

# Idle stop & go 시스템 양방향 DC-DC 컨버터

## Bi-directional DC-DC converter for Idle stop & go(ISG) system

이세형\*, 전범수\*

Se-hyung Lee\* Bum-su Jun\*

\*LSIS Co., LTD,

### Abstract

최근 배출가스 규제에 의해 연비 개선에 대한 노력을 하고 있다. 그 중에서도 기존의 내연기관 자동차에 결합하여 연비를 개선할 수 있는 ISG 시스템의 개발이 활발하게 진행되어 왔다. ISG 시스템은 모터를 구동하기 위한 인버터, 회생에너지를 저장하기 위한 에너지 저장장치 및 저 전압 배터리를 충전하기 위한 양방향 DC-DC 컨버터로 구성되어 있다.[1] 현재 ISG 구동용 모터와 인버터는 일체형으로 개발되고 있으며, 에너지 저장장치와 양방향 DC-DC 컨버터 또한 일체형으로 개발을 진행중이다. 부피와 가격 경쟁력을 확보하기 위한 연구개발을 진행하고 있다.

본 논문에서는 ISG용 양방향 DC-DC 컨버터를 제안하고 실제 자동차의 연비모드 JC08모드에 의해서 주행하는 에너지 저장장치의 용량을 선정하여 통합적으로 설계를 진행하였으며, 시뮬레이션과 실험을 통해 양방향 DC-DC 컨버터를 구현한다.

### 1. 서론

현재 전세계적으로 내연기관 자동차의 연비개선에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있으며, 일본, 미국 및 유럽의 자동차 회사에서는 ISG 시스템의 양산을 진행하고 있다. 하지만 국내의 경우 연비개선의 효과가 미흡하여 그 효율성이 작아지게 인식이 되고 있다.

현재 ISG System은 구현 방식에 따라 에너지 저장장치의 형태가 변화가 되고, 시스템의 성능을 좌우한다.

국내에서 개발되어 상용화가 되고 있는 YF ISG의 경우 시스템의 가격을 줄이기 위해 별도의 에너지 저장장치를 사용하지 않고 기존의 PB 배터리를 AMG 배터리로 대신하여 구현하는 방식을 적용하여 구현가격을 절감하는 형태로 ISG를 구현하였지만 배터리의 수명으로 인한 빈번한 충전과 방전을 하지 못해 에너지 절감효과가 크지 않은 것이 단점이다. 일본과 유럽 OEM에서 사용되는 방식은 에너지 효율을 높이는 방식으로 에너지 저장장치인 UC 또는 LIB를 이용한 구동 및 회생에너지를 저장한다.

이러한 ISG 설계에 있어 중요한 부분이 냉각 유로 개선 및 시스템 효율을 개선하여 발열을 최소한으로 설계하여야 비용 및 시스템의 부피를 줄일 수 있으며, 시스템 보증시간을 확보할 수가 있다. 또한 별도의 에너지 저장장치와의 일체형으로 구현하기 위해서는 무엇보다 에너지 저장장치의 수명이 중요한데 UC의 경우 65도이상의 조건에서 운전할 경우 수명 보증이 힘들게 된다..

본 논문에서는 에너지 저장장치를 갖는 ISG용 양방향 DC-DC 컨버터와 에너지 저장장치(UC)를 이용하여 시스템을 설계하였고, 효율 개선 및 ISG의 단점을 극복하기 위한 알고리즘을 적용한 시스템을 설계하여 시뮬레이션을 통한 구현가능성을 확인하고 실제 실험을 통해 검증한다.

### 2. 본론

#### 2.1 ISG용 양방향 DC-DC 컨버터 구성.

ISG 시스템은 그림1 과 같이 모터(MG/SSG), 에너지 저장장치(UC), DC-DC 컨버터, 12V 배터리, Start 모터(ST), 부하(Load)로 구성되어 있다.

MG/SSG는 구동 중 ISG 구동을 위한 모터이고 인버터를 포함하고 있다. 에너지 저장장치 UC(1200F\*6)를 이용하여 구성 하였으며, 양방향 DC-DC 컨버터는 1kW 용량으로 구현되어 있다. 초기 시동을 위한 Start 모터 및 12V 납 배터리, 그리고 전장부하(Load)로 구성되어 있다.

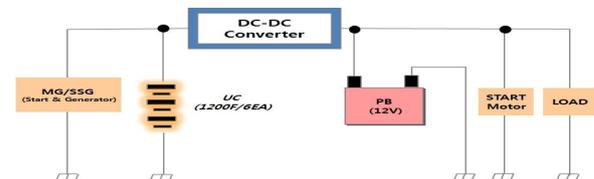


그림.1 ISG 시스템 구성

DC-DC 컨버터의 구성은 그림2과 같이 구성되어 있으며, UC에서 배터리를 충전할 때 입력 스위치 S1, S2는 Buck 모드 구현을 위해 사용하고 S3, S4는 Boost 모드를 구현하기 위해 사용되며, S1과 S4를 이용하여 Bypass 모드를 구현하여 효율 향상을 위한 모드가 존재하게 된다. 배터리에서 UC로 충전 할 때는 S3, S4를 이용하여 Buck 모드 구현 가능하도록 구성하였다.

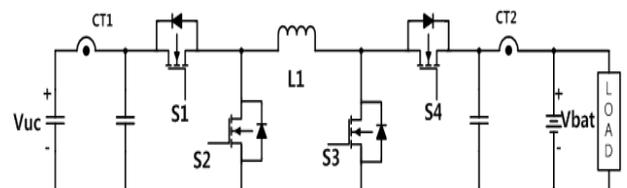
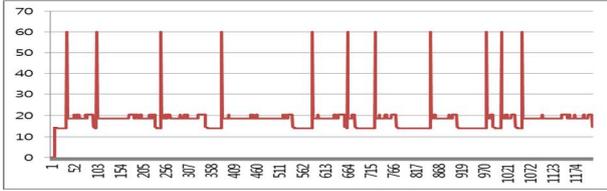


그림.2 양방향 DC-DC 컨버터

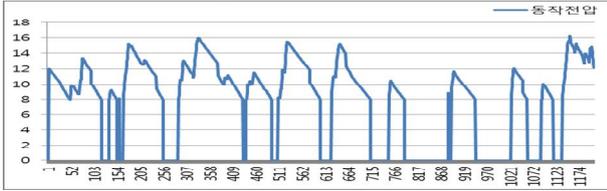
#### 2.2 Ultra Capacitor 용량 선정(JC08모드)

UC의 용량 선정은 시스템 가격과 운전모드에 따라

결정이 된다. UC의 용량은 JC08 모드에 의해 운전되는 시스템을 기준으로 선정하였고, 운전 전압의 범위를 결정을 통해 가능성을 검증하였다.



(a) JC08모드 운전 전류



(b) JC08모드 UC 연동 운전 전압(8V)

그림. 3 JC08모드 운전.

그림.3과 같이 운전 전압 범위에 따라 선정된 UC 200F(1200F\*6EA) 모듈을 적용하였다. 운전 전압은 8V~16V로 설정하고, JC08 모드의 시간 별 에너지 변화를 계산한 결과 616.6A/V를 초과하여 배터리의 에너지를 사용하게 된다. 하지만 에너지 초과하는 양이 많지 않기 때문에 가격을 고려한 시스템에서 적용이 가능하다.

### 2.3 시뮬레이션.

시뮬레이션은 그림 4와 같이 PSIM으로 구현하였다. boost 모드의 리플을 통해 선정한 인덕터의 타당성을 확인하였다. 인덕터의 설계는 높은 용량의 대 전류 사양에 맞게 설계를 해야 되지만 부피 및 가격을 고려하여 최소한의 리플을 가지게 설계되었다. 그리고 입력과 출력에 사용되는 커패시터의 경우 수명과 관련하여 필름 커패시터를 사용하여 용량이 작게 설계되었다.

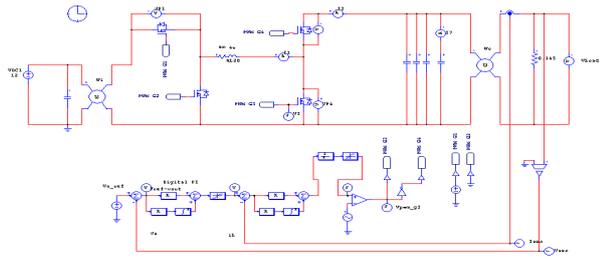


그림. 4 DC-DC 컨버터 시뮬레이션

그림 5는 Boost 모드의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 시뮬레이션에서 보여주는 것과 같이 차량에 적용이 가능한 수준에서 전압±1%, 전류 ±1% 이내에서 리플을 갖도록 설계하였다.

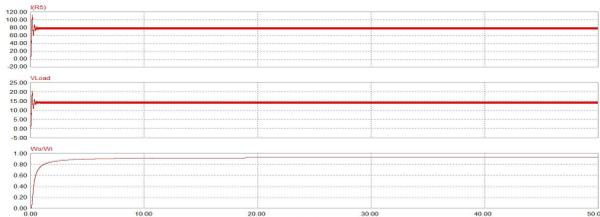


그림. 5 시뮬레이션 결과 파형

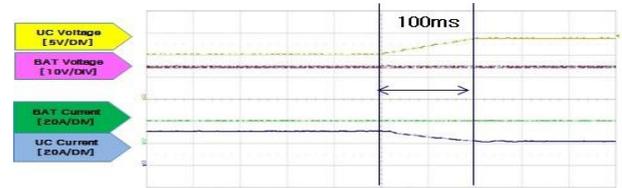
### 2.4 실험결과

그림 6은 시스템의 구성된 사진을 보여주고 있다. 제어보드 및 입/출력 필름Cap, Inductor, 입/출력 전류센서, 파워보드와 MOSFET는 제어기 아래에 위치하고 있다.

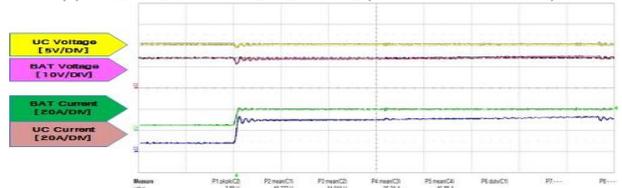


그림. 6 DC-DC 컨버터 실험 Set

그림 7은 Boost 모드에서의 입력 변동에 대한 실험 결과를 보여주고 있다.



(a) 전압변동에 의한 응답시간(10V-> 13.5V: 100ms)



(b) 전류변동시험(5A -> 20A : 200us)

그림. 7 DC-DC 컨버터 실험결과 파형

### 3. 결론

ISG용 DC-DC 컨버터에서 입력전압이 낮은 경우에 입력과 출력에 높은 전류가 흘러 시스템 구성 시 효율에 대한 부분이 가장 크게 작용이 된다. 본 논문에서는 주로 사용되는 용량(500W)에서 효율은 90%로 다소 낮게 설계가 되었다. 이 밖에 실제 차량에 적용하기 위해서는 보호회로에 대한 부분이 크게 좌우가 되는데 과전압, 과전류, 입력전압변동, Load 덤프, 디레이팅, 출력변동 시험 등이 구현이 되어 실제 차량장착이 가능한 시스템을 구현하였다. 향후 좀더 높은 효율을 위해서는 MOSFET의 병렬운전 및 인터리빙 방식을 적용하면 시스템 효율 향상을 할 수 있을 것으로 판단이 된다.

### Reference

[1] 이상택, 조주희, 김대영, “전기자동차 구동시스템의 개발동향”, 전력전자학회, 전력전자학회지, 제 16 권 제 2호 2011.4, page(s): 32-37.  
 [2] Sado, H., S. Sakai and Y. Hori, Road Condition Estimation for Traction Control in Electric Vehicle, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp.973-978, Bled, Slovenia, 1999.