

# 1인승 전기차량을 위한 병렬형 3상 인버터

한근우, 김성곤, 김영찬, 김은주  
(재)전북자동차기술원

## Parallel Operation of Three-Phase Inverters for Single Person Electrical Vehicle

Keun Woo Han, Seong Gon Kim, Young Chan Kim, Eun Joo Kim  
Jeonbuk Institute of Automotive Technology

### ABSTRACT

본 논문에서는 1인승 전기차량 구동을 위한 병렬형 3상 인버터를 제안 하였다. 제안된 인버터는 전기차량의 부하 상태에 따라 하나 또는 두개의 인버터를 병렬로 사용하여 부하가 분담된 패턴으로 제어한다. 인버터의 전체적인 제어 방식으로는 유도 전동기를 위한 벡터제어와 공간벡터 변조방식을 적용 하였다. 본 연구의 타당성은 PSIM 시뮬레이션을 통하여 검증을 하고자 한다

### 1. 서 론

지구의 온난화 및 대기 환경 보호, 화석연료 고갈 등과 같은 문제의 대안으로 전기차량의 필요성이 대두되고 있다. 최근 전기차량의 시장은 일반 승용 차량과 함께 도심내의 근거리 이동 수단으로 1인승 전기차량에 대한 수요가 점차적으로 증가하고 있다. 일반적으로 1인승 전기차량의 견인 전동기는 수 kW급의 BLDC 전동기, 영구자석 동기전동기, 유도 전동기가 사용되고 있으며, 그에 따른 대용량 배터리와 인버터가 사용되고 있다. 때문에 전기차량 위한 전력변환 회로는 대용량, 고효율화가 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 1인승 전기차량의 견인 전동기의 구동을 위한 병렬형 3상 인버터를 제안한다. 제안된 방식은 전기차량의 부하 상태에 따라 하나의 인버터 또는 두개의 인버터를 병렬로 사용하여 부하가 분담된 패턴으로 제어되며, 공간벡터 변조방식(SVPWM)을 적용하였다. 본 연구의 타당성은 PSIM 시뮬레이션을 통하여 검증을 하고자 한다.

### 2. 병렬형 3상 인버터

#### 2.1 1인승 전기차량의 구성

그림 1은 1인승 전기차량을 위한 전력변환 시스템의 구성도를 나타낸다. 충전의 전기차량을 위한 시스템과 달리 전동기 구동용 인버터는 마스터 인버터와 슬레이브 인버터로 구성되어 있는 것이 특징이다. 병렬형 3상 인버터의 동력 발생은 72[V] 배터리로 전압을 공급 받아

300[V]의 DC link 전압을 DC DC 컨버터를 통해 승압하여 마스터 인버터와 슬레이브 인버터에 공급한다. 각 인버터는 전기차량의 부하 상태에 따라 부하가 분담된 패턴으로 최대 용량 20kW급의 유도 전동기를 제어한다.

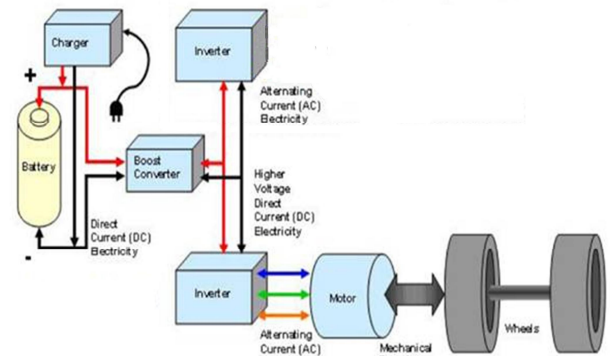


그림 1 1인승 전기차량 시스템  
Fig. 1 System of single person electrical vehicle

#### 2.2 제어 알고리즘

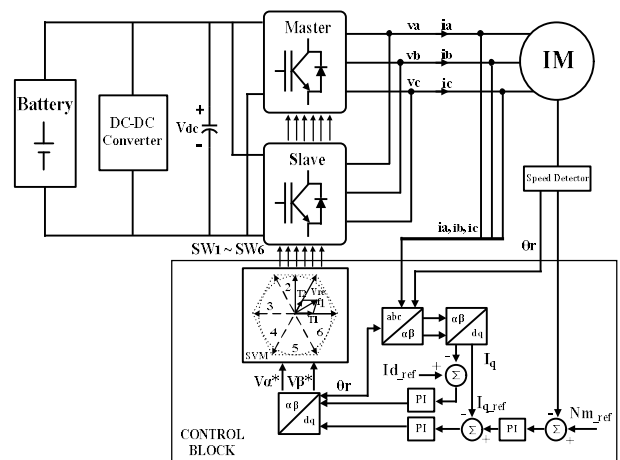


그림 2 병렬형 3상 인버터 제어 블록도  
Fig. 2 Control block diagram of parallel three-phase inverters

그림 2는 본 논문에서 제안한 병렬형 3상 인버터를 위한 제어 제어블록도 이다. 전동기의 구동제어는 먼저 유도 전동기에 부착된 위치센서를 통해 회전자 위치를 검출하여 현재 속도를 얻고 이를 PI제어기를 통하여 토크를 발생하기 위한 기준 전류  $i_{q\_ref}$ 로 반영된다. 산술된 지령 전류  $i_{q\_ref}$ 와 센싱된 전류를 비교하여 오차를 보상하여 제어하게 된다. 인버터 스위칭 방식은 높은 변조율과 고조파 함유율이 낮아 3상 전력변환 시스템에 많이 사용되고 있는 공간벡터 변조방식을 사용 하였다. 적용된 공간벡터 변조방식은 출력 상전류를 검출하여 D Q 변환과 PI제어를 통하여 스위칭 인가시간과 유도 전동기의 속도를 제어하며, 식 (1) ~ (3)을 통하여 토크를 발생 한다.

$$\psi_{ds} = \left( L_s - \frac{L_m^2}{L_r} \right) i_{ds} + \frac{L_m}{L_r} \psi_{dr} \quad (1)$$

$$\psi_{qs} = \left( L_s - \frac{L_m^2}{L_r} \right) i_{qs} + \frac{L_m}{L_r} \psi_{qr} \quad (2)$$

$$T_d = \frac{3p}{2} \frac{L_m}{L_r} (\psi_{dr} i_{qs} - \psi_{qr} i_{ds}) \quad (3)$$

### 3. 시뮬레이션 결과

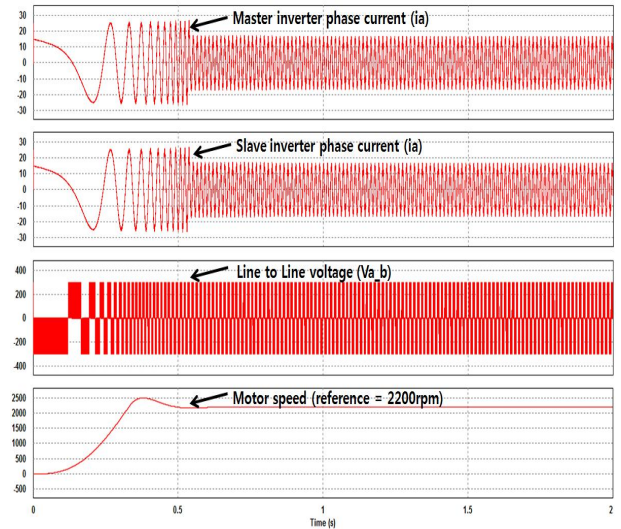
제안된 병렬형 3상 인버터의 제어기의 성능을 확인하기 위해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 제어기 구성은 그림 2과 같으며, 시뮬레이션은 표 1의 조건으로 수행하였다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

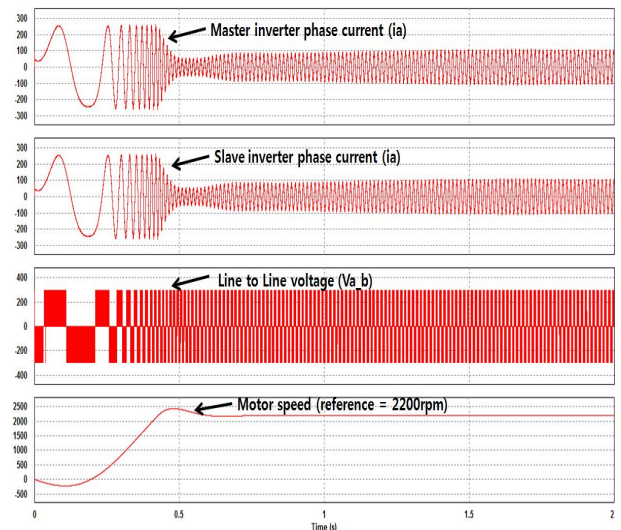
Table 1 Simulation parameters

Parameter	Value
Rated Power	12kW
Rated Speed	2200rpm
Rs (stator)	5.56mΩ
Ls (stator)	22.9uH
Rr (rotor)	1.66mΩ
Lr (rotor)	44.5uH
Lm (magnetizing)	1220u
No. of Poles P	4 pole
DC link Voltage	300V
Switching Freq	10kHz

그림 3 (a)와 (b)는 병렬형 3상 인버터의 구동 상태를 무부하와 50Nm 부하 조건에서의 운전 특성에 대한 결과이다. 시뮬레이션 결과 무부하 조건과 50Nm 부하 조건 모두 0.5[s] 지점에서 지령 속도 2200rpm을 빠르게 추종하는 것을 볼 수 있으며, 무부하와 50Nm 부하조건에 따른 출력 전류에 크기의 차이는 발생하지만, 마스터 인버터와 슬레이브 인버터는 출력에 밸런싱에 차이가 없이 동일한 출력을 발생하는 것을 알 수 있다.



(a) No load



(b) 50Nm load

그림 3 병렬형 3상 인버터 출력 파형

Fig. 3 Waveforms of parallel three-phase inverters

### 4. 결론

본 논문에서는 1인승 전기차량을 위한 병렬형 인버터를 제안 하였다. 제안된 인버터의 성능 검증을 위해 무부하 상태와 50Nm 부하 인가 상태에서 속도 제어 특성을 시뮬레이션을 통하여 검증 하였다. 시뮬레이션 결과 무부하와 50Nm 부하 조건에서 기준 속도 2200rpm을 잘 추종하는 것을 볼 수 있었다. 향후 제안된 병렬형 인버터의 제어기법 바탕으로 실험을 통해 제시된 기법의 타당성을 검증할 것이다.

### 참고 문헌

[1] 신규재, 차현록, 서영주 “1인승 전기자동차 개발 사례” 전력전자학회지 16(2), 2011.4, pp.44-48