

디지털 제어를 이용한 Flyback converter 관한 연구

강건일, 이정운, 양승학*, 임영철
전남대학교 전기공학과, 호남대학교 전기공학과*

The study on Flyback converter Using digital controller

Kang Geon Il, Lee Jeong Woon, Yang Seung Hak*, Lim Young Cheol
Dept of Electrical Engineering, Chonnam National University
Dept of Electrical Engineering, Honam University*

ABSTRACT

컨버터의 제어는 보통 아날로그 제어를 기반으로 한다. 전용 아날로그 상용 IC들로 복잡한 회로의 장점을 극복하고 있고 이로 인해 기본성능을 수행하고 저가격화와 사용상의 편의를 얻을 수 있다. 그러나 이러한 장점은 디지털 제어기의 성능 개선과 가격의 하락으로 전용의 IC에 필적하는 파워 컨버터의 응용을 가능하게 만들었다. DC-DC 컨버터 내부 파라미터에 대한 모니터링이 가능하며, 아날로그 제어방식에서는 처음의 사양에 의해 고정된 출력전압을 얻었지만 디지털 제어 방식에서는 PC와 DC-DC 컨버터간 통신을 통하여 사용자가 원하는 임의의 전압을 얻어낼 수 있고 원격제어가 가능하다.

본 논문에서는 이와 같은 디지털 제어기의 장점과 실용성을 제시하고자 소신호 모델식을 기반으로 하여 디지털 모드 제어기를 설계하고, 이를 구현하기 위해 원칩 마이크로컨트롤러인 microchip사의 dsPIC30F2020을 사용하였다.

마이크로컨트롤러를 이용한 DC-DC 컨버터의 실용성을 검토하였다.

1. 서 론

마이크로프로세서를 이용한 디지털 제어는 가격은 하락하고 성능은 더욱 높아지고 있는 추세이다. 또한 외형 형태도 소형화된 제품들이 계속 출시되고 있기 때문에 제조 가격에 민감한 전원장치 분야에서도 향후 마이크로프로세서를 적용한 제품이 주목 받을 것으로 판단된다.

마이크로프로세서를 이용한 디지털 제어는 손쉽게 동작 상황이나 고장유무를 판단할 수 있으며, 재 프로그래밍이 가능한 플래시 메모리의 내장에 의해 별도의 하드웨어 변경 없이도 성능개선을 위한 제어기의 변경이 가능하여 제품의 설계 및 변경이 용이하다. 또한 디지털 제어는 원격제어가 가능하여 통신장치를 이용하여 프로그램이나 기타 알고리즘을 통신을 통해 보낼 수 있기 때문에 다양한 산업분야와 산업용기기에 더욱 주목을 받고 활용 될 것으로 판단된다.^[1,2]

본 연구에서는 절연형 컨버터 중 Flyback 컨버터를 사용하였으며 용 전원 220[Vac]를 정류한 전압으로부터 DC 0[V]에서 DC 12[V]까지의 가변 출력을 가지고 최대 출력 전류 2[A], 스위칭 주파수 65[Khz]의 사양으로 선정하였다. 디지털 제어기는 Microchip사의 dsPIC30F2020을 사용하여 구성하였다.

2. 디지털 제어 컨버터

컨버터의 간단한 블록다이어그램을 그림 3에 나타내었다. 그림 1에서와 같이 구성은 컨버터와 AD변환과 PWM의 Duty를 조정하는 마이크로 컨트롤러(dsPIC30F2020), 포토커플러에 의해 절연된 PWM 드라이버 그리고 모니터링과 원격제어를 하기 위한 PC로 크게 4부분으로 나눌 수 있다. 컨버터는 기본적인 구조를 따랐으며, 스위칭 노이즈를 줄이기 위한 스너버 회로만을 추가하였다. 컨버터의 1차측과 2차측을 절연하기 위해 스위치 Driver를 포토커플러를 사용하여 입력과 출력을 절연하였다.

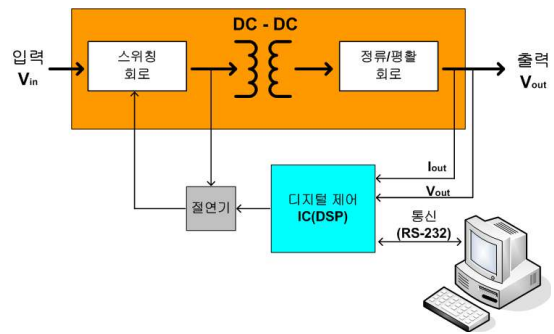


그림 1. 컨버터의 블록 다이어그램
Fig.1 The block diagram of the converter

출력전압을 계속하고 PWM을 제어하는 디지털 제어기의 핵심부분으로는 Microchip사의 dsPIC30F2020을 사용하였다. dsPIC30F2020은 고속의 16비트구조를 가지고 있으며, 내부에 12Kbyte의 플래시 롬과 512 Byte의 RAM을 가지고 있으며 또한 10비트 분해능의 AD 컨버터 8채널이 내장되어있으며, Power Supply PWM Module을 가지고 있다.

이처럼 AD 컨버터와 PWM 로직 발생기가 내장되어 있기 때문에 외부 AD 컨버터와 PWM 로직 발생기를 구성할 필요가 없으며 MCU(dsPIC30F 2020) 하나만으로 이모든 기능을 구현할 수가 있게 된다. 따라서 디지털 제어기의 구조를 간단히 할 수 있다는 장점이 있으며, MCU 가격이 저렴하여 컨버터의 가격을 절감시킬 수가 있다.

MCU 내부에 있는 10비트 AD 컨버터의 입력은 0[V]에서 5[V]까지이므로 AD 컨버터를 보호하기 위해 컨버터의 최대 출력을 저항 분배를 통하여 연결하고, 비정상적인 동작에서 의한 AD 컨버터 보호를 위해 제너 다이오드와 클램프 회로를 이용하여 2차 보호를 구성하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Flyback 컨버터의 사양

본 연구에서 사용한 플라이백 컨버터는 상용 전원 220[Vac]를 정류한 전압으로부터 기본적으로 DC12[V]를 출력으로 하여, Emulator에서 원격으로 3V에서 12[V]까지의 다양한 출력할 수 있으며, 출력 전류는 최대 2[A]까지 선정하였다. 스위칭 주파수는 65[Khz]를 사용하였으며, 2[us]마다 출력 전압을 샘플링 하여 PWM의 Duty를 갱신하게 된다.

3.2 정상 상태의 응답 특성

PID 제어기에 의한 플라이백 컨버터의 출력특성을 살펴보면 다음과 같다.

그림 2는 1[A]부하에서 FET의 드레인-소스간 전압파형과 FET에 흐르는 전류 파형을 나타낸 그림이다.

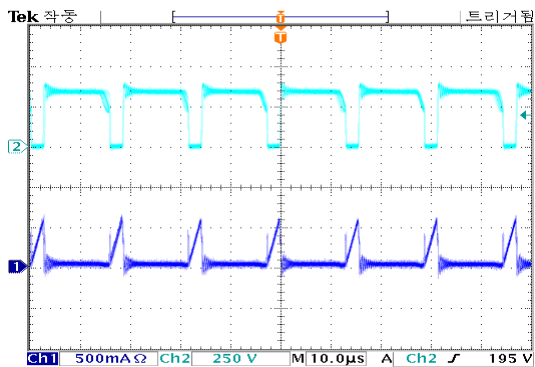


그림 2 1[A]부하일 때 스위치 양단전압과 전류 파형
Fig. 2 The switch current and the VDS in 1[A] load

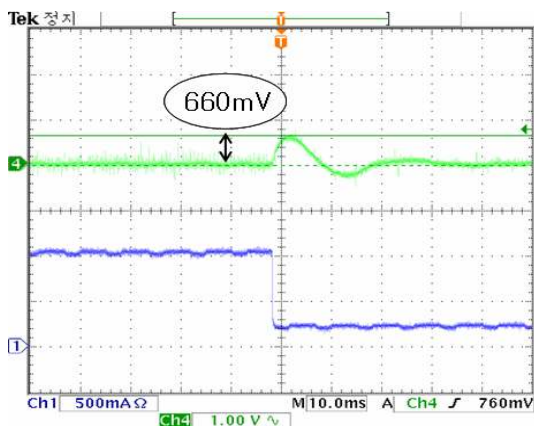


그림 3 1.0[A]부하에서 0.2[A]부하로 변경시실험결과
Fig.3 The results for 1.0[A] to 0.2[A] load change

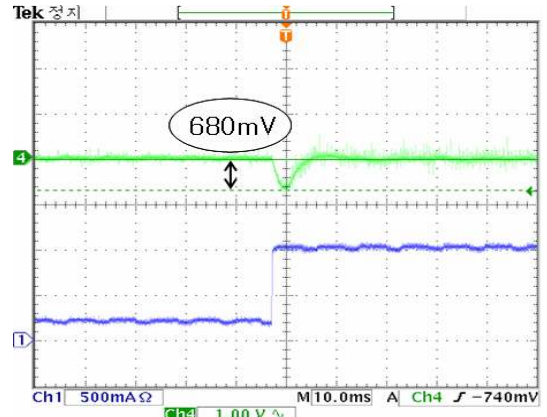


그림 4 0.2[A]부하에서 1.0[A]부하로 변경시실험결과
Fig. 4 The results for 0.2[A] to 1.0[A] load change

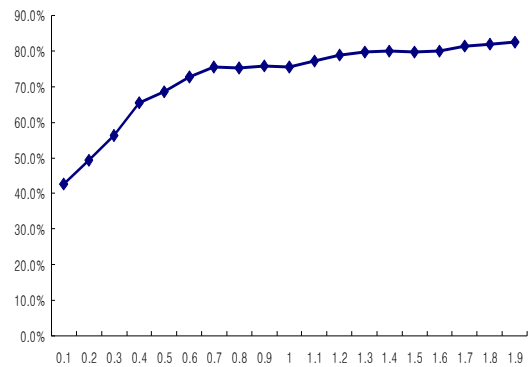


그림 5 부하전류에 따른 효율
Fig. 5 The efficiency of corresponding to load current.

3.3 과도 상태의 응답 특성

그림 3과 그림 4는 플라이백 컨버터의 부하 변동분에 의한 정상상태 추종 시간과 과도 상태 전압값 이다. 과도상태 전압이 부하 하강시 660[mV]이며 부하 상승시 680[mV]이며 정상상태 추종 시간은 부하의 상승과 하강시 모두 약 10[ms]가 되었다.

그림 5에서는 부하전류에 따른 Flyback 컨버터의 효율을 나타내었다. 효율은 1.9[A] 부하에서 최고 효율을 82[%]를 나타내고 최대 부하(2[A])에서는 82[%]정도의 효율을 나타내고 있다.

3.4 모니터링 및 원격 제어

디지털 제어기의 가장 큰 장점중의 하나는 컨버터의 내부 파라미터를 모니터 할 수 있고 하드웨어의 변경 없이 소프트웨어의 변경만으로 출력 전압을 가변 할 수 있다는 점이다.

그림 6은 PC에서 컨버터를 제어하고 있는 마이크로 컨트롤러와 직렬통신을 통해 PC에서 컨버터의 내부 파라미터들을 모니터링 하는 프로그램을 나타낸 것이며 그림 7은 PC에서 출력 전압을 12[V], 8[V], 5[V], 3[V]를 가변 했을 때의 출력 파형을 나타낸 것이다.

참고 문헌

- [1] Y. Duan and H. Jin, "Digital controller design for switchmode power converters", in Proc. IEEE Appl.Power Electron. Conf.(APEC), vol.2, 1999, pp. 967-973
- [2] L.Rossetto, "Control Techniques for power factor Correction Converters", University of Padova
- [3] 김희준 "스위칭 전원의 기본 설계" 성안당
- [4] Microchip "dsPIC30F1010/202X Data Sheet"

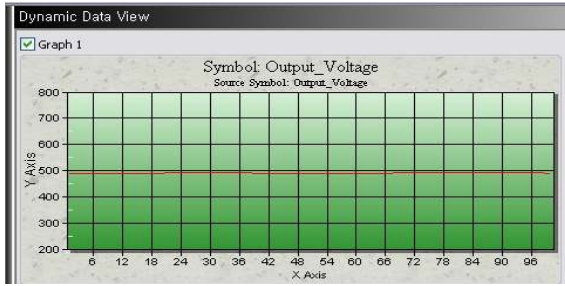


그림 6 PC에서 컨버터에 대한 모니터링
Fig.6 The monitoring in PC.

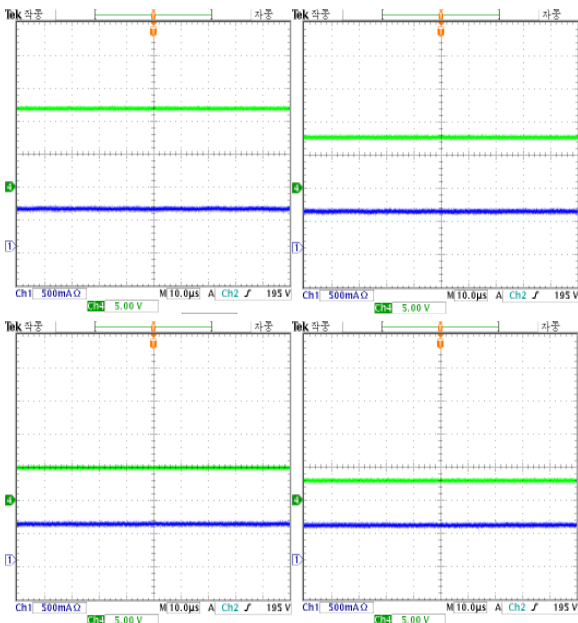


그림 7 1[A] 부하에서 출력 전압의 원격 제어
Fig.7 The remote control of output voltage in 1[A]load.

4. 결론

아날로그 제어기를 이용한 회로는 이미 제품화 되어 있어 전용 IC를 이용하여 손쉽게 구현할 수 있었다. 그러나 이들 제어의 특성상 제어 알고리즘을 구성하기 위해서 복잡한 회로를 설계해야 했고 고정된 출력만을 가지고 있었으며 이들이 동작하기 위한 파라미터에 대한 모니터링이 불가능하였다.

본 연구에서는 디지털 제어기를 이용하여 전원장치의 시스템 제어기와 PC와의 통신을 실시하였으면 PC상에서 내부의 파라미터를 관찰 하였고, 출력전압 레퍼런스로 사용되는 변수의 값을 임의 변경하여 실제 출력전압을 변경시켰다.

이로써 디지털 제어기를 구현하였으며, 이에 대한 실용 가능성을 확인하였다.

향후 효율과 역률을 개선하는 것이 과제로 남아 있다.

This research project received supporting funds from the third-stage Brain Korea 21.