

다중동력시스템을 위한 병렬형 인버터 시스템의 개발

박재석^{*,**}, 차대석^{*,**}, 신덕식^{*}, 이상택^{*,***}, 임영철^{**}, 김희준^{***}, 이광운^{****}, 김대경^{*}
 전자부품연구원^{*}, 전남대학교^{**}, 한양대학교^{***}, 목포해양대학교^{****}

The development of parallel inverter system for a multi-power system

Jae-Seok Park^{*,**}, Dae-Seak Cha^{*,**}, Duck-Shick Shin^{*}, Sang-Taek Lee^{*,***}, Young-Cheol Lim^{**}, Hee-Jun Kim^{***}, Kwang-Woon Lee^{****}, Dae-Kyong Kim^{*}
 Korea Electronics Technology Institute^{*}, Chonnam National Univ.^{**}, Hanyang Univ.^{***}, Mokpo National Marine Univ.^{****}

ABSTRACT

다중동력시스템용 전기자동차의 구동에 있어 부하가 적은 경우 한 대의 모터로만 운전을 하고, 경사로의 등판이나 화물의 양이 증가해 부하가 커지는 경우 하나의 액셀에 결합된 두 개의 IPMSM모터를 사용하여 병렬형 인버터로 제어한다. 본 논문에서 개발한 인버터는 벡터제어 알고리즘 및 레졸버 위치센서를 적용하여 설계하였고 인버터 2개를 병렬 연결하여 Master와 Slave로 나눠 최적화 부하 분담 패턴으로 제어되도록 구현하였다. 제안된 제어기의 특성분석을 위해 PSIM시뮬레이션을 수행하였고, 제안된 방법의 유용성을 검증하였다.

1. 서론

최근 친환경적인 전기자동차에 대한 관심과 개발이 이루어지고 있는 가운데 전기자동차 동력용 모터로 주목받는 IPMSM(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)은 고효율, 고출력 특성을 가지고 있고, 영구자석을 회전자에 매입하므로 고속회전시 영구자석의 비산문제가 없어 기계적으로 견고하다. 또한, 톨릭턴스 토크를 효과적으로 사용할 수 있으므로 전동기의 출력밀도를 높일 수 있다. 전류위상각 제어를 통하여 광범위의 가변속 운전범위를 가지는 장점으로 적용분야가 확대되고 있는 추세이다. 현재까지 EV동력시스템 및 다중동력시스템의 구동원으로는 유도전동기가 많이 적용되어져^{[1][2]} 왔으나, 고효율, 저소음화, 고밀도화의 요구로 IPMSM을 적용한 다중동력시스템에 대한 연구 개발이 필수적으로 필요하다. 본 논문에서는 2개의 IPMSM을 다중동력시스템의 구동원으로 채택하였으며, 2개의 벡터제어기로 전동기가 구동이 되도록 구현하였다. 고효율, 고출력 운전이 가능한 IPMSM을 채택 및 벡터제어를 구현하였으며, 알고리즘 검증과 성능 확인을 위해 PSIM 시뮬레이션을 수행하였고, 제안한 제어기의 구동성능 및 제어 알고리즘을 검증하였다.

2. 본론

2.1 다중동력시스템 구성

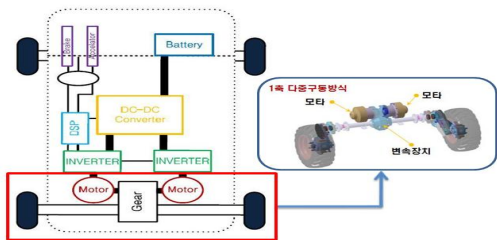


그림 1 다중동력시스템 구성도
 Fig. 1 Composition of Multi-power system

그림 1은 본 연구과제에서 개발되어진 다중동력시스템의 전체 구성도를 나타낸다. 시스템의 동력 발생은 72V 배터리로 전압을 받아 DC-DC 컨버터를 통해 310V로 승압하여 각 인버터 별로 전원을 공급한다. 각각의 인버터는 10kW급의 IPMSM 모터를 2대를 제어하며 운전자의 브레이크 및 액셀레이터의 조작에 따라 시스템이 제어되는 특성을 가진다.

2.2 Vector제어 알고리즘

속도제어는 레졸버로부터 속도를 계산하고, 제어기를 통해 계산속도와 지령속도 오차로 토크 지령을 발생한다. 토크제어는 전류제어를 통해 구현되며, 전류제어시 상전류 및 위치 검출이 필요하다.

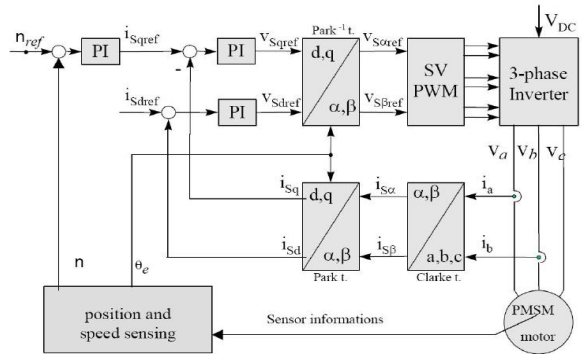


그림 2 IPMSM 벡터제어 블록도
 Fig. 2 Block diagram of IPMSM vector control

그림 2는 본 논문에서 적용한 벡터제어 알고리즘의 제어블록도이다. 속도제어를 위해 레졸버를 적용하였고, 전류제어를 통해 토크제어를 구현하였다. 다중동력시스템의 적용을 위해 그림 2와 같은 벡터 제어기가 각각 독립적으로 동작되도록 구성하였다.

2.3 기어박스의 토크전달

다중동력시스템에 적용되는 구동 시스템에서는 부하를 효과적으로 배분하기 위해 기어박스를 사용하고, 모터별로 부하가 효과적으로 배분되도록 IPMSM의 토크 또는 속도를 변환하여 사용한다. 그림 1의 2개의 모터 및 변속장치로 구성된 1축 다

중동력시스템의 경우 식(1), 식(2), 식(3)과 같이 토크방정식^{[3][5]}으로 나타낼 수 있다. 식(1)은 바퀴축의 토크방정식이며, 식(2)는 변속기어부의 토크방정식 식(3)은 모터축 부의 토크방정식을 나타낸다. 진동기의 회전방향은 하나의 변속장치에 접속되어지므로, 정 방향과 역 방향 운전이 동시에 이루어진다.

$$T_L = J_L \frac{d\omega_L}{dt} + B_L \omega_L \quad \omega_L = \frac{N_1}{N_2} \omega_m \quad (1)$$

$$T_L = J_L \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \frac{d\omega_M}{dt} + B_L \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \omega_M = \left(\frac{N_2}{N_1} \right) T_M \quad (2)$$

$$T_M = J_L \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \frac{d\omega_M}{dt} + B_L \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \omega_M = J \frac{d\omega_M}{dt} + B \omega_M \quad (3)$$

2.4 시뮬레이션 및 고찰

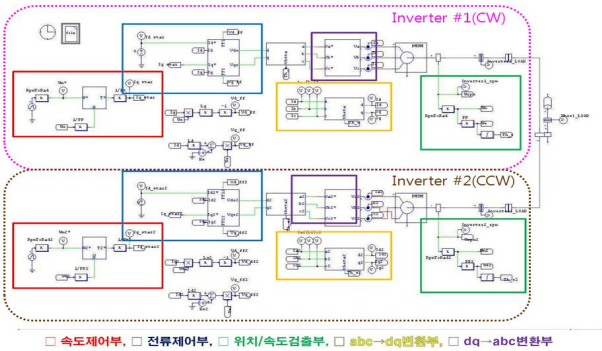


그림 3 PSIM을 이용한 시뮬레이션 블록도
Fig. 3 Block diagram of Simulation Circuit using PSIM

표 1 시뮬레이션 모터 파라미터
Table 1 Parameter of simulation motor

Parameter	Value
극 수/슬롯 수	16/24
상 저항	32.5 [mΩ]
상 인덕턴스(Ld/Lq)	0.535/0.898 [mH]
상 역기전력	36.2 [Vrms]
입력전압	300[VDC]
코깁토크	1.5[N·m]

그림 3은 다중동력시스템 구동을 위한 PSIM 시뮬레이션 블록도이다. 제어블록은 2개의 IPMSM 각 모터를 위한 벡터제어 블록, 커플링, 기어박스로 구성된다. 표 1은 시뮬레이션 및 시제품 동작을 위해 제작된 모터 사양이다.

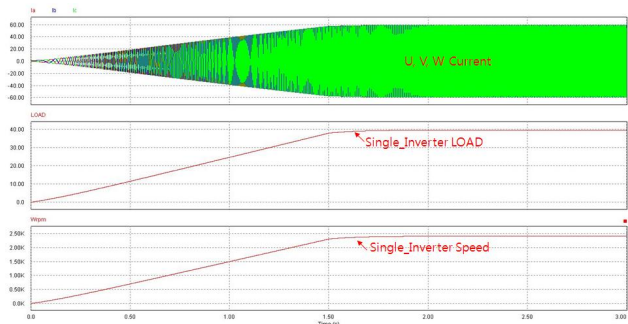


그림 4 40Nm 부하 시 단일 인버터 특성
Fig. 4 Result of single inverter characteristics on 40Nm load

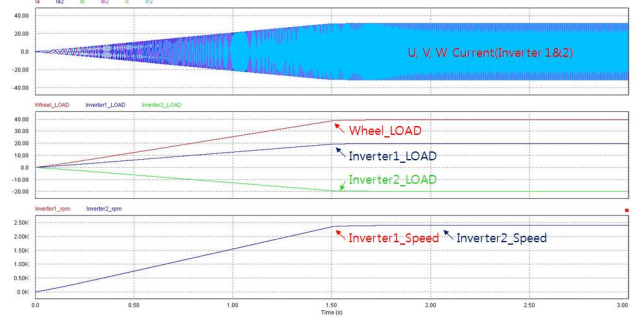


그림 5 40Nm 부하 시 병렬형 인버터 특성
Fig. 5 Result of parallel inverter characteristics on 40Nm load

그림 4와 5는 40Nm 부하 조건에서 단일 인버터, 병렬 인버터 구동시의 시뮬레이션 결과 파형이다. 그림 4의 단일 인버터를 적용한 경우에 59.2A_{peak} 값을 가지는 반면에 그림 5의 병렬 인버터를 적용한 경우 30A_{peak}의 전류 값을 가짐을 확인하였다. 즉 1축 다중동력시스템을 병렬인버터로 적용할 경우에 부하가 적절히 분산됨을 확인하였고, 단일 인버터를 적용하는 경우보다 인버터의 효율운전이 가능함을 확인 하였다.

3. 결론

본 논문에서는 1축 다중동력시스템에 병렬인버터를 적용하여 PSIM 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 단일의 인버터 구동방식보다 병렬인버터 방식을 적용하는 것이 인버터 전류용량 및 부하배분, 효율 운전이 가능함을 확인하였고, 제안한 제어방식이 유용함을 확인하였다. 향후 실제 기계시스템 및 1축 다중동력시스템의 부하 시험을 통해 제안한 제어방식의 유용성을 검증하고자 한다.

본 논문은 지역전력기획기술개발사업의 “20kW급 다중 동력시스템용 매입식 전동모듈 구동을 위한 고효율 DC-DC 컨버터 및 드라이버 개발” 과제의 지원으로 연구되었음.

참고 문헌

- [1] Abdelhakim Haddoun, Mohamed El Hachemi Benbouzid, Demba Diallo, Rachid Abdessemed, Jamel Ghoul, Kamel Srairi "Modeling, Analysis, and Neural Network Control of an EV Electrical Differential" Proceeding of the IEEE, 2008, pp. 2286 - 2294
- [2] Yee-Pien Yang, and Chun-Pin Lo "Current Distribution Control of Dual Direct-Driven Wheel Motors for Electric Vehicle" Proceeding of the, IEEE 2006, pp. 2469 - 2474.
- [3] Abdelfatah Nasri, Abdeldjebar Hazzab, Ismail K. Bousserhane, Samir Hadjeri, Pierre Sicard "Two Wheel Speed Robust Sliding Mode Control for Electric Vehicle Drive" Proceeding of SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING Vol.5, No. 2, 2008, pp. 199-216
- [4] 설승기, “전기기기제어론”, 홍릉출판사, 2007
- [5] 김상훈, “DC, AC, BLDC 모터제어”, 북두출판사, 2010