

고효율·고전력밀도를 갖는 ISG 시스템용 양방향 DC-DC 컨버터

박준성, 권민호, 문동욱, 최세완, 김창성*, 이근홍*, 송민섭*, 손영동*
 서울과학기술대학교, 삼성전기*

Bidirectional DC-DC Converter with High Efficiency and High Power Density for ISG System

Junsung Park, Minho Kwon, Dongok Moon, Sewan Choi, Changsung Sean Kim*,
 Geunhong Lee*, Minsup Song*, Youngdong Son*,

Seoul National University of Science and Technology, SAMSUNG Electro-Mechanics Co., Ltd.*

ABSTRACT

본 논문에서는 자동차의 연료 절감을 위한 ISG(Idle Stop & Go) 시스템용 양방향 DC-DC 컨버터를 개발하였다. ISG 시스템 사양에 따라 효율 및 부피를 고려하여 3상 비절연 하프브리지 컨버터를 제안하였으며 또한 프리스케일사의 5643L MCU를 이용하여 디지털 제어를 개발하였다. 1.8kW급 시작품을 통해 부피는 3.4L, 승·강압시 정격부하 효율은 각각 95.1%, 95.5%이며 최고효율은 96.1%, 96.4%를 달성하였다.

본 논문에서는 14V 배터리 충전 및 점프 스타트 시 방전을 위한 양방향 DC-DC 컨버터를 개발하였다. 효율 및 부피를 고려하여 비절연 하프브리지의 최적 설계를 진행 하였으며 프리스케일사의 5643L MCU를 이용하여 디지털 제어를 개발하였다. 1.8kW 시작품을 통해 부피 3.4L, 승·강압시 정격부하 효율은 각각 95.1%, 95.5%이며 최고효율은 96.1%, 96.4%를 달성하였다.

1. 서론

최근 높은 유가와 연비 및 온실가스에 대한 규제가 강화됨에 따라 많은 완성차 업체에서 비용 효율적인 ISG 시스템을 개발하여 적용하고 있다. ISG 시스템이란 차량 정지 중 엔진 시동상태(Idle)를 유지하기 위해 불필요하게 소모되는 연료를 절감하기 위해 차량이 정지하면 시동이 꺼지고 출발하면 재시동 되는 시스템으로 신호 대기 상황이거나 정차 중일 때 차의 엔진을 일시정지 하여 연비를 향상시키고, 배기가스 발생을 저감한다. ISG 시스템은 그림 1과 같이 모터, 인버터, 48V 리튬 배터리, DC-DC 컨버터 및 14V 납축전지로 구성된다. 여기서 DC-DC 컨버터는 일반적으로 14V 배터리 충전만 할 수 있는 단방향을 사용하지만 점프 스타트 기능을 갖는 양방향을 사용하기도 한다.

2. 제안하는 양방향 DC-DC 컨버터

본 논문에서는 표 1의 설계 사양을 만족시키고 소자수가 적어 신뢰성, 가격, 효율이 좋으며 양방향 제어가 간단한 비절연 하프브리지 컨버터를 ISG시스템용 양방향 DC-DC 컨버터에 적용하였다. 또한 저전압 대전류 응용이므로 효율을 높이고 수동소자 부피를 줄이기 위해 상을 늘리고 인터리빙 기법을 적용하였다.

효율과 부피를 고려하여 최적의 상수 및 L과 C값을 선정하기 위해 그림 2와 같은 순서를 통해 설계를 진행하였다. 설계 시 스위칭 주파수 범위는 가청주파수와 제어기의 성능을 고려하여 20~100kHz로 선정하였으며, ΔI_{Low} 범위는 도통손실과 수동소자의 부피를 고려하여 5~20% 이내로 설계하였다. 또한 상수가 증가할수록 스위치 도통손실 및 수동소자 값은 감소하지만 스위칭 손실, 게이트 드라이버 및 전류센서는 증가^[2]하므로 상수는 4상까지 고려하였다.

표 1 설계사양

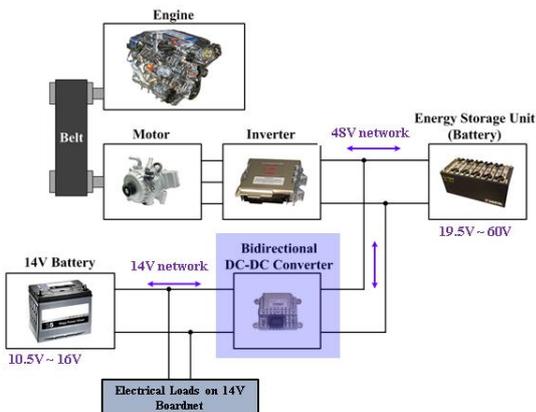


그림 1 ISG 시스템

		목표 사양
고전압측		30~54V, 48V _{nom.}
저전압측		10.5~15.2V, 12V _{nom.}
고전압측 리플		1%
저전압측 리플		1%
정격 파워		1.8kW
효율	최대	94%
	0.3kW~1.8kW	90%
고전압측 확장 전압		54~60V
저전압측 확장 전압		10.5~16V
동작 온도		40~105℃
크기		190mm*280mm*80mm
냉각방식		자연

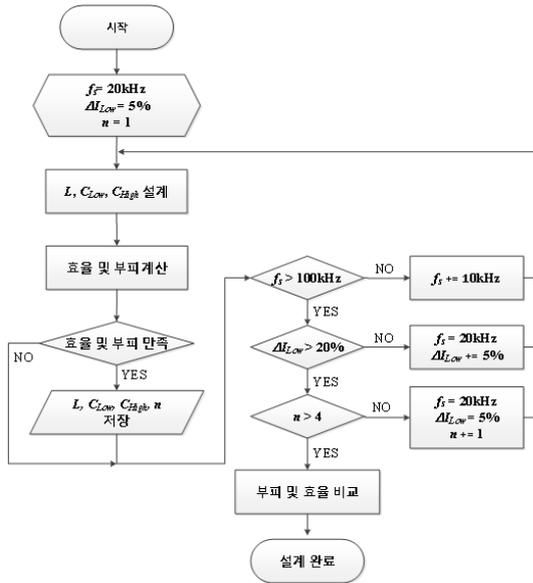
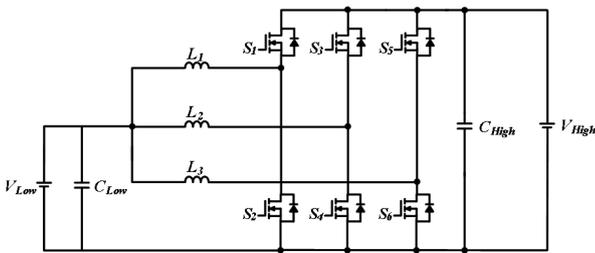


그림 2 설계 순서도



이런 조건에 따라 효율과 부피를 고려하여 그림 3과 같이 3상 비절연 하프브리지 컨버터를 ISG 시스템용 DC DC 컨버터로 선정하였다.

3. 실험 결과

제한한 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 18kW 시작품을 제작하였다. 그림 4는 정격 부하일 때 실험파형으로 (a)와 (b)는 48V에서 12V로 강압 모드 시, (c)와 (d)는 12V에서 48V로 승압 모드 시 스위치 전압, 각 상의 인덕터 전류와 인터리빙된 저전압측 전류 파형이다. 제한한 컨버터는 승·강압 모두 300W 이상에서 95%이상의 효율을 달성하였으며 그림 5는 YOKOGAWA사의 WT3000으로 강압모드와 승압모드시 정격 부하에서 측정된 효율이다. 그림 6은 개발한 ISG 시스템용 양방향 DC DC 컨버터의 시작품 사진으로 전체 크기는 188mm*223mm*80mm로(3.4L) 설계 사양을 만족하였다.

4. 결론

본 논문에서는 ISG 시스템용 3상 비절연 하프브리지 컨버터를 개발하였다. 이 컨버터는 프리스케일사의 5643L MCU를 이용하여 개발한 디지털 제어기를 사용하였으며 1.8kW급 시작품을 통해 타당성을 검증하였다. 부피는 3.4L, 승·강압시 정격 부하 효율은 각각 95.1%, 95.5%이며 최고효율은 96.1%, 96.4%를 달성하였다.

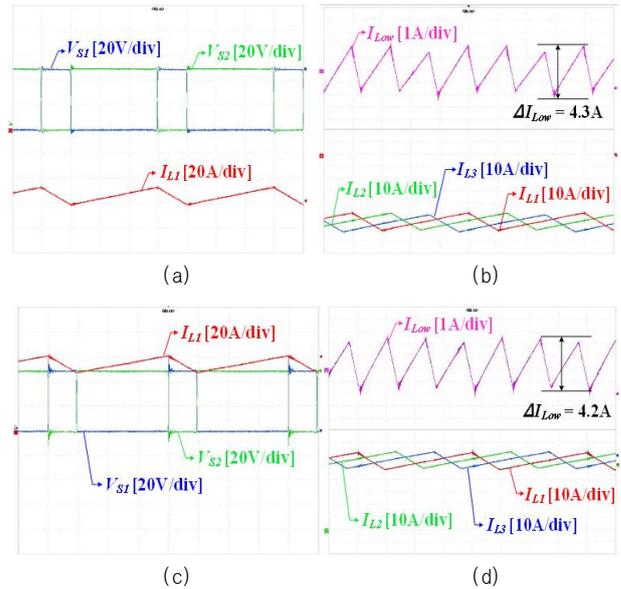


그림 4 정격부하 실험파형 (a) 강압모드(48V→12V)의 스위치 및 인덕터 (b) 강압모드(48V→12V)의 저전압측 전류 및 각 상 인덕터 (c) 승압모드(12V→48V)의 스위치 및 인덕터 (d) 승압모드(12V→48V)의 저전압측 전류 및 각 상 인덕터

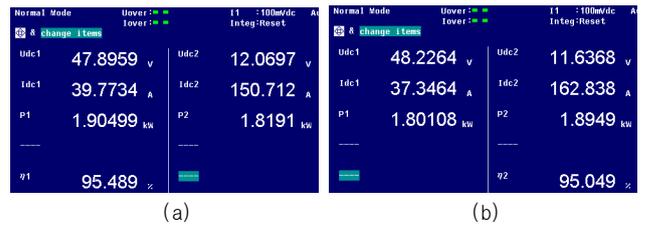


그림 5 측정 효율 (a) 강압모드 (b) 승압모드



그림 6 ISG 시스템용 DC-DC 컨버터 시작품

본 연구는 삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

[1] C. S. Kim, K. Park, H. Kim, G. Lee, K. Lee, H. Yang, H. Cho, M. Song, Y. Son, "48V Power Assist Recuperation System (PARS) with a Permanent Magnet Motor, Inverter and DC DC Converter", *IEEE International Future Energy Electronics*, Nov. 2013, Tainan, Taiwan.

[2] 박성식, 권준범, 최세완, 조신상, 김태희, "300kW급 발전용 연료전지 PCS의 부피저감을 위한 DC DC 컨버터 최적 설계", *전력전자학회 2008년도 하계학술대회 논문집*, 2008. 7, pp. 329-331