150kW급 전기자동차용 SiC/IGBT 인버터 활용에 따른 주행거리 비교

황대연, 주동명, 현병조, 박준성, 김진홍, 최준혁
한국전자기술연구원 전력제어시스템 연구센터

Comparison of mileage based on use of SiC/IGBT inverter for 150kW electric vehicles

Dae Yeon Hwang, Dongmyoung Joo, Byong Jo Hyon, Joon Sung Park, Jin-Hong Kim, Jun-Hyuk Choi
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

ABSTRACT

본 논문은 전기차용 150kW급 IGBT/SiC 인버터 활용에 따른 주행거리 특성을 비교한다. 비교를 위해 1200V/600A 사양의 동일 패키지의 전력 모듈이 탑재된 인버터의 성능시험을 수행하였으며, 시험 결과를 기반으로 다양한 주행사이클에 대입하여 주행거리를 산출하고 비교한다.

1. 서 론

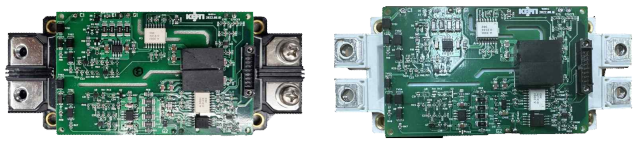
최근 기후 변화 및 환경 문제를 억제하고자 온실가스 배출량을 저감 하는 탄소중립 기조에 대응하기 위해 교통 분야에서는 전기 자동차, UAM/PAV, 전기선박 등 친환경 이동수단에 대한 관심과 연구가 증가하고 있다. 특히 전기자동차 분야에서는 배터리 충전 효율 향상 및 트랙션 전동기 구동 범위 확장을 위해 차세대 전력반도체로 평가받는 WBG(Wide Band Gap) 계열 전력반도체를 채택하여 전력변환기기의 전력반도체를 기존 Si(Silicon) 계열 전력반도체와 WBG 계열 전력반도체를 비교 및 전환하는 연구가 진행되고 있다[1,2].

고성능, 고신뢰성 전력변환기술이 요구되는 친환경 자동차 분야에서 WBG 계열 소자 중 SiC(Silicon Carbide)소자를 선택하여 적용하는 사례가 증가하고 있으며, 가격적으로 이점이 있는 기존 Si 계열 소자 대신 고성능의 WBG 소자로 전환하기 위해서는 전력반도체 전환을 통해 인버터 시스템의 효율 개선에 대해 정량적으로 확인 할 필요가 있다.

본 논문은 전기자동차용 150kW급 인버터에 적용하기 위한 IGBT와 SiC 전력반도체의 성능 시험 결과를 기반으로 다양한 주행사이클에 대입하여 IGBT/SiC 인버터의 주행거리 개선율을 도출하고 비교한다.

2. 시험용 인버터 사양

본 논문에서 IGBT/SiC 인버터의 성능 비교를 위해 선정한 시험용 모듈은 그림 1과 같다. 두 모듈은 1200V/600A급으로 같은 전압/전류 사양과 동일한 패키지의 IGBT(FF600R12ME4, Infineon)와 SiC(BSM600D12P3G001, Rohm)을 선정하였으며, 게이트드라이버는 게이트전압과 Turn-on/off 저항을 제외하고 동일하게 제작하였다. 그림 2는 두 전력모듈을 활용한 인버터



(a) (b)

그림 1 전력 모듈 및 게이트 드라이버, (a) SiC, (b) IGBT
Fig. 1 Power Modules and Gate Drivers, (a) SiC, (b) IGBT

그림 2 비교 시험용 인버터
Fig. 2 The inverter for comparative testing

표 1 전력모듈-게이트드라이버 파라미터
Table 1 Power module-Gate driver parameters

Parameters	Value	Unit
Rated Power	150	kW
DC-link Voltage	600~800	V
Rated Output Current	400	Arms
DC Capacitor	720	uF
Cooling Method	Liquid Cooling	-
Position Sensor	Resolver	-

를 나타내며 인버터의 주요 사양은 표1과 같다.

3. 비교 시험 결과 및 주행거리 향상률 분석

비교 시험을 위해 제작한 인버터의 다이나모 시험환경은 는 그림 3과 같다. 두 인버터는 DC 전압 700V, 스위칭 주파수 9kHz로 동작하며 시험용 다이나모와 연결하여 부하시험을 수행하였다. 시험 결과는 그림 4와 같이 인버터 효율 측정데이터를 기반으로 나타낸 효율맵이며, 각 인버터의 최대 효율은 최

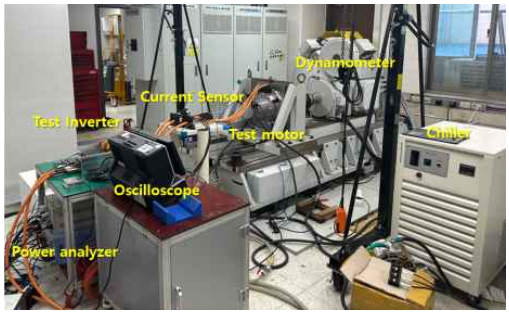
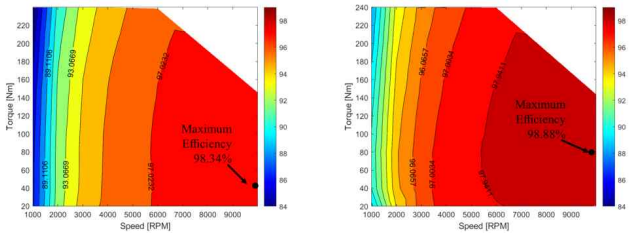


그림 3 인버터 시험환경
Fig. 3 The inverter test environment

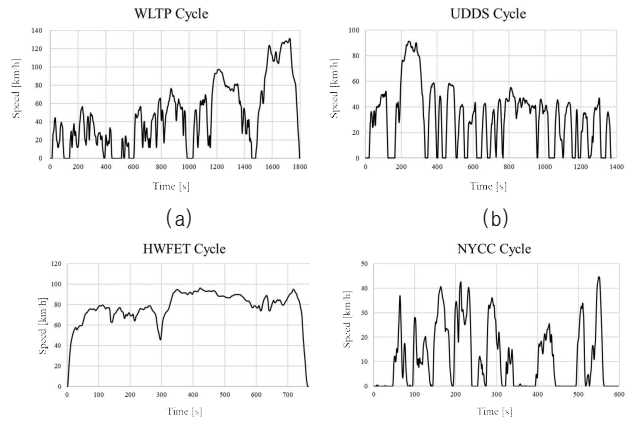


(a) (b)

그림 4 시험용 인버터 효율맵 (a)Si-IGBT, (b)SiC-MOSFET
Fig. 4 The test inverter efficiency map (a) Si-IGBT, (b) SiC-MOSFET

대 운전 속도인 10000rpm 부근에서 측정되며, IGBT 인버터의 전구간 평균 효율은 94.89%, SiC 인버터의 전구간 평균 효율은 96.48%로 나타난다.

본 논문의 IGBT/SiC 전력반도체에 따른 전기차 주행성능을 평가 하기 위해 임의의 차량을 선정하였으며, 전기차 주행 사이클은 속도 프로파일로 나타나기 때문에 전동기 운전점으로 변환하기 위한 차량의 주요 파라미터는 표 2와 같다. 주행 성능을 평가 하기 위한 주행사이클은 그림 5와 같이 총 4종으로 WLTP, UDDS, HWFET, NYCC 주행사이클을 선정하여 1회 충전 주행거리를 비교하였다. 차량의 배터리의 크기는 65kWh로 가정하였으며, 사용하는 배터리의 SoC는 10%~90% 구간을 사용하는 것으로 가정하였다. 그림 6은 주행 사이클에 따른 1회충전 주행거리에 대한 비교를 나타낸다.



(a) (b)
(c) (d)

그림 5 주행성능 평가용 주행사이클 (a)WLTP, (b)UDDS, (C)HWFET, (d) NYTCC
Fig. 5 Driving cycle for driving performance evaluation (a) WLTP, (b) UDDS, (C) HWFET, (d) NYTCC

표 2 주행 사이클 분석용 차량 파라미터
Table 2 Vehicle parameters for driving cycle analysis

Parameters		Value	Unit
Equivalent vehicle front width	A_F	2.317	m^2
Air resistance coefficient	C_d	0.4	
Vehicle rolling resistance	f_r	0.01	
Wheel radius	r	0.334	m
Vehicle weight	m	1705	kg
Gear ratio		8:1	

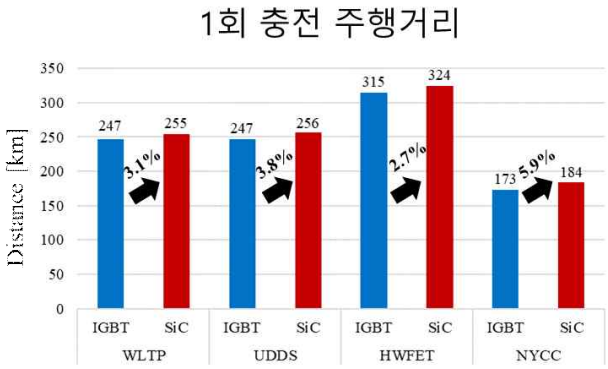


그림 6 주행 사이클별 1회 충전 주행거리 비교
Fig. 6 Comparison of mileage per charge per driving cycle

복합 주행 사이클인 WLTP의 경우 3.1%, 저속 시내주행 사이클인 UDDS, NYCC의 경우 각각 3.8%, 5.9%, 고속 주행 사이클인 HWFET의 경우 2.7%의 향상률을 보였으며, 저속 주행 시 주행거리 향상률이 더 높은 경향을 보인다.

4. 결 론

본 논문은 전기차동차의 전력변환 핵심 부품인 견인인버터의 전력반도체에 따른 주행거리에 대한 영향을 분석한다. 150kW 전기자동차용 인버터를 제작하여 비교시험을 수행하였으며, 성능시험 결과를 기반으로 임의의 차량을 선정하여 다양한 주행조건에 대해 주행거리 향상율을 산출하고 비교하였다. 비교 결과 SiC 전력반도체 활용시 3~4%의 주행거리 향상이 가능 한 것을 확인 하였다.

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20212020800020, 통합형 최적설계 플랫폼 기반 초고효율 전력변환시스템 개발)

참 고 문 헌

[1] J. Millán, P. Godignon, X. Perpiñà, A. Pérez-Tomás and J. Rebollo, "A Survey of Wide Bandgap Power Semiconductor Devices," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014.

[2] S. S. Ahmad and G. Narayanan, "Double pulse test based switching characterization of SiC MOSFET," 2017 National Power Electronics Conference (NPEC), Pune, India, 2017, pp. 319-324.