

Modified Trapezoidal PWM을 베이스로 한 CRPWM Boost Type AC/DC Converter

권영원, 노의철, 김인동, 김만고, 전성준, 조철제, 문성득
부경대학교

A CRPWM Boost Type AC/DC Converter based on Modified Trapezoidal PWM

Young-Won Kwon, Eui-Cheol Nho, In-Dong Kim, Marn-Go Kim, Seong-Jeub Jeon,
Cheol-Je Joe, and Sung-Deuk Moon
Pukyong National University

Abstract

This paper describes a current regulated PWM boost type rectifier based on modified trapezoidal PWM. Each switch of a converter has no switching for one third period of a fundamental line current. Therefore, the switching loss of the proposed scheme is less than that of the hysteresis current controller.

Operating principle is described and simulations and experiments are carried out.

[5] 방식을 결합하여 ac-dc 컨버터의 스위칭 손실을 저감하고자 한다.

MTPWM 방식은 SPWM(Sinusoidal PWM) 구현의 복잡함과 어려움을 해결하기 위해 고안된 것으로서 다음과 같은 특징이 있다. 전류 기본파의 반주기 내에서 $0 \sim \pi/3$ 와 $2\pi/3 \sim \pi$ 사이에서만 스위칭이 일어나고 $\pi/3 \sim 2\pi/3$ 사이에서는 스위칭이 발생하지 않는다. 따라서, MTPWM 방식을 히스테리시스 전류 제어기에 도입하면 컨버터의 스위칭 횟수가 줄어들어서 스위칭 손실이 저감된다.

3상 440 V, 60 Hz를 입력으로 하는 12 kW ac-dc 컨버터의 전류제어를 제안한 방식으로 구현하여 스위칭 주파수 특성을 시뮬레이션을 통해 살펴보았으며, 실험적으로 제안한 방식의 타당성을 입증하였다.

1. 서론

3상 교류 전압원으로부터 일정한 직류 전원을 얻기 위한 PWM ac-dc 컨버터에서 전류제어를 위한 다양한 방법들이 제시되었다[1,2]. 전류제어 방식에 따라 PWM 컨버터의 성능이 대부분 결정되므로 적절한 전류제어기의 설계는 전체 시스템 성능 향상에 중요한 역할을 한다. 과도 응답 특성을 향상시키거나, 과전류 검출 및 보호, 시스템이나 부하 변수 변동에 무관한 일정한 성능유지 등은 전류제어기에 의해 이루어진다.

전류제어의 여러 가지 방법들 가운데 임의의 히스테리시스 밴드폭을 갖는 히스테리시스 전류제어기가 비교적 구현하기 쉽고 간단하여 가장 기본적이고 널리 쓰인다[3,4]. 본 논문에서는 기존의 히스테리시스 전류제어기에 MTPWM(Modified Trapezoidal PWM)

2. 제안한 방식의 동작 설명

그림 1은 제안한 방식을 ac-dc 컨버터에 적용한 block diagram이다. 컨버터의 스위칭 소자는 IGBT로 되어 있으며 교류 입력단 리액터의 %Z는 5%이다. 컨버터 출력단 직류 전압을 일정하게 제어하기 위하여 피드백 루프가 구성되어 있고 교류 입력의 역률을 1로 하기 위해 각 상전류는 각 상전압에 동기 되도록 한다. 히스테리시스 제어기 출력이 MTPWM에 입력되며 MTPWM 출력 신호에 따라 컨버터의 각 스위치가 온·오프 된다.

MTPWM의 출력은 표 1과 같이 정해진다. 표 1에 의하면 S_{a+} 는 $\pi/3 \sim 2\pi/3$ 구간에서는 항상 온 상태를, $4\pi/3 \sim 5\pi/3$ 구간에서는 오프 상태를 유지하

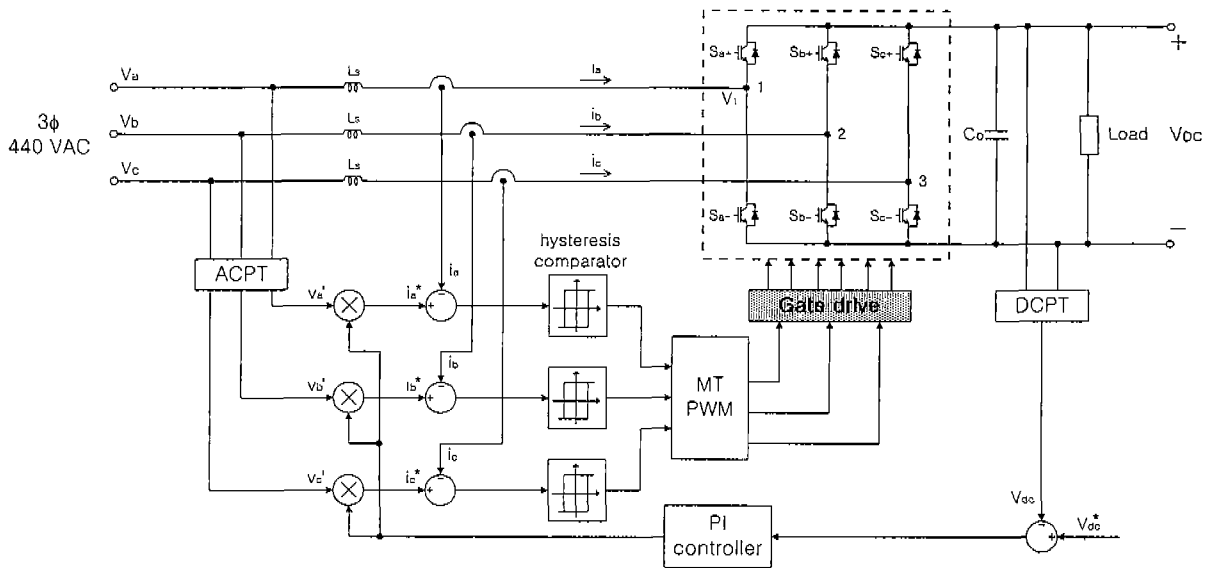


그림 1 제안한 방식을 적용한 컨버터 시스템의 block diagram

고 Sa-는 Sa+와 반대로 된다. 나머지 구간에서는 히스테리시스 제어기 출력 신호가 나타난다. Sb+, Sc+의 스위칭 상태는 Sa+의 스위칭 상태가 각각 120°, 240° 시프트되어 결정된다.

는 전원 상전압 V_a 와 i_a 를 나타낸다.

3.2 스위칭 손실

그림 6은 전부하시 한 주기동안 이루어지는 스위칭 횟수를 나타낸다. 점선은 일반적인 히스테리시스 제어기만을 사용하였을 경우이고 실선은 제안한 방식

표 1 MTPWM 출력 신호

스위치	각 스위치의 스위칭 상태					
	0~ $\pi/3$	$\pi/3$ ~ $2\pi/3$	$2\pi/3$ ~ π	π ~ $4\pi/3$	$4\pi/3$ ~ $5\pi/3$	$5\pi/3$ ~ 2π
Sa+	PWM	ON	PWM	PWM	OFF	PWM
Sa-	PWM	OFF	PWM	PWM	ON	PWM
Sb+	OFF	PWM	PWM	ON	PWM	PWM
Sb-	ON	PWM	PWM	OFF	PWM	PWM
Sc+	PWM	PWM	OFF	PWM	PWM	ON
Sc-	PWM	PWM	ON	PWM	PWM	OFF

3. 스위칭 특성 시뮬레이션

3.1 스위칭에 의한 각 부의 전류와 전압

그림 2는 각 상전류의 파형을 반주기 동안 나타낸 것이며, 그림 3은 V_1 와 i_a 를 나타낸다. V_1 의 파형을 보면 0~ $\pi/3$, $2\pi/3$ ~ $4\pi/3$, $5\pi/3$ ~ 2π 구간에서 스위치 Sa+가 온·오프되고, $\pi/3$ ~ $2\pi/3$, $4\pi/3$ ~ $5\pi/3$ 구간에서는 각각 항상 온과 오프 상태를 유지하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 V_{12} 와 i_a 를 나타내며 그림 5

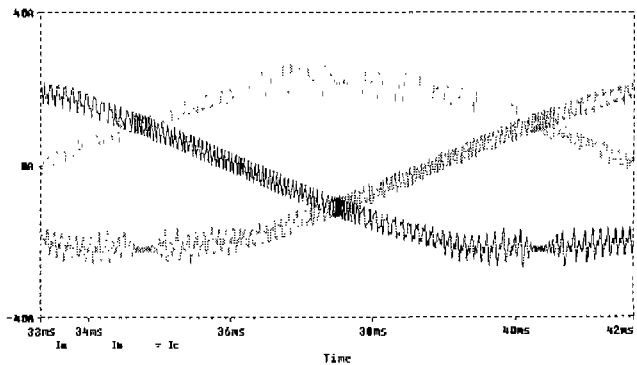


그림 2 반주기 동안의 각 상전류 파형

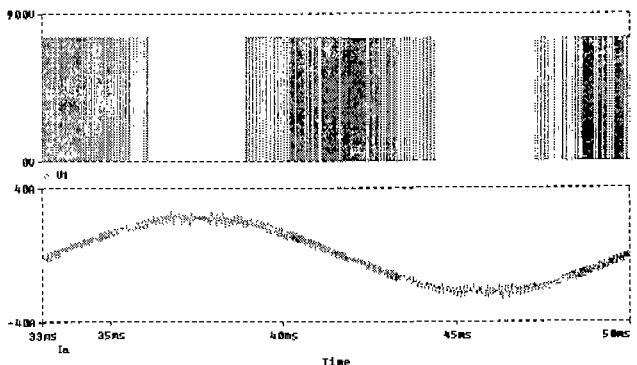


그림 3 a상 pole 전압 V_1 와 a상 상전류 i_a 파형

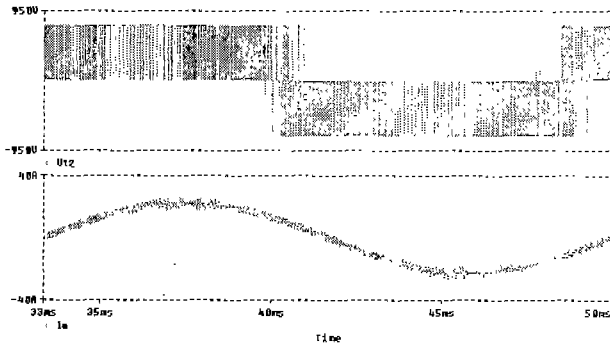


그림 4 a, b상 pole 선간전압 V_{12} 와 a상 상전류 i_a 파형

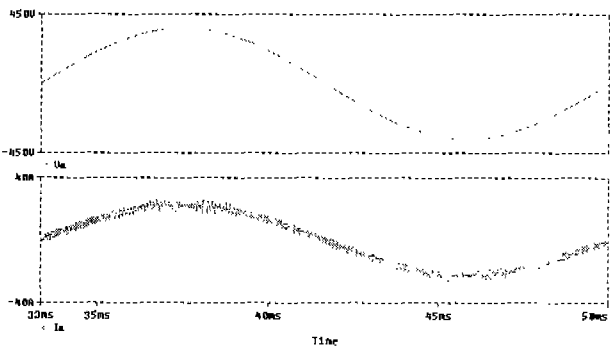


그림 5 a상 상전압 V_a 와 a상 상전류 i_a

의 경우이다. 두 경우 모두 히스테리시스 밴드 폭은 정격 전류 피크값의 20%이다. 그림에서 보는 바와 같이 제안한 경우는 한 주기의 1/3주기 동안 스위칭이 이루어지지 않으므로 히스테리시스 제어기만을 사

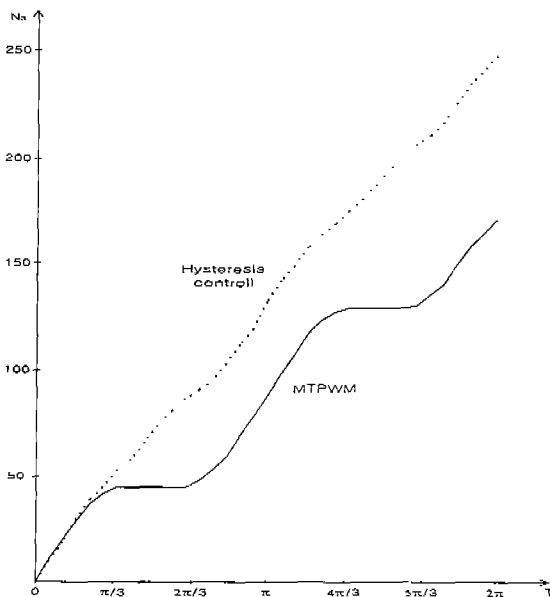


그림 6 스위칭 횟수 비교

용한 경우보다 한 주기 동안의 스위칭 횟수가 30 정도 작다. 따라서 스위칭 손실도 이에 비례하여 소하게 된다.

4. 실험 결과

그림 1의 시스템에서 실험 조건은 다음과 같다.

입력전압 = 440 VAC, $L_s = 2\text{mH}$, IGBT = 1200 V, 900 A, $C_o = 6600 \mu\text{F}$, 직류출력전압 = 700 VDC.

그림 7은 컨버터의 a상 pole 전압 V_1 과 a상 전류 i_a 를 나타낸다. V_1 파형에서 알 수 있듯이 스위치 S-

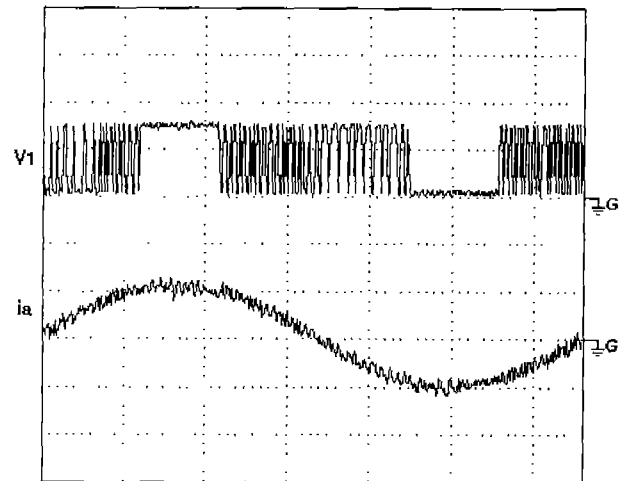


그림 7 a상 pole 전압 V_1 과 a상 상전류 i_a 의 실험 파형

(V_1 : 500 V/div, i_a : 20 A/div, 2.5 ms/div)

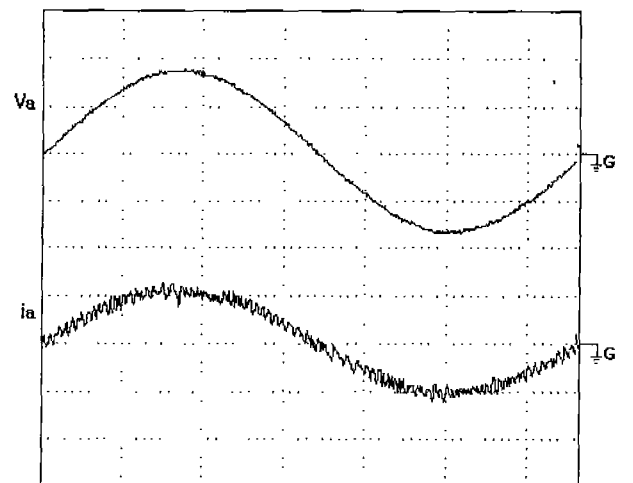


그림 8 a상 상전압 V_a 와 a상 상전류 i_a 의 실험 파형

(V_a : 200 V/div, i_a : 20 A/div, 2.5 ms/div)

는 $\pi/3 \sim 2\pi/3$, $4\pi/3 \sim 5\pi/3$ 구간에서 스위칭이 되지 않는다. 그림 8은 a상 상전압 V_a 와 상전류 i_a 를 나타낸다. V_a 와 i_a 파형으로부터 역률이 1에 가깝게 제어되고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

히스테리시스 전류제어기에 MTPWM 방식을 결합한 새로운 방식의 전류제어기를 제안하여 ac-dc 컨버터에 적용하였다. MTPWM 방식에 컨버터의 각 스위치는 기본파 전류의 한 주기 내에 1/3구간 동안은 스위칭 되지 않는다. 따라서, 제안한 방식은 기존의 히스테리시스 전류제어 방식에 비해 스위칭 손실이 작다. 즉, 제안한 방식은 히스테리시스 제어기의 장점은 모두 살리면서 스위칭 손실을 최소화한 것이다.

일정한 직류 전원을 얻기 위한 ac-dc 컨버터에 제안한 방식을 적용하여 스위칭 특성을 시뮬레이션으로 분석하였으며 실험적으로 제안한 방식의 타당성을 입증하였다.

참고 문헌

- [1] J. Holtz, "Pulsewidth modulation for electronic power conversion", Proc. IEEE, vol.82, pp.1194-1214, 1994
- [2] M.P. Kazmierkowski and M.A. Dzieciakowski, "Review of current regulation methods for VS-PWM inverters", IEEE IECON'94, pp.567-575, 1994
- [3] L. Malesani and P. Tomasin, "PWM current control techniques of voltage source converters -A survey", IEEE IECON'93, pp.670-675, 1993
- [4] L. Malesani and P. Tenti, "A novel hysteresis control method for current controlled VSI PWM inverters with constant modulation frequency", IEEE IA, vol.26, pp.88-92, 1990
- [5] 조우성 외, "Modified Trapezoidal PWM 인버터 고조파 특성 해석", '99 전력전자 학술대회 논문집, 1999