

# DSP칩을 이용한 스위칭 전력변환 시스템의 특성 개선 기법

강민수, 김상욱, 임동기, 강호현, 전희종  
승실대학교

## The Improvement Techniques of Characteristics using DSP Chip in Switching Power Converter System

Min-Su Kang, Sang-Ug Kim, Dong-Gi Im, Ho-Hyun Kang, Hee-Jong Jeon  
Soongsil University

### ABSTRACT

In this paper, single phase boost converter with low current harmonic components and high power factor are proposed. A single-phase half-bridge rectifier based on a neutral point switch clamped scheme is proposed to draw a nearly unity power factor and regulate the DC link voltage. Three power switches are employed in the proposed rectifier. This rectifier is controlled to generate a bipolar or unipolar PWM voltage waveform on the AC side. The proposed converter is implemented by a digital signal processor

### 1. 서론

일반적으로 전기에너지는 부하의 특성에 따라 필요한 형태로 변환되어야 하므로 전기에너지 응용분야에 따라서는 전력변환 기술이 매우 중요한 역할을 하고 있다. 대부분의 기기들은 효율이 좋은 양질의 신호를 사용하기 위하여 다양한 측면에서 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서의 고효율, 고역률을 가지는 부스트 컨버터는 NPC (Neutral Point Clamped)기반에 단상 반파 정류기는 DC링크 전압을 조절하고 고역률을 만족하도록 제안한다. 제안한 컨버터는 AC측에서 바이폴라 PWM전압 파형과 유니폴라 PWM 신호 파형을 발생시킴으로서 일정한 직류 출력 전압을 얻을 수가 있고 원하는 값에서 DC 링크 전압을 유지하기 위해서 전압 컨트롤러가 사용된다. 전력용 스위치의 컨트롤 신호는 DC링크 전압과 선전류에 따라 조절되고 히스테리시스 전류 제어는 전류를 추종하기 위해서 고정된 히스테리시스 밴드내에서 전류의 에러를 비교하여 동작되며 제안된 컨버터는 16비트 고정소숫점 방식의 DSP를 사용하여 구현하였다.

### 2. 컨버터 구성 및 동작원리

#### 2.1 부스트 컨버터의 구성

본 논문에서 적용된 단상 2-레벨 컨버터의 회로 구성은 그림 1과 같다. 전류리플을 최소화하기 위해 사용된 부스트 인덕터, 안정된 직류 출력전압과 2-레벨 전압패턴을 발생하기 위한 두 개의 캐패시터(C1, C2), 네 개의 빠른 회복 다이오드(D5, D6, D7, D8) 그리고 교류전압과 단위역률을 갖는 정현 전류를 만들고 안정된 직류출력전압을 발생하기 위한 세 개의 전력용 스위치(S1,S2,S3)로 구성된다.

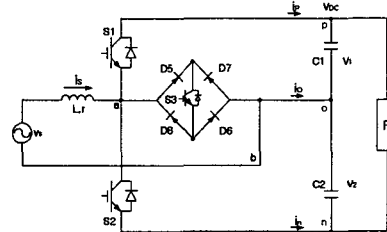


그림 1 회로 구성도

#### 2.2 부스트 컨버터의 동작

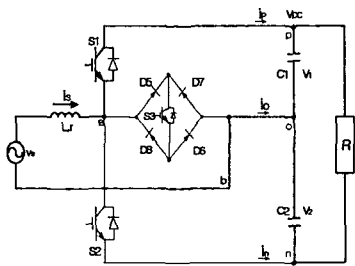
전력용 스위치(S1, S2, S3)의 스위칭 상태에 따라서 그림 2의 회로는 3가지 모드의 회로구성을 가진다. 동작모드를 해석하기 전에, 모든 요소는 이상적이고 제안한 컨버터에서 중성점 전압은 DC링크 전압의 절반과 같다.

모드 1에서 전력용 스위치 S1은 턴온 되고 나머지 파워스위치 S2와 S3는 모두 오프인 상태이다. 전압레벨  $V_{dc}/2$ 는 정류기의 AC측 보다는 크다. 그리고 전류는 부스트 인덕터와 스위치 S1그리고 캐패시터 C1을 통해 흐른다. 정류기는 부스트 PWM 형태로 동작하기 때문에 DC 전압의 절반은 선전압의 피크치 보다는 항상 크다. 모드 1에서의 선전류는 감소한다. 캐패시터 C1과 C2는 방전한다.

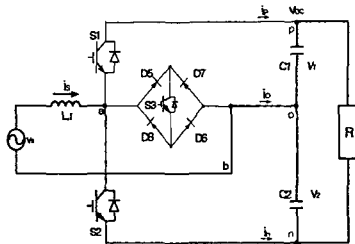
모드 2에서의 동작원리는 스위치 S2는 턴온되고, 스위

치 S1와 S3는 모두 오프된다. 전압레벨은  $-v_{dc}/2$ 가 된다. 전류는 부스트 인덕터와 스위치 S2 그리고 캐패시터 C1을 통해 흐른다. 동작모드 2에서의 선전류는 부스트 인덕터의 전압이  $v_s + v_{DC}/2$ 이기 때문에 증가한다. 음의 선전류에서 캐패시터 C2는 방전할 것이다.

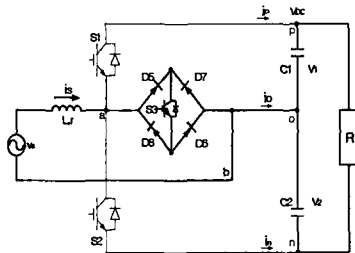
모드 3에서의 동작원리는 선전류는 전원의 양의 반주기 동안에는 증가하고 음의 반주기 동안에는 감소한다. 캐패시터 C1과 C2는 방전한다. 다시 말해 본 연구에서는 전원의 양의 반주기 동안과 음의 반주기 동안의 전압레벨 상태를 설명하자면 다음과 같다. 즉 전원의 양의 반주기 동안에는 전력용 스위치 S2는 턴오프 된다. 정류기 AC측의 전압레벨은 전력용 스위치 S1은 턴온 되므로써  $v_{dc}/2$ 이 된다. 스위치 S3는 전압레벨  $v_{ab}=0$ 이 되기 위해서 온 된다. 즉 이러한 전원 전압의 양의 반주기 동안에 2개의 전압레벨,  $v_{dc}/2$ 와 0이 전압  $v_{ab}$ 에서 만들어지고 전압의 음의 반주기 동안 정류기는 두 개의 전압레벨 즉 0과  $-v_{dc}/2$ 을 생성 한다. 스위치 S1은 이 음의 반주기 동안에는 오프 상태가 된다. 스위치 S2와 S3은 됴에 따라 전압  $v_{ab}=0$  혹은  $-v_{dc}/2$ 을 얻게 된다.



(a)모드 1



(b)모드 2



(c)모드 3

그림 2. 동작모드

### 3. 제어 시스템 구성

두 개의 단순한 PWM 기법인 바이폴라(bipolar)와 유니폴라(unipolar) PWM방식이 단위역률과 일정한 DC링커 전압을 유지하기 위해서 제안되었다.

바이폴라 PWM동작에 있어서 스위칭 신호와 제안한 정류기의 인덕터에 흐르는 전류는 그림3과 같다. AC측 전압  $v_{ab}$ 는  $v_{dc}/2$  혹은  $-v_{dc}/2$ 와 같다. 전력용 스위치 S1과 S2의 온 오프 신호는 측정된 선전류와 지령치 선전류 사이의 전류오차에 의해서 조절된다. 바이폴라 동작에서 S3의 스위치는 오프 된다.

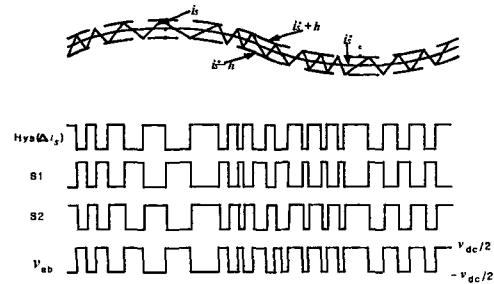


그림 3 바이폴라 PWM 파형

본 논문에서 적용된 two-level 유니폴라 PWM 기법은 3 가지 전압 레벨이 만들어 지는데 전원 전압의 양의 반주기 동안에는 전력 스위치 S2는 항상 오프 된다. 전력용 스위치 S1과 S3는 스위치 온오프시 인덕터 전류는 증가하거나 감소된다. AC측 전압  $v_{ab}$ 에서 전압 레벨  $v_{dc}/2$ 와 0이 생성된다. 반면에 전원 전압의 음의 반주기 동안에는 전력 스위치 S1은 오프되고 전력용 스위치 S2와 S3는 스위치 온, 오프시 인덕터 전류는 증가하거나 감소된다. 이 음의 반주기 동안에 전압  $v_{ab}$ 는 0혹은  $-v_{dc}/2$ 가 된다.

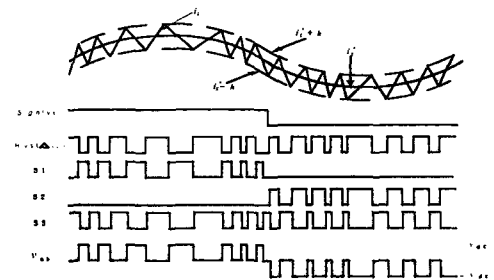


그림 4 유니폴라 PWM 파형

본 논문에서 제안된 시스템의 구성도는 그림 5와 같다. 사인과 발생기에서는 입력전압과 동상인 전류 지령치를 만들기 위해 입력전압의 위상을 검출하는 PLL(Phase Lock Loop)을 사용하고 전압제어기에서는 실제 직류출력전압의 크기와 전압 지령치의 오차를 가지고 전류지령치의 크기를 만들어 낸다. 이 두 제어기를 통하여 발생된 전류지령치는 히스테리시스 제어기의 입력이 되어 실제 인덕터에 흐르는 전류와 비교, 판단하여 디지털 출력을 내보내게 된다.

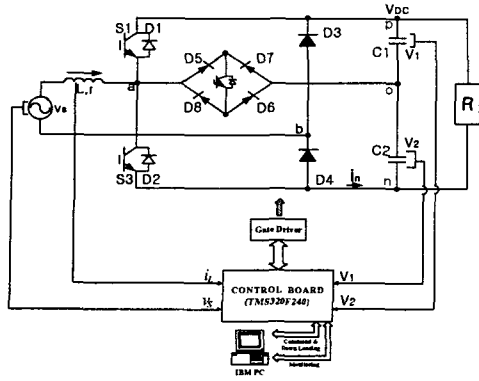


그림 5 시스템 구성도

#### 4. 실험 및 결과

TMS320F240에서 발생된 IGBT 입력단 스위칭 신호의 파형을 보여주고 있다. 각 스위칭 신호 S1,S2는 서로 상보적으로 동작하고 있는 것을 볼 수 있다. 실험에 사용한 파라미터는 시뮬레이션 파라미터와 일치하며 스위칭 소자로서 IGBT를 사용하였다. 그림 6,7은 각 디지털 제어기의 출력 값을 나타내고 있다.

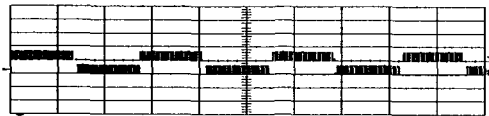


그림 6 S1,S2의 신호(5V/div,5ms/div)

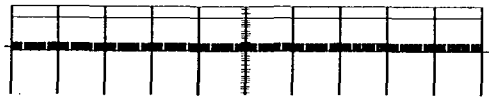


그림 7 S3의 신호(5V/div,5ms/div)

그림 8에서는 전체회로에서 ab양단에 걸리는 전압과 입력전류 파형이다. 시뮬레이션 파형과 실험 파형은 거의 일치함을 알 수 있다.

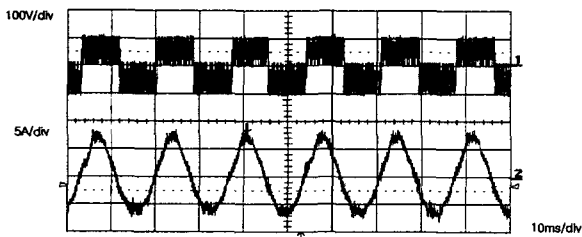


그림 8 ab양단전압과 입력전류

그림 9는IGBT 스위칭 신호에 따라 제어된 입력 전압과 입력 전류 파형을 보여주고 있다. 정현적인 모습을 갖는 전류파형의 모습을 통해 고조파가 거의 없어진 것을 알 수가 있으며 전압과 동상을 유지 하므로서 역률제어가 잘 되고 있음을 알 수 있다.

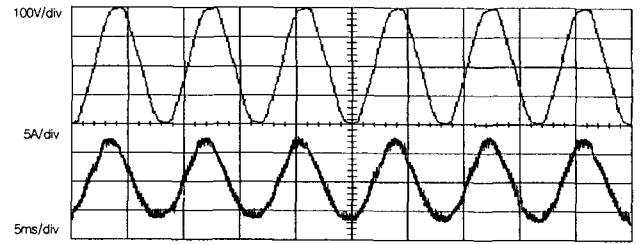


그림 9 입력전압과 입력전류

#### 5. 결론

입력전류는 입력전압과 동상으로서 역률 제어가 이루어지고 있음을 확인하였고 입력전류는 저차 고조파가 거의 없는 정현적인 모양을 유지함으로써 전류제어가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 또한 히스테리시스 전류제어를 통해 과도응답에서 빠른 동적 응답 특성을 보이고 있는 것을 확인하였다. 그리고 본 논문에서 사용한 시스템을 적용 시키기 위해 DSP를 사용하여 디지털 제어부를 구성하며 시스템의 전류제어를 위하여 히스테리시스 제어기를 함께 사용하였다. 시뮬레이션 및 실험적인 결과를 통해 대체적으로 만족스런 모습을 보여주었다. 그리고 본 연구에서 제안된 시스템은 3상에서도 적용할 수 있다고 사료된다.

#### 참고 문헌

- [1] Ewaldo L.m, Mehl and I. Barbi, "An improved high power factor and low cost three-phase rectifier," IEEE Applied Power Electronics Conference(APEC '95) Proceedings, pp.835~841, 1995.
- [2] J. C. Salmom, "Circuit topologies for single-phase voltage-doubler boost rectifiers", IEEE Trans, on PE, vol. 6, 1993, pp. 521-529.
- [3] A. Nabae, I. Takahashi, and H. Akagi, "A new neutral point clamped PWM inverter", IEEE Trans, 1981, IA-17, (5), pp. 518-523.
- [4] J. Cater, C.G. Goodman, H. Zelaya , "Analysis of the single-phase four-quadrant PWM converter resulting in steady-state and small-signal dynamic models", IEE Proc-Electr. power Appl, vol. 144, no4, July 1997
- [5] I. Barbi, J.C., Fagundes and C.M.T. Cruz, "A new low cost high power factor three-phase diode rectifier with capacitive load," IEEE Applied Power Electronics Conference(APEC '94) Proceedings, pp.745~751, February 1994.