

축전지 충전기용 전압형 컨버터

곽주식* · 김재홍 · 최재호
 충북대학교 공과대학 전기공학과

Voltage Source Converter for battery charging

Joo-Sik Kwak, Je-Hong Kim, Jae-Ho Choi

Dept. of Electrical Engineering, Chungbuk National University, Cheong Ju, 360-763, Korea

Abstract

A voltage source PWM converter with battery charging and AC/DC power conversion ability is proposed in this paper. The proposed voltage source PWM converter is independently controlled by active and reactive components and implemented by DSP controller. In UPS application the mathematical model of the voltage source PWM converter has been derived. Finally, the performance of the voltage source converter is shown and discussed through experimental results.

1. 서론

지금까지 위상제어 정류기가 무정전전원장치(UPS)용용 분야에서 AC/DC 전력변환장치 및 축전지 충전기로 주로 사용되어 왔으나, 고조파발생에 의한 전원계통에 장애를 일으키는 단점을 내포하고 있다. 무정전전원장치는 매우 안정된 동작이 보장되어야 하는 시스템이다. on-line UPS에서 축전지는 항상 시스템에 직결되어 있어, 급격한 부하 변동이나 기타의 원인으로 인한 빈번하고 급격한 충방전 동작은 축전지의 수명을 현저히 단축시킨다. 또한, 전원 사고시를 위한 충분한 전력의 저장이라는 본연의 역할을 다할 수 없게 되어 시스템의 신뢰도를 저하시킬 수 있다. 따라서, 축전지의 돌입충전전류, 과충전, 부족충전을 제어하여 축전지에 가해지는 스트레스를 경감시키고 안정된 직류전압을 유지할 수 있는 변환기가 필요하게 된다.

본 연구에서는 고역률 축전지 충전기용의 정전압 기능을 가지는 전압형 PWM 컨버터를 제안한다. PWM 컨버터는 입력 전류를 전원전압과 동기상의 정현파로 유지하면서 출력측 직류 전압을 맥동성분이 없이 일정하게 제어할 수 있으며, 위상제어정류기를 사용할 경우 승압을 위해 필요한 입력측의 변압기를 제거할 수 있어 시스템을 소형·경량화 할 수 있는 장점을 갖고 있다.^[1,2,3]

본 시스템의 제어알고리즘은 DSP controller (TMS30c31)에 의해 소프트웨어로 구현되며, 스위칭 소자로 IGBT module 사용한다. 실험실에서, 5 kVA 시스템을 제작하여 축전지 충전기로서의 전압형 컨버터의 특성을 검토하였다.

II. 전압형 컨버터 시스템

그림 1은 삼상 전압형 PWM 컨버터의 등가회로를 보여준다. 전압형 컨버터는 축전지와 부하에 대하여 등가 전류원의 기능을 가진다. 정전지 충전전류를 방전하였다가 다시 복전되었을 경우, 축전지가 부하에 비해 매우 큰 임

피던스를 가지므로 전압형 컨버터는 부하에 대하여 전력을 우선적으로 공급하고 축전지는 서서히 충전된다.

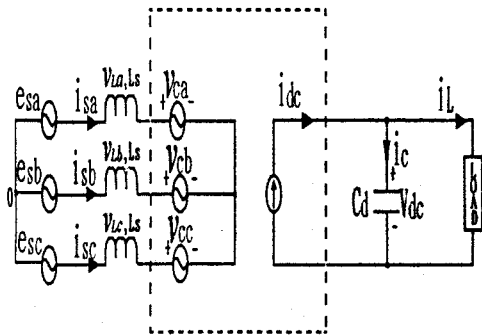


그림 1 Fundamental Harmonic Equivalent circuit of voltage source PWM converter.

동기회전좌표계로 나타낸 컨버터 시스템은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} L_s \frac{di_d}{dt} \\ L_s \frac{di_q}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_s & -\omega L_s \\ \omega L_s & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_m \\ e_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{ca} \\ v_{cb} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, i_d 는 무효성분 전류, i_q 는 유효성분 전류이다. 직류측 전압을 일정하게 유지하기 위한 유효성분 전류의 기준치 i_{dref} 는 직류단 전압오차의 비례적분제어로 생성되며, 단위 역률로 동작하기 위해 i_q 는 0으로 제어된다.

$$i_{dref} = (K_{pv} + \frac{K_{iv}}{s})(v_{dref} - v_{dc}) \quad (2)$$

$$i_{qref} = 0$$

전류제어기는 입력전류를 전압과 동기상의 정현파로 제어하기 위한 컨버터입력단 전압지령치를 식(3)에 의하여 생성하며, 공간벡터변조 방식에 의해 6개의 유효 벡터와 2개의 영벡터의 합성으로 구현된다.

$$V_{qref} = -(K_{pc} + \frac{K_{ic}}{s})(i_{dref} - i_d) + e_{sd} - \omega L_s i_{dref} \quad (3)$$

$$V_{dref} = -(K_{pc} + \frac{K_{ic}}{s})(i_{qref} - i_q) + e_{sq} + \omega L_s i_{qref}$$

전원측으로부터 직류측으로 공급되는 전력은 다음과 같다.

$$V_{dc}i_{dc} = \frac{3}{2} (v_{cu}i_q + v_{cd}i_d) \quad (4)$$

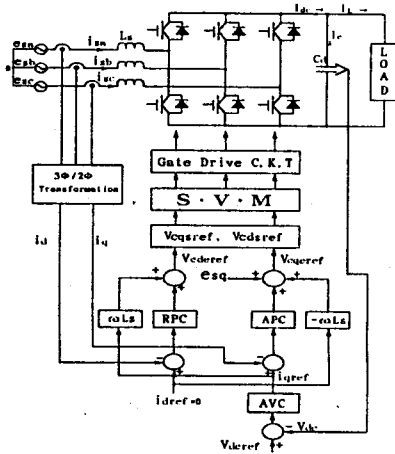


그림 2. Control system of voltage source PWM converter.

III. 시스템 구성

전압형 컨버터의 하드웨어는 DSP TMS320c31 controller, 입·출력 필터, IGBT module 그리고 센서로 구성된다. 그림 3은 제시된 전압형 PWM 컨버터의 구성을 보여준다. 셀(cell) 당 12 [V]의 무보수 밀폐형 축전지 36 셀을 직렬 연결하여 정전시를 대비한 전력을 저장한다. 정상상태에서 축전지는 전압형 컨버터에 의해 13.5[V/cell]의 부동 충전 전압으로 만족되어 있으며, 정전시에 부하에 전력을 공급하는 기능을 수행한다. 축전지의 수명을 보장하기 위해서, 정밀한 부동충전전압을 요구한다. 과전압에 의한 과충전은 수명을 단축시키고, 부족충전은 축전지의 이용률을 저하시키고 동시에 수명도 단축시킨다. 본 연구에 사용한 무보수 밀폐형 축전지는 양극으로부터 발생하는 산소가스가 축전지내에서 극미의 유리성유 메트를 통하여 음극으로 확산되고 거기에서 음극활물질과 재결합되어 물로 환원되기 때문에 보액 필요없는 무누액 무보수 밀폐형 축전지이다.

축전지의 용량은 만충전 상태에서 언어낼 수 있는 유효한 전기용량으로 나타낸다. 축전지의 용량은 AH 단위로 나타내는데 이것은 전류(Ampere)와 방전시간(Hour)과의 곱으로 된다. 용량은 방전전류의 크기, 방전시의 온도, 방전종지전압 및 축전지의 사용내력에 따라 달라진다. 축전지의 공칭용량은 종류에 따라서 10시간용 혹은 20시간용 용량으로 나타낸다.

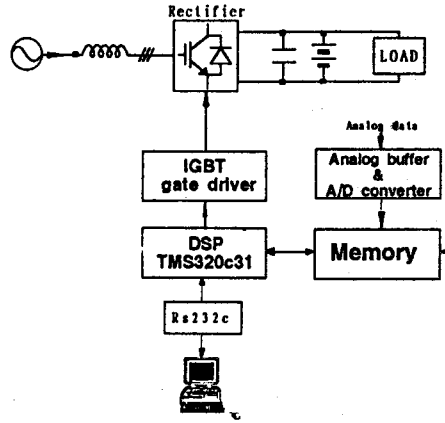


그림 3 Hardware implementation.

IV. 제어 소프트웨어

제어 루틴은 인터럽트에 의해 55 μ sec 의 주기로 동작된다. 매 샘플주기마다 전압과 전류를 검출하고 디지털 필터를 거쳐 노이즈를 제거한 뒤, A/D 변환과 D-Q 좌표 변환을 거쳐, 디지털 PI 제어를 통해 전압과 전류의 지령치를 실시간으로 생성하여 IGBT 스위치를 제어한다.

주루틴은 시스템 기동시 control board 의 메모리와 I/O 장치, 그리고 모든 제어 변수를 초기화시키고 시스템의 기능을 점검한다. 시스템이 정상적인 상태에 있음이 확인되면 타이머를 샘플링 주기로 설정한다. 이러한 동작이 끝나면 주루틴은 무한 루틴을 수행하게 되며, 설정된 샘플주기마다 타이머는 CPU 에 대해 인터럽트를 발생시키고, 이에 의해 인터럽트 서비스루틴은 제어동작을 수행하게 된다. 동작중 이상 발생시 고장인터럽트의 제어에 따라 시스템을 정지시킨다.

V. 실험 결과

표1은 실험에 사용된 파라미터 값들을 보여준다.

표 1 Experimental parameters.

Parameters	Constant values
Output voltage	486 [V]
Input voltage	220 [V]
Input inductance	1.2 [mH]
Output side capacitance	5,200 [μ F]
Switching frequency	9.09 [kHz]
Battery	36 [cell]/12[V]

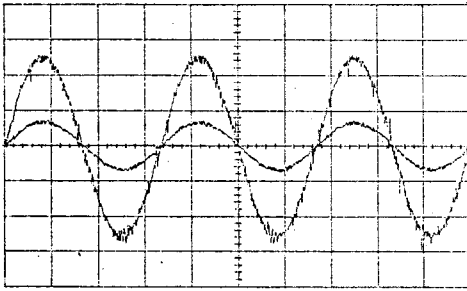


그림 4 AC Input voltage and current in rectifying.

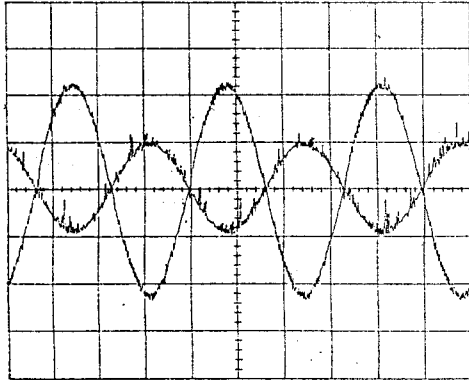


그림 5 AC Input voltage and current in inverting.

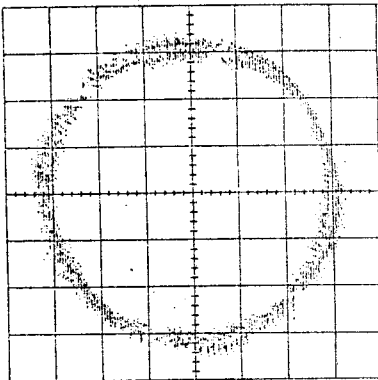


그림 6 AC input current vector

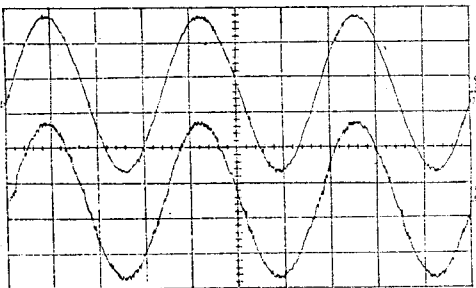


그림 7 Phase 'A' ia_ref and ia.

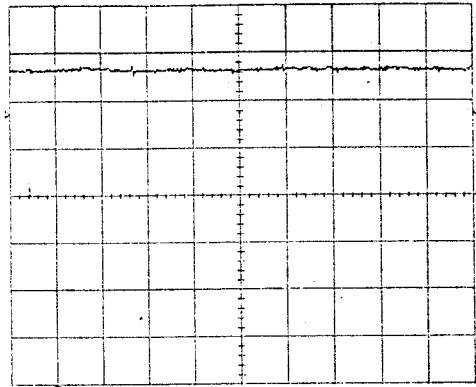


그림 8. Battery voltage.

VI. 결 론

무정전전원장치의 AC/DC 변환기 및 충전기로서 공간벡터 변조법을 사용한 전압형 컨버터를 적용, 검토 하였다. 입력전류의 유효성분과 무효성분을 독립적으로 제어하여 고입력 역률로 평활한 직류전압의 유지와, 안정된 충전동작이 가능하였다.

참고문헌

1. Je-Hong Kim, et al "Characteristics Improvement of the Voltage Source Converter controlled Independently by Active/Reactive components", J. of Ind. Sci. and Tech. Institute *Chungbuk National University*, Vol. 2, pp.59-72, 1994.
2. H. Sugimoto, et al, "A high performance control method of a voltage-type PWM converter", *Proc. of PESC' 88*, pp.360-368, 1988.
3. G. Habetler, "A space vector-based rectifier regulator for AC/ DC/AC converters", *EPE. firenze*, vol.2, pp. 101-107, 1991.
4. Peter Vas, *Vector Control of AC Machines*, Oxford University Press, 1990.
5. Peter Vas, *Electrical Machines and Drives ; A Space-Vector Theory Approach*, Oxford University Press, 1992.
6. Texas Instruments, TMS320C3x User's Guide, 1992
7. Texas Instruments, Digital signal processing application with the TMS320 family, 1990
8. Namil Battery, Special nonmaintenance sealed battery SS B, 1990 Kun Yang Electric, UPS technique materials, 1993