

# 15kW급 충방전기용 양방향 PWM 컨버터 개발

김세민 이은철 오용승 안강순  
(주)윌링스

## Design of Bidirectional PWM Converter for 15kW Charging-Discharging

KIM SE MIN  
Willings

### ABSTRACT

본 논문은 고효율 고역율 구현을 위한 배터리 충방전기로서 15kW급 충 방전기용 양방향 PWM 컨버터 개발에 관한 논문이다. 제안된 회로의 구성은 3상 인버터를 PFC정류하여 DC 전압을 만들고 350[VDC] 정전압제어를 통한 배터리 충방전용 DC DC 컨버터의 입력전압을 형성하는 것을 목표로 하였다. 시제품 제작과 실험을 통한 검증을 하였으며, 상용 충방전기용 제품에 적합함을 확인하였다.

### 1. 서 론

오늘날 현대 사회의 구성원들 대부분은 휴대용 정보화기기 사용에 따른 DC전원을 항상 필요로 한다. 대표적인 DC전원의 사용처는 노트북이나 휴대용전화기 또는 MP3 PLAYER등을 말할 수 있다. 이러한 기기들의 DC전원으로 배터리가 사용되는데 이는 2차 전지이다.

충방전기는 상기 2차 전지를 시장에 내어 놓기 전에 공장단계에서 배터리의 특성을 테스트하고 전압을 충전하는 용도의 장비를 말한다. 본 논문은 15[kW](350Vdc, 42.85A)급 충방전기용 컨버터의 설계 및 실험에 관한 논문으로 3상 220[Vac] 상용전원의 입력을 받아서 출력 전압 350[Vdc] 및 정격전류를 만들어내는 양방향 충방전기용 컨버터의 개발에 관한연구이다.

기존 리니어 타입(Linear Type) 충방전기는 회로구성에서 방전시 저항을 이용하여 배터리 전압을 방전시켜 배터리에 인가된 전력만큼의 손실분이 발생한다. 그러나 제안된 충방전기의 경우 회로구성이 스위칭 타입(Switching Type)으로 구성됨에 따라 양방향 운전을 통한 방전시 계통으로 전력 회수가 가능한 장점을 갖는다. 이는 곧 충방전전기를 운용하는 회사에 에너지 손실 절감을 갖는 장점이 되며 시장 또한 기존 리니어 타입의 충방전기에서 스위칭 타입의 충방전기로 자리를 옮겨가고 있다.<sup>[1,2]</sup>

### 2. 충방전기용 컨버터

#### 1.1 15kW급 충 방전기용 컨버터

충방전기는 상용 AC전원을 DC로 전환하기위한 AC DC컨버터가 1차 회로로 구성되며, 만들어진 DC전압을 배터리 정격 용량에 맞추어 충전 및 방전을 위한 DC DC컨버터가 2차회로

로 구성된다. 그중에서 본 논문은 1차회로인 AC DC컨버터를 실험한 결과이며 다음 그림1.에 계통도를 나타내었다.

#### 1.1.1 시스템의 구성

시스템의 구성을 살펴보면 상용 계통전압 220[Vac]를 입력으로 받고, 첫 충전 저항을 통한 전압을 형성한다. 그 후 3상 스위칭 정류회로를 통하여 DC 정격전압을 형성하는 구조를 취하였다.

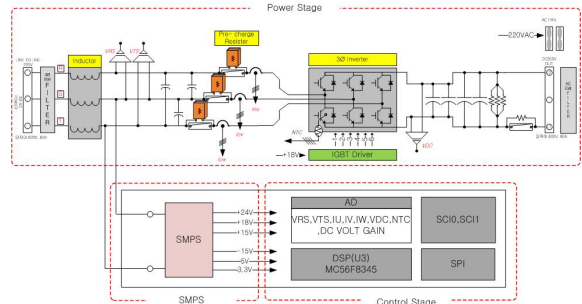


그림 1. 6kW급 충방전기용 컨버터의 계통도

15kW급 충방전기를 위한 정량적 목표는 아래의 표1과 같다.

표 1 시스템의 정량적 목표

Table 1 Quantitative goals of the system

계통전압	220VAC	DC전압	350VDC
계통전류	40.57A(정격)	DC전류	42.85A(정격)
출력전압리플	정격의 1%<	THD	4%<
출력전류리플	정격의 1%<	효율	>0.96

충방전기는 일반적으로 충전과 방전동작을 기본으로 한다. 그러나 이때 충전의 경우에는 스위칭 방식의 충전과 다이오드 정류 방식의 충전모드로 구분할 수 있다. 스위칭 방식의 충전 모드에서는 출력전압을 350[Vdc]로 출력전압제어를 하고 정류 모드의 충전에서는 출력전압이 260[Vdc]까지 전압강하가 이루어진다. 이때에 출력 전력을 유지하기위해서는 스위칭 방식의 충전보다 더 많은 전류를 요구하게 된다.

#### 1.1.2 수동소자 설계

충방전기를 구성하기위한 수동소자 중에 전력스위칭을 담당할 IGBT는 INFINEON사의 BSM150GB60DLC(Module Type)

를 사용하였으며 다음과 같은 기준을 통하여 선정 하였다.

충방전기의 계통 입력 전압은 220[Vac]이며, 이때 상전압은 127[V]에 해당한다. 또한 상전력이 5[kW]일 경우(입력조건) 상 전류는 39.37[A]이며, 이상의 조건에서 전류의 Peak( $\sqrt{2}$ )와 마진율(Margin)1.1, 안전율15를 곱하면 IGBT의 Ic전류는 91.85[A]에 해당한다. 또한 DIODE의 경우 스위칭모드에서는 위의 계산과 동일한 스펙을 가지나 정류모드의 경우에는 출력 전압이 260[Vdc]까지 강하가 이루어지는 점을 감안하여 15[kW] 출력을 계산하면 출력전류는 57.69[A]에 해당함을 알 수 있다. 이때 Peak( $\sqrt{2}$ )와 마진율(Margin)1.1, 안전율15를 곱하면 IGBT Module에서 DIODE의 전류내압은 약 134.6[A]에 해당함을 알 수 있다.

$$I_c = \frac{15[kW]}{\sqrt{3}} / 220[Vac] * \sqrt{2} * 1.1 * 1.5 \quad (1)$$

$$I_d = 15k[W] / 260[Vdc] * \sqrt{2} * 1.1 * 1.5 \quad (2)$$

표 2 스위칭 소자의 전기적 사양

Table 2 Electrical spec. of Switching Element

	IGBT			DIODE		
입력전압	220	V	출력전압	260	V	
상전압	127	V	출력전력	15000	W	
상전력	5000	W	출력전류	57.69	A	
상전류	39.37	A	Peak	1.414		
Peak	1.414		마진	1.1		
마진	1.1		안전률	1.5		
안전률	1.5		DIODE	134.60	A	
Ic	91.85	A				

Reactor의 경우는 충전모드에서는 Boost 회로의 성질을 가지며 방전모드의 경우에는 Buck의 성질을 가지게 된다. 이때 Reactor의 전류 리플율(Lipple Rate)을 이용하여 사용할 Reactor의 사양을 결정할 수 있게 된다.

Boost Converter의 전류 리플은

$$2\Delta_{iL} = \frac{V_{in}}{L} DT_s \quad (3)$$

으로 나타낼 수 있고,  $\Delta_{iL}$ 에 관하여 전개하면

$$\Delta_{iL} = \frac{V_{in}}{2L} DT_s \quad (4)$$

으로 나타낼 수 있다. [3]

식(4)를 적용하여 스위칭 주파수를 18[kHz], Duty가 0.67 일 경우 Reactor의 값은 약 1.07[mH]로 설정할 수 있다. 이상의 전력수동소자 설정 값을 바탕으로 시스템을 구성 하였고, 실험을 통한 검증은 실시하였다.



그림 2. 15kW급 충방전기용 PWM Converter의 내부구성

## 1.2 실험 결과

그림2의 구성된 시스템을 바탕으로 실험 진행결과 그림3,과 같은 출력전압을 확인하였으며, 그림4의 각 입력 상 전력과 THD를 확인하였다.



그림 3. 시스템의 출력전압



그림 4. 구성된 시스템의 상 전력과 THD

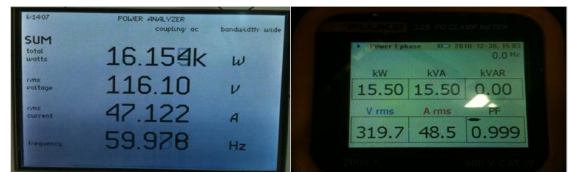


그림 5. 입력전력, 출력 전력 비교 및 PF(Power Factor)

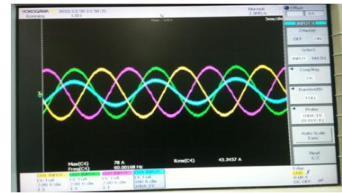


그림 6. Reactor 전류제어 파형

그림5.에서 입력전력 16.15[kw]출력전력[15.5kW]운 전에서 효율이 약 96%가 됨을 확인하였다.

## 3. 결론

본 논문에서는 15[kW]급 충방전기용 양방향 PWM Converter의 시스템구성을 제안하였고, 실험을 통하여 350[Vdc]의 출력전압과 리플전압 및 THD, 효율, 역률을 확인 하였다. 실험결과 스위칭용 충방전기를 구성함에 타당함을 판단하고, 향후 DC DC Converter를 시스템의 2차측에 적용할 예정이다.

이 논문은 광역경제권 연계협력사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

## 참고 문헌

- [1] 김은수, 변영복, 구헌희 고역률, 고효율 충방전기 '95 대한 전기학회 하계학술대회 논문집
- [2] 지정우, 최산 차태민 정규범 DSP로제어되는 동기형 배터리 충방전기 2009 한국정보기술학회 하계학술대회 논문집
- [3] 신휘범, 정세교 전력전자 공학의 기초