

ISG용 통합 HDC/LDC 회로 설계

신철준*, 궤태균*, 최동수**, 박도환**, 윤준철**, 이준영*
명지대학교 전기공학과*, (주)JUSTEK

ISG integrated circuit HDC/LDC design

Chul Jun Sin*, Tae Kyun Kwak*, Dong soo Choi**, Do hwan Park**, Jun chul Yoon**,
Jun Young. Lee*

Department of Electrical Engineering, Myongji University*, JUSTEK**

ABSTRACT

최근 연비 개선 문제에서 전 세계적으로 화두가 되고 있는 ISG라 함은 IDLE STOP & GO의 약자로 공회전시 낭비되는 연료를 저감하고 배출가스를 최소화 하는 친환경 저연비 시스템이다.^[1] 차량의 성능 향상 및 안락함과 안전도의 개선을 위하여 차량에 사용되는 전기 시스템은 점차 증가하고 있으며, 전기시스템의 증가에 따라 차량에 작용하는 전기 부하량은 매년 늘어나고 있다.^[2] 이와 같은 ISG 구동을 위해서는 대전력 응용에 적합한 컨버터 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 10kW급 고전압 직류 변환장치(High voltage DC DC Converter : HDC)와 1.5kW급 저전압 직류 변환장치(Low voltage DC DC Converter : LDC) 설계하여 검증하였다.

1. 서론

ISG는 기존의 알터네이터 보다 높은 효율에서의 발전을 통해 전기 히터, 전기 에어컨, 엔진 전자 제어 밸브 등 추가적인 전기 및 전자 장치에 필요한 전기 에너지를 공급한다. 또한 ISG는 기존의 시동모터 보다 큰 파워를 갖게 됨으로써 아이들(idle)시 엔진을 정지 시키는 idle stop, 자동변속기 록업클러치의 충격을 제어하여 록업시점을 앞당기는 early lockup, 회생제동 등을 이용하여 차량의 효율 향상 및 배기가스 절감효과를 얻을 수 있다.^[2] 고효율, 고전력 전기시스템은 차량구동시 ISG의 운전에 필요한 에너지, 회생제동 에너지를 배터리 및 슈퍼캐패시터에 충전 시키는 고효율, 고전력 전기시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 10kW급 고전압 직류 변환장치(High voltage DC DC Converter : HDC)와 1.5kW급 저전압 직류 변환장치(Low voltage DC DC Converter : LDC)를 설계하여 검증하였다.

2. 본 론

2.1 제안한 ISG용 시스템

차량의 제동구간에서는 회생제동을 이용해 버려지던 에너지를 회수하여 차량의 효율을 높여준다. 또한 Idle Stop & Go 시스템을 적용하여 정차구간에서 엔진을 멈춰줌으로써 공회전으로 인한 연료 소모를 줄여 우수한 연비향상 성능을 보여준다. 초기 구동구간이나 경사로 등판과 같은 특정 구간에서는 큰 토크가 필요하여 모터와 인버터에 많은 전류가 흐르게 되며 발열

에 의해 시스템의 효율을 떨어뜨리거나 작동불능상태에 이를 수 있다.^[3] 이에 제안한 ISG용 시스템은 그림 1과 같이 높은 신뢰도를 보장할 수 있는 시스템으로 구성되어진다. 모터의 발전모드와 회생모드로 구성되어진다. 모터의 발전모드에서는 슈퍼캐패시터 에너지를 인버터 입력단에 전달하는 인터리브 승압형 컨버터(HDC)로 동작되어지고, 모터의 회생모드에서는 슈퍼캐패시터를 충전하는 강압형 컨버터(HDC)로 동작되면서, 배터리 상태에 따라 배터리를 충전시키는 강압형 컨버터(LDC)로 동작되어진다.

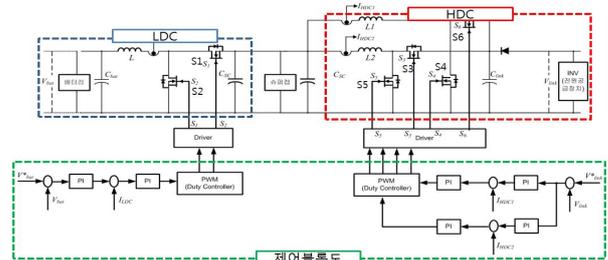
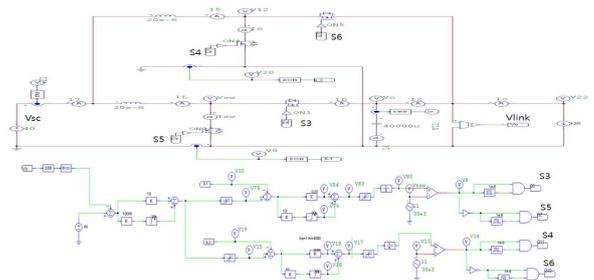


Fig. 1 Proposed ISG integrated circuit

2.2 제안한 승압형 양방향 컨버터(HDC)

제안한 HDC는 직류 링크전압을 제어함과 동시에 슈퍼캐패시터를 방전시켜 모터로 전력을 높여서 전달하는 승압형 컨버터로 동작하고 모터의 회생 에너지를 슈퍼캐패시터로 충전하는 강압형 컨버터로 동작하는 10kW급 비 절연형 양방향 컨버터로 선정하여 설계하였다. 출력 리플전류 크기를 줄이는 인터리브 방식으로 출력단 캐패시터 용량을 줄이는 효과 및 높은 효율을 얻을 수 있다. 이를 검증하기 위해 그림 2와 같이 입력전압 40V~60V, 자화전류 20μH, 출력은 80V~100V/10kW급 HD C 시뮬레이션 회로 및 파형이다.



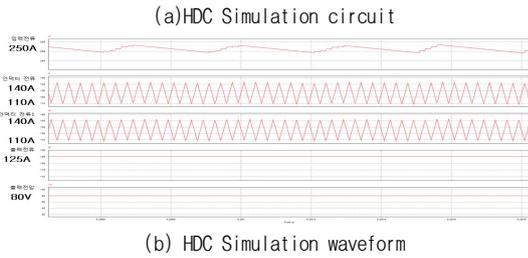
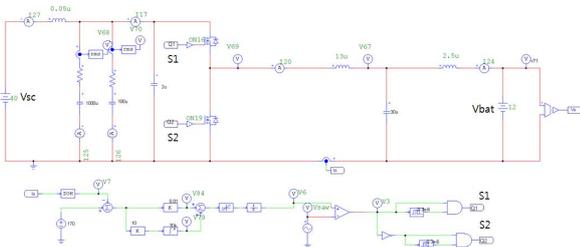


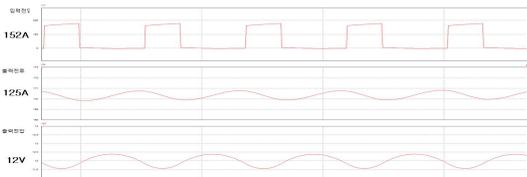
Fig. 2 Simulation for Proposed HDC circuit

2.3 제안한 강압형 컨버터(LDC)

LDC 전원용량은 자동차의 12[V] 전장품 기동에 따른 출력 전류의 연속 지속 최대 소모량과 최대 순시(10초간) 지속 최대 소모량에 의해 결정하였다. 연속 지속 최대전력소모량은 차량의 전조 및 상향등, Wiper 등 최대주행속도(150[km/h])의 연속 동작을 가정하여 조합한 전력량을 의미한다. 최대 순시 지속 가능 전력소모량은 10초 이내 시간에서 조향장치 동작, 4개의 Power Window 동시동작, 그리고 제동장치 동작과 연속 지속 최대전력소모량을 합한 값으로 규정하였다.^[4] 이에 제안한 LDC는 슈퍼캐패시터 전압을 배터리에서 요구되는 전압으로 강압하는 1.5kW급 비 절연형으로 선정하여 최적의 토폴로지로 설계가 이루어졌다. 이를 검증하기 위해 입력전압 40V~60V, 자화전류 20μH, 출력은 8V~15V/1.5kW급 LDC 시뮬레이션 회로 및 파형이다.



(a) LDC Simulation circuit



(b) LDC Simulation waveform

Fig. 3 Simulation for Proposed LDC circuit

3. 실험 결과 및 검토

HDC 모의 실험한 조건으로 입력전압 30V, 출력 전압 76.8V, 출력전류 148.6A로 실험을 진행하여 11kW의 풀 로드에서 실험을 하였다. 단, 슈퍼캐패시터 대신 배터리를 사용하였고, 인덕터를 20μH에서 18μH를 사용하여 실험 결과 파형을 그림 3 으로부터 얻을 수 있었으며, 제안된 컨버터는 입력 전압으로부터 출력 76.8V 정전압제어가 되는 것을 확인 하였다.

LDC 모의 실험한 조건으로 입력전압 24V, 출력 전압 14.5V, 출력전류 110A로 실험을 진행하여 1.6kW의 풀 로드에서 실험을 하였다. 단, 인덕터를 20μH에서 18μH를 사용하여 실험 결과 파형을 그림 4로부터 얻을 수 있었으며, 제안된 컨버터는 입력 전압으로부터 출력 14.5V 정전압제어가 되는 것을 확인 하였다.

제안한 ISG용 시스템의 타당성을 검증하기 위해 회로 사양은 표 1과 같다.

Table 1 Circuit Specifications

ISG System		
	HDC	LDC
Vin	40~60Vdc	40~60Vdc
Vo	80~100V	8~15V
switching frequency	50kHz	
Power	1.5kW	10kW
MCU(dspIC)	TMS320F28335	

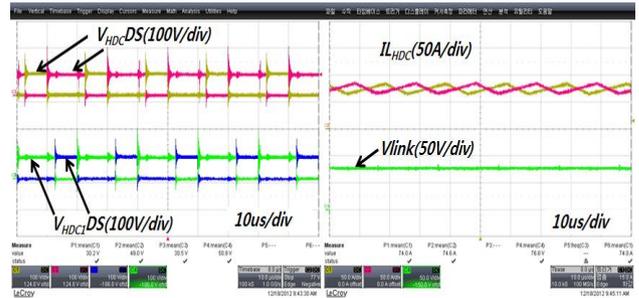
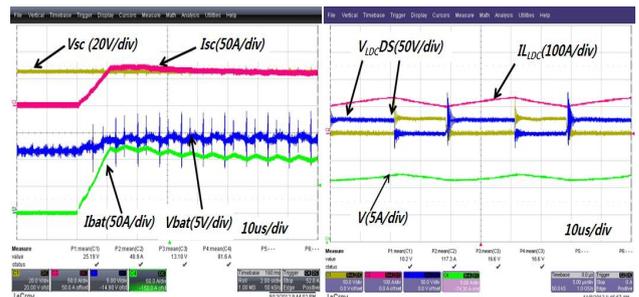


Fig. 3 HDC Hardware measurement wave



(a) LDC Soft Start

(b) LDC Waveforms

Fig. 4 LDC Hardware measurement wave

4. 결론

본 논문에서는 10kW급 고전압 직류 변환장치(High voltage DC DC Converter:HDC)와 1.5kW급 저전압 직류 변환장치(Low voltage DC DC Converter:LDC) 설계하여 단독 실험하여 검증하였다. 향후에는 HDC와 LDC연동실험을 할 예정이다.

본 연구는 2012년도 저스텍의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

본 연구는 2013년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20114010203030)

참고 문헌

- [1] Jiyong Yu,Minyoung Jung,Junyong Lee,Myungsik Choi, Kwangyeon Kim,“원가 절감형 AT ISG 시스템 개발” 한국자동차공학회, 한국자동차공학회 학술대회 및 전시회, 2011.11,121 126
- [2] Jeongmin Kim,Kyoungcheol Oh,Jaeho Lee,Hyunsoo Kim,“42 volt ISG 차량의 성능 시뮬레이터를 이용한 연비성능 분석”, 한국자동차공학회, 한국자동차공학회 논문집13(3),2005.5,1 9
- [3] 김대진,신은혁,임동현,김성철,“그린카용 ISG 모터 및 인버터의 냉각 성능에 관한 해석 연구”, 한국자동차공학회, 한국자동차공학회 부문종합 학술대회, 2012.2.5,1645 1650
- [4] 권용효,김승모,김표수,김말수,남광희, “전기자동차용 DC DC 컨버터 최적설계”, 전력전자학회,전력전자학술대회논문집,2012.11,107 108