

듀티비 패턴을 이용한 승압형 정류기의 고역률 구현에 관한 연구

이 교 범, 이 광 원
아주대학교 전자공학부

A Study on High Power-Factor Control of Boost Type Rectifier Using Duty Cycle Pattern

Kyo-Beum Lee, Kwang-Won Lee
School of Electronics Engineering, Aiou University

Abstract - This paper proposes a new control scheme for enhanced power factor in the boost type AC/DC rectifier. The control scheme is to generate duty-cycle pattern without instantaneous measurement of the input line current. With a very simple controller structure the line current is forced to trace a sinusoid in phase with input voltage. The simulation results show the validity of the proposed control scheme.

1. 서 론

그림 1은 일반적인 승압형 정류기이다.

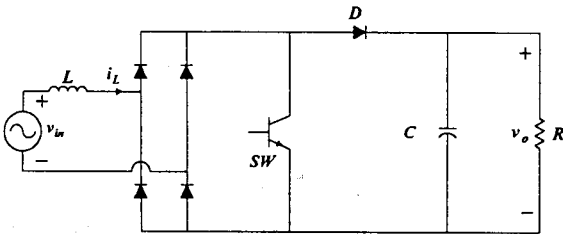


그림 1 승압형 정류기

위의 변환 회로에서 단위 역률이 되게 하려면 입력 전류가 전압과 동상이 되게 하여야 한다. 이를 실현하기 위한 방법으로 측정된 입력 전류와 기준 전류를 비교하여 스위치를 온, 오프 시키는 방법을 많이 사용한다. 여기서 입력 전류가 기준 전류를 빠르게 따라가도록 하기 위해서는 빠른 스위칭과 입력 전류 측정이 필요하다. 이와 같은 문제를 극복하기 위해서 듀티비 패턴을 이용하여 순시 전류 측정과 빠른 스위칭이 필요 없는 제어 기법이 제안되었다[1-2].

참고 문헌[2]에서 제안된 제어 기법은 듀티비를 단위 역률이 되게 미리 정해줌으로써 순시전류 측정과 입력 전류의 측정이 필요 없다. 하지만 제어기 구조가 복잡하고, 듀티비 패턴이 불연속 파형이 된다. 본 논문에서는 좀 더 간단한 방법을 제시하고자 한다.

2. 제어 알고리즘

평균화된 승압형 정류기의 등가 회로는 그림 3과 같다. $v_{in} = V_m \sin \theta$ 라 할 때 고역률이 되도록 $i_L = I \sin \theta$ 가 되게 하면 식(1)과 같이 듀티비를 구할 수 있다.

$$d(\theta) = 1 - \text{sgn}(\sin \theta) \left(\frac{V_m}{V_o} \sin \theta - \frac{IX}{V_o} \cos \theta \right) \quad (1)$$

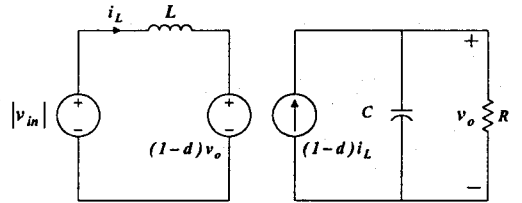


그림 2 평균화된 승압형 정류기의 등가 회로

위의 식(2)는 $\theta = n\pi$ 에서 불연속이고 1보다 큰 값을 가질 때가 있다. IX 가 V_m 보다 상당히 작은 경우, $d(\theta)$ 가 연속이 되도록 식(2)와 같이 변형시킨다.

$$d(\theta) = 1 - \left| \frac{V_m}{V_o} \sin \theta - \frac{IX}{V_o} \cos \theta \right| \quad (2)$$

여기서 $V_o \approx V_{ref}$ 라 놓으면 식(2)는 식(3)과 같이 쓸 수 있다.

$$d(\theta) = 1 - \left| \frac{V_m}{V_{ref}} \sin \theta - \frac{XI}{V_{ref}} \cos \theta \right| \quad (3)$$

위의 식(3)에서, 칼만 필터를 이용하여 정류기의 입력 전압 $v_{in} = V_m \sin \theta$ 에서 90° 지연된 $\cos \theta$ 파형을 얻고 [3],[4], 전압 제어기의 출력으로 기준 전류 I 를 얻는 것으로 하면, 전체 시스템의 구성도는 그림 4와 같고 정상 상태에서 듀티비 패턴은 그림 5와 같다.

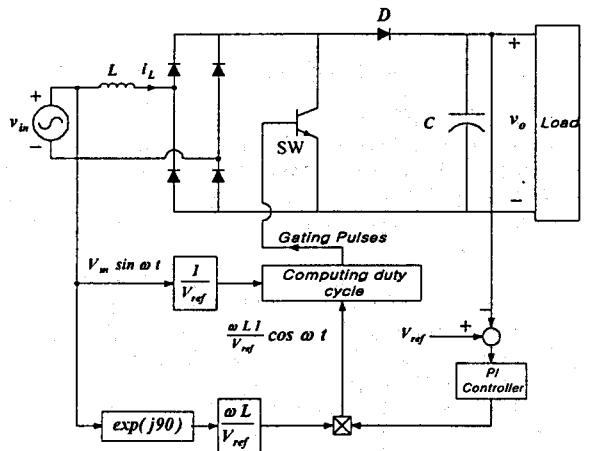


그림 3 전체 시스템 구성도

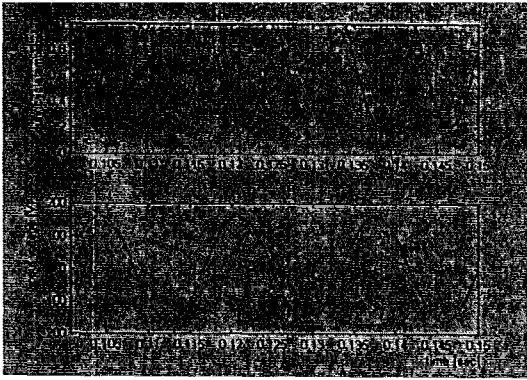


그림 4 듀티비 패턴과 입력 전압

3. 시뮬레이션

시뮬레이션에서 사용된 회로 상수는 표 1과 같다.

표 1 회로 상수

입력 전압 (V)	115 Vrms
전원 주파수 (f)	60 Hz
출력 전압 (V_o)	215 Vdc
컨버터의 인덕터 (L)	150 mH
컨버터의 커패시터 (C)	100 μ F
스위칭 주파수 (f_s)	4800 Hz
부하 전력 (P)	50 W

다음의 파형들은 제안된 제어 방법에 의한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 부하 변화에 따른 특성을 알아보기 위해 0.25초에 부하 전력을 변화 시켜보았다. 그림 6, 그림 8은 50% 증가되었을 때, 즉 75W의 부하를 인가하였을 때, 그림 7, 그림 9는 50% 감소되었을 때, 즉 25W의 부하를 인가하였을 때의 출력 전압과 인덕터에 흐르는 전류의 파형을 나타낸 것이다. 그림 6, 그림 7에서 출력 전압은 부하의 변화에 대해 약 0.05초 정도의 응답 시간이 걸림을 알 수 있다. 그림 8, 그림 9에서 입력 전류는 거의 정현파에 가까워서 교류로써 정류기가 동작함을 알 수 있고, 부하의 변화에 대해서 빠르게 응답함을 볼 수 있다. 그림 10은 입력 전류의 저차 고조파 특성을 나타낸다. 저차 고조파의 분석 파형은 입력 전류가 거의 기본파 성분만을 포함하고 있음을 보여준다.

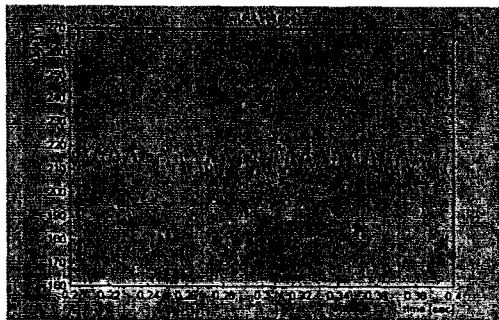


그림 5 출력 전압 (0.25초에서, 50W에서 75W로 부하 증가)

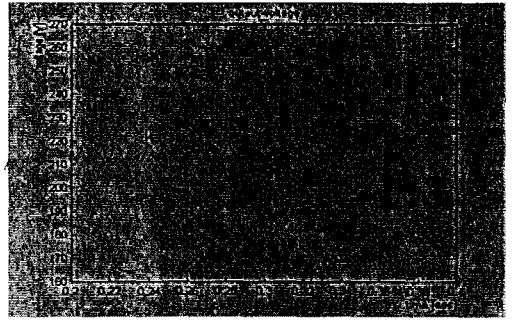


그림 6 출력 전압 (0.25초에서, 50W에서 25W로 부하 감소)

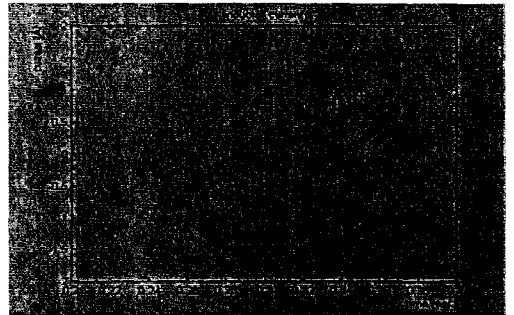


그림 7 인덕터 전류 (0.25초에서, 50W에서 75W로 부하 증가)

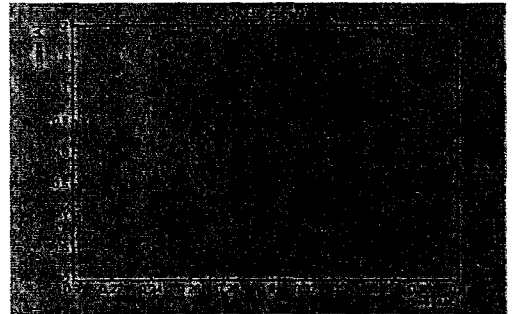


그림 8 인덕터 전류 (0.25초에서, 50W에서 25W로 부하 감소)

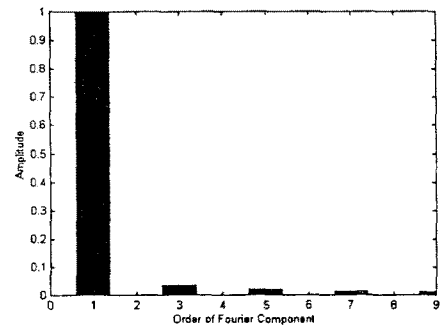


그림 9 저차 고조파 분석

4. 결 론

본 논문에서는 입력 전류의 순시 측정이 필요 없는 승압형 정류기의 간단한 구조의 제어 기법을 제안하였다. 제안된 제어 방법의 시뮬레이션 결과, 출력 전압의 레귤레이션이 보장되고 고역률의 동작이 가능함을 확인하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] M.Kazerani, G.Joos, and P.D.Ziogas, "Programmable Input Power Factor Correction Methods for Single Phase Diode Rectifier Circuits," APEC '90, pp. 177-183, 1990.
- [2] Seshadri Sivakumar, K.Natarajan and Rajminda Gudelewicz, "Control of Power factor Correcting Boost Converter without Instantaneous Measurement of Input Current," *IEEE Trans. on Power Elec.*, vol. 10, no. 4, pp. 435-445, July, 1995.
- [3] S.Sivakumar and K.Natarajan, "kalman filter Based High Speed Measurement and Control of AC Voltages for UPS Applications," *IEEE PESC '93*, pp. 20-24, 1993.
- [4] Roberto Martinez and Prasad N. Enjeti, "a High-Performance Single-Phase Rectifier with Input Power Factor Correction," *IEEE Trans. on Power Elec.*, vol. 11, no. 2, March 1996.