

# RTGC의 연료절감을 위한 전압 보상 컨버터에 관한 연구

바이사\*, 류지수\*, 한동화\*\*, 이영진\*\*, 이상호\*, 최규하\*\*  
서호전기\*, 건국대학교\*\*

## A Study on the Voltage Compensation Converter to decrease fuel consumption of RTGC

Bayasgalan\*, Ji-Su Ryu\*, Dong-Hwa Han\*\*, Young-Jin Lee\*\*, Sang-Ho Lee\* and Gyu-Ha Choe\*\*  
Seoho Electric Co., Ltd., Konkuk Univ\*\*

### ABSTRACT

This paper presents a development of voltage compensation dc/dc converter to decrease fuel consumption of RTGC system. We used 3-phase interleaved converter, which has the same structure as the commercially available three-phase inverter, is used. RTGC system is supplied the power from diesel-engine generator. According to power demand, engine speed is varying 20~60Hz, and voltage is varying 210Vac ~ 480Vac. When idle mode or low power operation dc/dc converter operates by constant output voltage control.

The performance of converter is evaluated through several experiments with a real RTGC. Proposed system can cut down fuel consumption by 36% at idle mode operation.

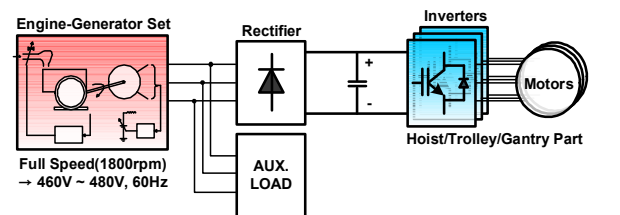
### 1. 서 론

본 논문에는 RTGC(Rubber Tyred Gantry Crane)의 연료 절감을 위한 전압 보상 dc/dc 컨버터 개발에 관한 내용을 다루었다. RTGC 시스템은 버스나 트럭처럼 자유롭게 이동하기 때문에 계통전원을 사용하지 않고 디젤 엔진 및 발전기 셋 (GENSET)으로부터 전원 공급을 받는다[1].

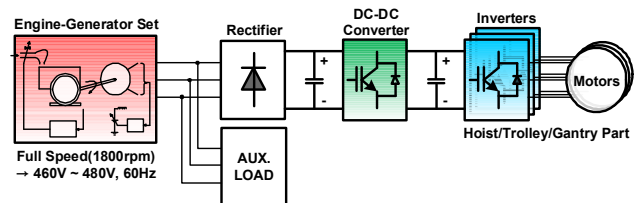
발전기의 회전속도를 부하에 따라 변경 시킬 수 있으나 전압이 회전속도와 비례적으로 변하기 때문에 대기 운전 또는 낮은 부하에서도 Aux부하용 전원장치 CVCF(Constant Voltage, Constant Frequency)는 전원

장치 및 기타 인버터의 안전 동작을 위해서 발전기가 항상 정격 속도로 운전해야한다. 제안 된 시스템에서는 승압형 dc/dc컨버터를 사용하여 발전기 출력 전압을 정류 한 후 컨버터를 통해 일정 전압으로 승압하여 저 전력 운전 모드에서 발전기 저속운전이 가능하게 되어 연료절감 효과를 얻을 수 있다.

RTGC는 컨테이너를 Hoist-Up 시 전력이 많이 요구되며 최대 부하시에는 전체 부하가 500kW 까지 요구된다. 그림 1(a)에서는 기존의 RTGC시스템의 구성을 보이고 있다. 그림1(b)는 보상컨버터 추가된 시스템 구성이며, 전압 보상컨버터로 3상 Interleaved 컨버터를 사용하였으며 일반 3상 인버터와 같은 구조로 구성되어 기존의 인버터 모듈을 사용했다.



a. 기존의 RTGC 시스템 구성



b. 제안 컨버터를 적용한 RTGC 시스템 구성

그림 1. RTGC 시스템 구성

본 시스템에서 사용된 3상 Interleaved 컨버터는 아래와 같은 장점들을 갖고 있다[2].

- 각상의 스위칭 지점이 서로 120도 위상차를 가져 낮은 스위칭 주파수에도 입력 전류 리플이 줄어든다.
- 각상의 위상차로 인해 출력전압 리플도 줄어든다.
- 대용량시스템일수록 시스템 가격저하가 가능하다.
- 병렬구성으로 시스템 신뢰성이 높고 유지 보수가 간편하다.

본 연구에서는 500kW급 3상 Interleaved 컨버터를 개발 하였으며 현장 실험을 통해 운전을 검증하였으며, 또한 보상컨버터 없는 기존 시스템과 연료절감효과를 비교 했다. 비교 실험을 단방향, 양방향 및 대기 운전 3가지 모드에서 수행 했으며 연료절감효과는 표1과 같다.

## 2. 3상 Interleaved 컨버터

500kW급 3상 Interleaved 컨버터의 전체 구성은 그림 2와 같다. 컨버터의 제어는 이중제어루프로 구성되며, 출력 단 전압 및 입력 단 전류를 제어 한다. 전류제어는 각 상의 전류가 일정한 값을 가지도록 전류 분배 제어를 수행한다.

그림2의 AC 전원은 디젤 엔진 및 발전기로 구성되며, 부하에 따라 800Hz~1800Hz의 회전속도를 가지며 이 경우 출력전압은 230VAC~480VAC로 변동한다.

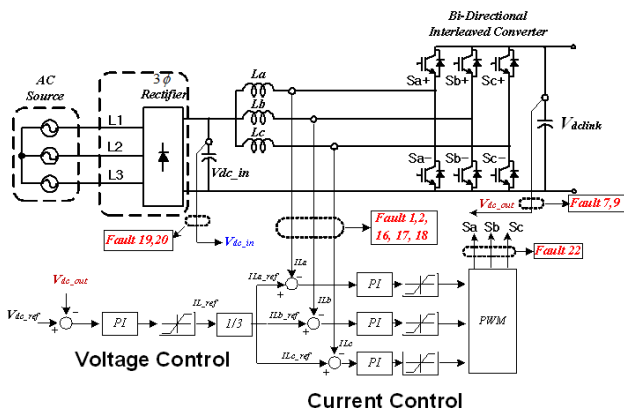


그림 2. 3상 Interleaved 컨버터 구성

그림 2에서의 전압 및 전류제어기 관계는 식 1, 2 와 같다.

$$I_{dc}^* = (K_{PV} + K_{IV}/s)(V_{dc}^* - V_{dc}) \quad (1)$$

$$V_{MOD} = (K_{PC} + K_{IC}/s)(I_{dc}^*/3 - I_{dc})$$

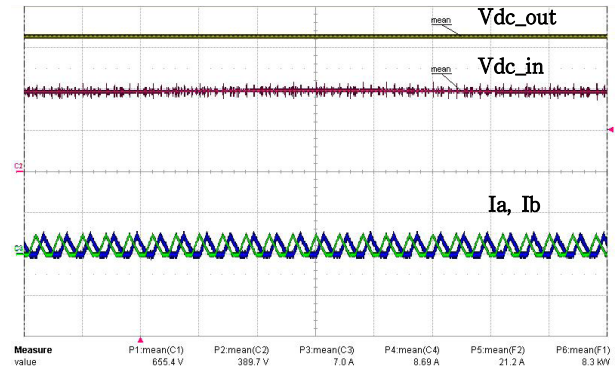
## 3. 실험 결과

개발 된 3상 Interleaved 컨버터를 실제 RTGC에 설치하여 실험을 수행했다. 그림 3(a)는 대기 운전 모드에서 전압 파형이며, 이 경우 발전기는 저속으로 운전하며 발전기의 출력의 정류된 전압 390Vdc를 660Vdc로 승압한다. 이때 부하 낮으므로 전류 불연속모드로 동작한다. 그림 3(b)는 최대 부하에서 동작파형이며 발전기의 정류된 전압 550Vdc를 660Vdc로 승압 한다. 이때의 상 전류는 140Adc 이다.

전압 보상 컨버터 없는 기존의 시스템과 비교 하기 위해서 다음 3가지 운전 모드에서 실험을 수행 했다.

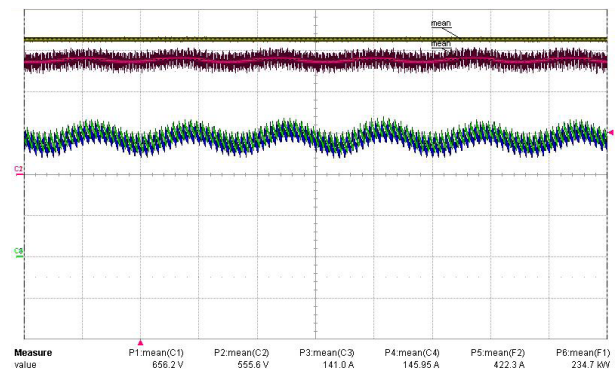
### 3.1 대기 운전 모드

이 모드의 경우 Hoist/Trolley, Gantry 등 시스템 부하는 동작안 하고 AUX. Load 만이 동작하며, 1시간에 수요 되는 연료를 계산했으며 기존 시스템에 비해 보상 컨버터 적용 시 약 36% 연료 절감 되었다.



Ch1, Ch2 : 200V/div, Ch3, Ch4 : 50A/div, 500uS/div

a. 대기 운전 모드에서 동작파형



Ch1, Ch2 : 200V/div, Ch3, Ch4 : 50A/div, 2mS/div

b. Hoist-Up 동작 파형

그림 3. 컨버터 실험 파형

### 3.2 단방향 운전 모드

그림4의 A위치에서 컨테이너를 들고 화살표 방향으로 이동하여 B 위치에 컨테이너를 놓고 A위치로 돌아온다. 이 와 같은 운전을 1시간에 10번 (사이클 단 6분) 한 결과 기존 시스템에 비해서 14.4%의 연료 절감 효과를 얻었다.

### 3.3 양방향 운전 모드

그림4의 A위치에서 컨테이너를 들고 화살표 방향으로 이동하여 B 위치에 도착 후 다시 컨테이너를 든 상태로 A위치로 이동. 이 와 같은 운전을 1시간에 10번 (사이클 단 6분) 한 결과 기존 시스템에 비해서 21.3% 연료절감 효과를 얻었다.

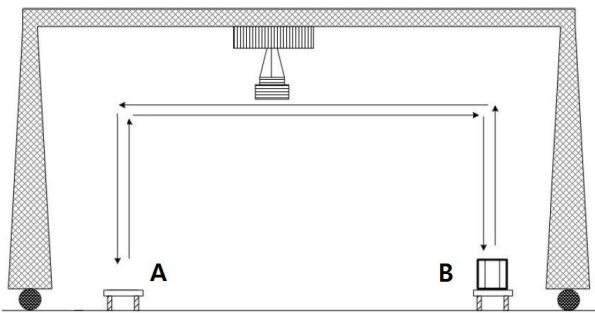


그림 4. 각 운전에 다른 컨버터 파형

표 1, 각 운전 모드에서의 연료절감 효과

| 운전 모드  | 소유 된 연료 [L/H] |           | 연료 절감 [%] |
|--------|---------------|-----------|-----------|
|        | 기존 시스템        | 보상 컨버터 적용 |           |
| 대기 운전  | 7             | 4.5       | 35.7      |
| 단방향 운전 | 20.8          | 17.8      | 14.4      |
| 양방향 운전 | 18.3          | 14.4      | 21.3      |

## 4. 결론

본 논문은 RTGC의 연료 절감을 위한 500kW급 전압 보상용 Interleaved DC/DC 컨버터를 개발을 다루었다. 개발된 제품은 실제 RTGC에 설치되어 최대 부하(40T 컨테이너를 Hoist-up) 조건 하에서 실 운전을 통하여 본 시스템의 타당성을 확인하였다.

기존의 시스템인 보상 컨버터가 없을 경우의 RTGC

와 비교하기 위해, 3가지의 운전 모드 즉 대기운전, 단방향운전, 양방향 운전의 경우 각각 35.7%, 14.4% 21.3%의 연료절감 효과를 가져왔다.

기존의 시스템의 경우는 대기운전의 경우 부하의 에너지 요구량 보다는 일정범위의 DClink전압을 형성하기 위한 발전기의 속도가 요구되었으나 제안된 3상 Interleaved 컨버터로 낮은 발전기의 정류전압을 일정한 DClink전압으로 유지할 수 있어 발전기의 속도가 낮은 상태에서도 운전이 가능해져 연료절감 효과가 크게 나타났다.

본 연구의 향후 과제로 하드웨어 설계 최적화 작업이 수행중이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Sang Min Kim, Seung Ki Sul, "Control of Rubber Tyred Gantry Crane With Energy Storage Based on Supercapacitor Bank", IEEE Trans. Energy Conv. 21 (6) (2006), pp. 1420 1427.
- [2] Gyu Yeong Choe, Jong Soo Kim, Hyun Soo Kang, Byoung Kuk Lee, "연료전지용 다상부스트 컨버터의 최적 설계기법", 전기학회논문지 제57권 제6호 (2008년 6월) pp.1003 1011