템은 콘덴서와 제너다이오드 수동소자와 DC-DC 컨버터, 그리고 PWM 변조기, 정류회로를 사용하여 단일 직류전압 출력하는 방식으로 차종별 에너지 용량이 다른 친환경자동차 절연안정성을 측정하는 데 어려움이 있다. 제1세대 친환경자동차 고전압배터리 전압은 150[V_{DC}]으로 시판되었고, 최근 친환경자동차의 고전압배터리 전압이 800[V_{DC}]까지 장착되어 모터 효율과 친환경자동차 주행거리를 증가하는 추세이며, 친환경자동차 절연안정성 시험전압이 1,000[V_{DC}] 이상 측정해야 하는 상황이다. 따라서 다양한 차량의 시험전압, 전류를 출력하기 위한 광대역 절연측정기가 요구되고 있다[6].

Fig. 3은 친환경자동차 고전압배터리의 절연안정성 측정시스템 블록도 이다. 시스템 구성은 입력부, 제어부

그리고 출력부로 구성된다. 입력부는 친환경자동차의 직류시험 전압과 전류 측정값을 입력한다[7].

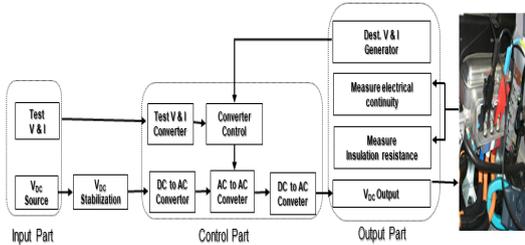


Fig. 3. Insulation stability measuring system.

Fig. 4는 전기적 연속성의 전압 변화를 측정한 결과이다. 입력 전원은 리튬배터리이며 승압형 DC-DC 컨버터 채용하였고, 0[V_{DC}]에서 40[V_{DC}]으로 천이한 출력 파형을 나타낸다. Y축은 20[V] 간격이며, X축은 2[S] 간격이다. 절연성능 제어부는 정전압 제어를 위한 전류 한계치까지의 최대시험 단락전류 제어를 설계하였다.

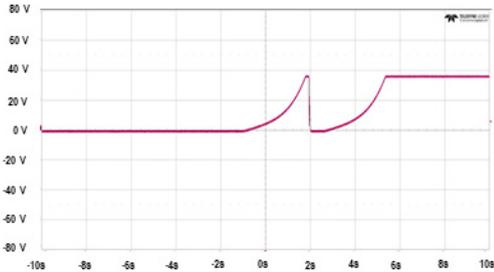


Fig. 4. Electrical continuity voltage change waveform.

출력부는 친환경자동차의 절연저항 및 전기적 연속성 시험 전원이 시험측정영역에 포함되는지 판단하는 역할을 한다. 광대역 전압 및 전류의 출력에 대한 정밀 조정은 플라이백 컨버터를 채용하여 절연성과 스위칭에 대한 EMI 출력잡음 제거 등 PWM 정밀 조정 제어하였다[8].

시험전압 범위는 100~1,000[V_{DC}]이며, 입력부에 설정된 전압[V_{DC}]으로 출력제어를 할 수 있다. 출력전류 범위는 전기적 접속상태를 평가하기 위해 0.2[A_{DC}] ~1[A_{DC}]에서 0.1[A_{DC}] 간격으로 출력 제어하였으며, 측정범위는 10[k Ω] 이상에서 1[k Ω] 간격으로 측정할 수 있다.

부가적으로 전기적 안전 보호 기능으로, 전기계통 절연전압 측정 시 고전압배터리 측정전압 30[V] 이상일 때 비정상상태 감지할 때와 연속전류가 감전사하고 위험 범위인 50[mA_{DC}] 이상일 때 사용자 경고 알람기능을 추가

하였다. 사용자 중심의 오토모드 시험 프로세스 제작하여 시험 조건에 최적화된 자동 설정 시험 프로세스 기능과 자동차 안전기준에 최적화된 Pass/Fail 자동 평가 프로세스 기능을 추가하였다.

2.2 절연안정성 시험

본 시스템의 절연 안정성을 확인하기 위하여 공인인증기관인 한국전기안전공사 전기안전인증센터에서 시험 평가하였다.

시험평가 방법은 국내의 시험평가 수준에 맞게 실시하였고, 전기안전인증센터가 보유하고 있는 교정시험기를 이용하여 7개 항목에 대하여 시험 평가하였다. 그중 고전압 절연 측정하기 위한 필수항목의 시험 결과를 나타내었다.

2.2.1 절연저항 출력전압측정

Fig. 5는 절연저항 단자를 측정하기 위한 250 [V_{DC}] 전압 파형을 나타낸다. Y축은 DC 100[V] 간격이며, X축은 50x10⁻⁹[S] 간격이다.

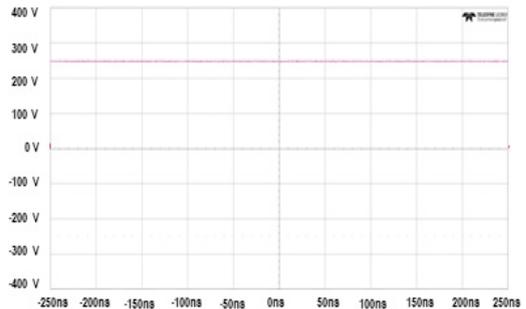


Fig. 5. 250[VDC] for measuring insulation resistance.

Table 2는 절연저항 단자를 디지털 멀티미터에 연결하여 절연저항 단자를 개방한 상태에서 100[V_{DC}] ~1,000[V_{DC}]까지 100[V_{DC}] 간격으로 변화시켜 가면서 측정하였다.

계측기는 오실로스코프에 고전압 프로브를 연결하여 디지털 멀티미터와 오실로스코프 출력값을 기록하였다. 사용한 계측기는 디지털 멀티미터(Fluke 87V), 오실로스코프(Lecroy HD4104), 고전압 측정 프로브(Schaffner HD200)이다. 측정 결과의 평균오차는 -0.48[%], 표준편차는 0.003이었다.

Table 2. Insulation resistance output voltage measurements.

Mode Voltage	Output Voltage	Measured Voltage	Measured Error
100V	111.3	112.4	-0.98%
200V	209.9	211.8	-0.90%
300V	307.5	309.9	-0.77%
400V	407.8	410.5	-0.66%
500V	506.9	509.6	-0.53%
600V	608.6	611.2	-0.43%
700V	709.3	711.6	-0.32%
800V	809.9	811.5	-0.20%
900V	912.6	913.1	-0.05%
1,000V	1009.2	1008.9	0.03%

2.2.2 절연저항 측정

Table 3은 고전압배터리 전압별 절연저항을 측정하였고 기준저항계를 연결하여 측정값을 표시하였다.

Table 3. Insulation resistance measurements.

Mode Voltage	Reference Resistor	Measured Resistor	Measured Error
100V	10	10.1	-0.99%
	50	49.9	0.20%
	100	99.4	0.60%
300V	10	10.2	-1.96%
	50	50	0.00%
	100	99.6	0.40%
500V	10	10.2	-1.96%
	50	50.1	-0.20%
	100	100.5	-0.50%
700V	100	99.6	0.40%
	1000	1000	0.00%
	10000	9800	2.04%
900V	100	99.5	0.50%
	1000	1000	0.00%
	10000	9800	2.04%
1,000V	100	99.5	0.50%
	1000	1000	0.00%
	10000	9800	2.04%

측정전압은 100[V_{DC}]~1,000[V_{DC}]을 200[V_{DC}]단위로 3개 저항값의 절연저항 측정한 결과이며, 평균오차는 0.17[%]이었으며, 표준편차는 0.01이었다.

2.2.3 전류 연속성 측정

Table 4는 전기적 연속성 출력단자를 기준저항기에

연결하여 측정한 결과이다. 기준저항은 0.2[Ω], 0.1[Ω], 이며, 각 기준저항에 대한 접지 연속성을 측정한 값이다. 평균오차는 -0.72[%], 표준편차는 0.0024이었다.

Table 4. Current continuity measurements.

Mode Current	Reference Resistor	Measured Current	Measured Error
1A	0.2	0.203	-1.48%
1A	0.1	0.102	-1.96%

Fig. 6은 1[A] 전류의 전기적 연속성 측정시험을 한 표본을 나타낸 것이다, 여기서, 설정 전압은 5[V], 전류는 1[A]이다. 전기적 연속성 측정 결과, 저항은 102.6[mΩ], 전류는 1003[mA], 전압은 0.12[V]를 나타냈다.

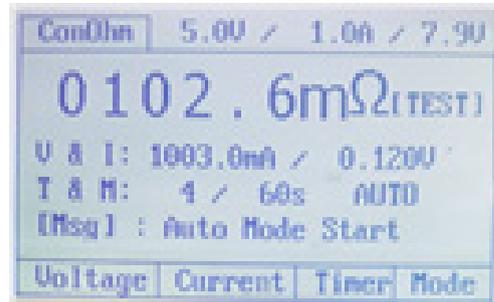


Fig. 6. Current 1[A] Continuity measurement output display.

2.3 실차 절연안정성 측정

Fig. 7은 개발한 측정기를 사용하여 친환경 자동차의 안전 플러그 단자에서 절연안정성을 측정한 것이다. 시험 항목 및 기준은 국내 안전기준 근거로 고전압 전기장치의 노출 도전부(고전압배터리, 인버터, 모터 등)와 차량의 전기적 새시 사이를 측정해야 한다. 전기적 연속성 측정에 사용하는 전압값 및 전류값은 친환경 자동차별 시험전압 및 전류를 노출 도전부와 전기적 새시사이에 인가하여 양단간에 저항값을 측정한 것이다. 일반적으로 모터나 인버터의 측정이 어려운 경우 배터리 외함과 전기적 새시를 측정하는데 차량 앞과 뒷부분에서 측정할 수도 있다.

전기적 새시의 코팅 등으로 전기가 잘 흐르지 않을 수 있으므로, 주변에 전기적 새시와 체결된 볼트 등 전기가 잘 통하는 곳에 연결하여 측정한다.

친환경자동차 배터리는 PHEV, EV, 그리고 FCV에 따라 다르지만 Fig. 7과 같이 배터리팩에서 외부로 인출되

는 고전압 케이블은 조인트 박스에 연결되어 있으며 오렌지색상으로 나타낸다. 조인트박스는 고전압 접속단자 고전압 단자와 프리릴레이들과 급속 및 완속 충전 릴레이로 구성되어 있다. 고전압 단자의 (+) 또는 (-)단자와 전기적 새시 사이를 접속한 후 절연안정성을 측정한다. 배터리 절연안정성은 V_{DC} 검사, 즉 $100[\Omega/V]$ 기준으로 측정하며, 모터 출력부인 3상 단자의 절연성은 V_{AC} 검사 ($500[\Omega/V]$) 기준으로 측정한다. 모터는 교류 형태로 3상 전원을 사용하기 때문에 V_{AC} 검사로 진행한다.



Fig. 7. Insulation Measurement of Safety Plug Terminal Using Insulation Measuring Instrument.

3. 결론

본 논문은 친환경자동차 절연안정성을 측정하기 위한 시스템에 관한 연구이다. 최근 친환경자동차의 수요가 증가하고, 모터 효율 및 주행거리를 높이기 위해 고전압 배터리 에너지 용량이 증가하는 추세이다.

공인시험기관에서 측정한 절연안정성 시험 항목 중에서 절연성능 항목의 표준편차는 0.011이고, 전기적 연속성 항목의 표준편차는 0.0024이었다. 따라서 본 연구에서 개발한 측정시스템에서 측정한 평균오차와 표준편차 결과가 높은 정확도를 나타낸 것을 알 수 있다. 따라서 친환경자동차 절연안정성 측정시스템으로 적절한 것을 알 수 있다. 친환경자동차 안전 운영을 위해서는 절연 및 전기적 연속성 측정과 검증을 통해 지속적인 안전성 확보와 지속적으로 측정시스템 개발과 안전교육이 요구된다.

References

[1] UNECE. Minimum inspection requirements for electric and hybrid electric vehicles, Informal document WP.29-165-05 (165th WP.29, 10-13 March 2015,

agenda item 7.2.), Available From: <https://unece.org/DAM/trans/doc/2015/wp29/WP29-165-05e.pdf> (accessed March. 7. 2022)

- [2] UNECE. AGREEMENT CONCERNING THE ESTABLISHING OF GLOBAL TECHNICAL REGULATIONS FOR WHEELED VEHICLES, EQUIPMENT AND PARTSWHICH CAN BE FITTED AND/OR BE USED ON WHEELED VEHICLES, (ECE/TRANS/132 and Corr.1) Available From: https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ece_tr132cor.pdf (accessed March. 7. 2022)
- [3] United Nations Treaty Collection: Agreement Concerning the adoption of uniform conditions for periodical technical inspections of wheeled vehicles and the reciprocal recognition of suchinspections, Addendum 2 - Rule No. 2., Available From: https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TR EATY&mtdsg_no=XI-B-31&chapter=11&clang=en (accessed March. 7. 2022)
- [4] United Nations Digital Library. Concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these Prescriptions, Addendum 99: Regulation No. 100 Revision 2, Available From: <https://digitallibrary.un.org/record/227567#record-files-collapse-header>
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport Rules on the Performance and Standards of Automobiles and Automobile Parts [Enforcement on January 1, 2023] [Ordinance of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport No. 1155, October 26, 2022, Partially amended]
- [6] Yoo, Dong-Joo, "Trends in the development of eco-friendly automotive technology" The Magazine of the IEIE, Vol.42, No.9, 38-48., 2015.
- [7] Jiaxi Q, Lin Y, Jianhui H, Qisheng Z, "A novel series connected batteries state of high voltage safety monitor system for electric vehicle application", The Scientific World Journal, Vol. 30, Sep. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/261313>
- [8] Gatalina Gonzales-Castano, Carlos Restrepo, Samir Kouro, Enric Vidal-Idiarte, Javier Calvente "A Bidirectional Versatile Buck-Boost Conerter, Driver for Electric Vedhicle Applications", Sensor(Basel), Vol.21, No.17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21175712>

유 동 주(Dong-Joo Yoo)

[정회원]



- 1989년 2월 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 2021년 2월 : 아주자동차대학 친환경자동차전공 교수
- 2021년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

친환경자동차시스템, 차량네트워크, 센서 인터페이싱

채 현 병(Hyun-Byeong Chae)

[정회원]



- 1993년 2월 : 단국대학교 전자공학과 (공학학사)
- 2003 7월 : 호서대학교 첨단대학원 전파광파학과 (공학석사)
- 1993년 1월 ~ 1998년 7월 : 텔레다인 르크로이 마케팅메니저
- 2009년 2월 ~ 현재 : 씨티아이코리아(주) 대표이사

<관심분야>

신재생에너지, 2차전지, xEV, 정보통신, 측정솔루션