

TMS320F2812를 이용한 Flyback 컨버터의 원격제어

The Remote Control of Flyback Converter using TMS320F2812

심상보*, 김윤서*, 양오*
(Sang Bo Sim, Youn Seo Kim and Oh Yang)

Abstract - Differently from an existing analog control, because the digital control includes microprocessor basically, the digital control is enable to monitor internal parameters of DC-DC converter and to control output voltage remotely by communicating with a Windows based PC and also to monitor whether exact voltage is output or not. These things are impossible in an analog control. In this paper, a simple flyback converter is taken as a control target and is controlled by a microcontroller(TMS320F2812). This converter can make variable outputs 1.8V to 5V from 30V input voltage remotely in PC. Finally the response characteristics of a step reference voltage and in a steady state are experimented to verify the feasibility and the usefulness of this digital controlled converter.

Key Words :DC-DC converter, microcontroller, Flyback, Digital control, PD

1. 서론

기존의 아날로그적인 제어 방식은 비선형 시스템에 대한 수학적 모델링이 어렵기 때문에 고성능의 제어기나 제어 알고리즘을 설계하는 데는 어려움이 있으며 스위칭 컨버터를 위한 아날로그 제어기는 노이즈와 스위칭 작용과 노이즈가 섞인 출력전압으로 인한 컨포넌트의 출력변화에 상당히 민감하다는 단점이 있다[1]. 이에 비해 디지털 제어방식은 기본적으로 마이크로프로세서를 포함하고 있기 때문에 디지털 제어 스위칭 컨버터는 아날로그 제어 스위칭 컨버터보다 좀더 지능적이고 다양성을 가지고 있으며, 소프트웨어의 수정을 통해 컨버터의 부하변동 요구 특성에도 적용시킬 수 있다. 내부 파라미터를 모니터링이 가능하며 원격 제어 및 원격 감시 또한 가능하고, 하드웨어의 변경 없이 프로그램의 수정만으로 시스템 동작조건을 변경하거나 원하는 임의의 전압을 만들어 낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 절연형 Flyback 컨버터를 사용하였으며, DC 20[V]~30[V]의 입력 전압으로부터 원격제어에 의해 DC 1.8[V]에서 5[V]까지 가변 출력 전압을 가지며, 최대 출력전류 2[A], 스위칭 주파수 50Khz의 사양을 가지고 있다. 디지털 제어기는 TI사의 TMS320F2812를 사용하였다. 이 DSP는 12-bit AD와 PWM 로직 발생기를 내장하고 있어 AD와 PWM 로직 발생기 소자들이 불필요하게 되어 구조를 간단히 할 수 있다는 장점이 있다.

2. 디지털 제어 Flyback 컨버터

2.1 디지털 제어 Flyback 컨버터의 구조

본 논문에서 사용한 DC-DC 컨버터의 구성은 Flyback 컨버터와 AD 변환부 그리고 PWM Duty를 조정하는 마이크로 컨트롤러(TMS320F2812), 광에 의해 절연된 PWM 드라이버 그리고 모니터링과 원격제어를 하기위한 PC로 크게 4부분으로 나눌 수 있다.

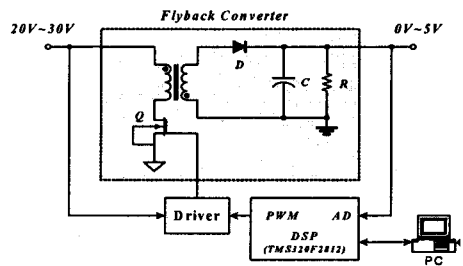


그림 1. Flyback 컨버터의 블록다이아그램

Flyback 컨버터는 기본적인 구조를 따랐으며, 스위칭 노이즈를 줄이기 위한 스너퍼 회로만을 추가하였다[2]. Flyback 컨버터는 1차측과 2차측을 절연하기 위해 Driver로 포토커플러(PC922)를 사용하여 입력과 출력을 광으로 절연하였다. 출력전압을 계측하고 PWM을 제어하는 디지털 제어기의 핵심 부분으로는 TI사의 TMS320F2812를 사용하였다. 이 DSP는 고속의 32-bit 구조를 갖고 있으며, 12-bit 분해능의 AD 컨버터 16개 채널이 내장되어 있으며, 16-bit 카운터의 PWM 발생기 8채널을 가지고 있다[3].

* 正 會 員 : 淸州大學校 電子工學科

※ 본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

2.2 PWM 파형의 생성

TMS320F2812에서의 PWM 파형발생은 카운터와 비교방식을 이용하고 있다. PWM 파형 발생에는 3개의 레지스터가 사용되는데, up 카운트되는 TICNT 레지스터, PWM 주기를 결정하는 T1PR(Timer 1 Periode Register) 레지스터와 PWM 듀티비를 조정하는 TICMPR(Timer 1 Compare Register) 레지스터가 있다. 마이크로프로세서 기반의 PWM 컨버터에서 PWM을 만들기 위해 내부 카운팅 클럭 소스를 사용하게 되는데, 사용하는 내부 클럭의 시간에 의해 PWM의 해상도(resolution)가 결정된다[3].

2.3 PWM 제어기

정확한 출력을 얻기 위해서는 PWM의 해상도가 높아야 하는 반면, 정확한 PWM제어가 이루어져야 한다.

PWM 제어는 식(1)로부터 얻어진 전압 오차에 상응되는 값만큼 PWM 레퍼런스에 가감되어 PWM Duty를 보상하게 된다. 식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$V_{err}(k) = V_{REF} - V_{AD Sample}(k) \quad (1)$$

$$PWM_{ref}(k) = PWM_{ref}(k-1) + \Delta PWM_{ref}(k) \quad (2)$$

$$\text{여기서 } \Delta PWM_{ref}(k) = function(V_{err}(k))$$

이 식을 Duty에 대한 식으로 표현하면 식 (3)과 같다.

$$D(k) = D(k-1) + \Delta D(k) \quad (3)$$

$$U_{ref}(k) = K_p \cdot V_{err}(k) + K_D \frac{dV_{err}(k)}{dt} \quad (4)$$

$$= K_p \cdot V_{err}(k)$$

$$+ K_D \left(\frac{V_{err}(k) - V_{err}(k-1)}{\text{sampling시간}} \right)$$

$$= K_p \cdot V_{err}(k) + K_D(V_{err}(k) - V_{err}(k-1))$$

$$= \Delta PWM_{ref}(k)$$

식 (4)에서 만들어진 PD 제어 입력 값은 식(2)에 의해서 기존의 PWM_{ref} 값에 더해져 현재의 PWM_{ref} 값을 만든다[4]. PWM Duty가 zero 또는 full Duty가 되지 않게 해주어야만 하기 때문에 PWM_{ref} 값이 Duty의 범위를 벗어날 경우 최소(5%), 최대(90%)로 범위를 제한시켜 이 값을 PWM_{ref} 값으로 사용하였다. 처음으로 프로세서가 가동되면 레퍼런스값과 출력값의 차이가 크게 되어 큰 제어 입력으로 인한 1차측의 과전류를 유발시키게 된다. 그래서 soft starting 개념으로 처음에는 출력전압이 레퍼런스 전압에 가까워지도록 PWM_{ref} 를 조금씩 증가시키면서 레퍼런스 전압과 오차가 거의 없게 되면 그때부터 제어가 적용되도록 하였다.

3. 실험 결과 및 검토

3.1 Flyback 컨버터의 사양

본 논문에서 사용한 Flyback 컨버터는 DC 20[V]~30[V]의 입력전압으로부터 기본적으로 DC 5[V]를 출력으로 하며, 애플레이터에서 원격으로 1.8[V]~5[V]까지의 다양한 전압을 출력할 수 있으며, 출력 전류는 최소 0.01[A]에서 최대 2[A]까지 선정하였다. 다음의 표 1과 2에 Flyback 컨버터의 사양과

PD제어기의 파라미터를 나타내었다.

표 1. Flyback converter의 사양

입력 전압	DC 20~30[V]
출력 전압	DC 5[V]
출력 전류	0.01~2[A]
스위칭 주파수	50KHz

표 2. PD 제어기의 파라미터

P 게인	0.0065
D 게인	1.75
샘플링 시간	20us

3.2 정상상태 응답특성

PD제어기에 의한 Flyback 컨버터의 출력 특성은 다음과 같다. 그림 3과 그림 4는 경부하시와 2[A]의 부하 인가시 출력 전압과 스위칭 파형을 나타낸 것이다.

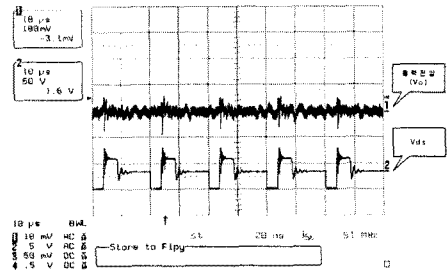


그림 3. 경부하시 출력전압과 스위치 양단 전압파형

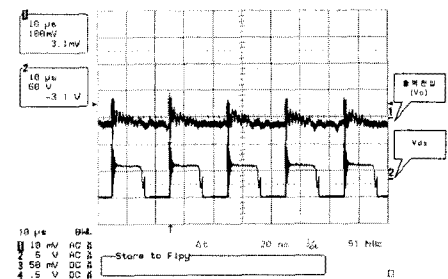


그림 4. 2[A]부하시 출력전압과 스위치 양단 전압파형

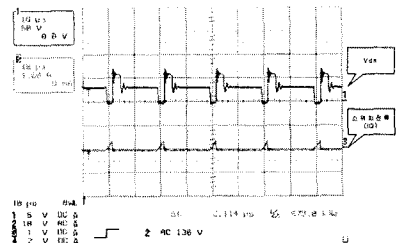


그림 5. 경부하에서 스위치 양단전압과 스위치 전류파형

그림 5와 그림 6은 경부하와 2[A]부하에서의 FET에 흐르는 전류와 FET의 drain-source 전압 파형을 나타낸다.

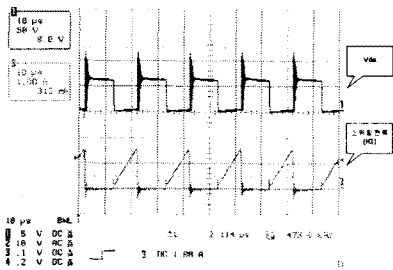


그림 6. 2[A]부하시 스위치 양단전압과 스위치 전류파형

3.3 과도상태 응답특성

그림 7과 그림 8은 경부하시와 2[A]부하를 인가했을 때 출력전압에 대한 과도응답을 나타내며 그림 9는 부하 전류에 대한 출력 전압 변화를 나타낸다.

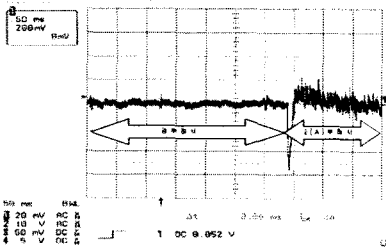


그림 7. 2[A] 부하를 인가했을 때의 과도특성

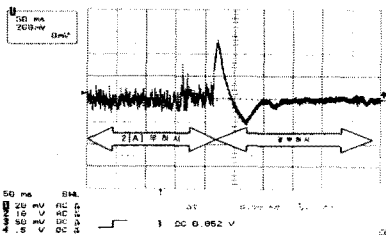


그림 8. 경부하를 인가했을 때의 과도특성

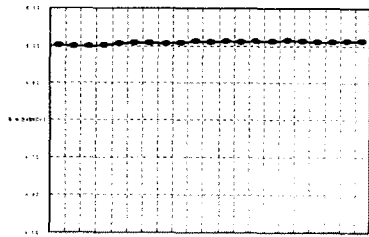


그림 9. 부하 전류에 따른 출력 전압의 변화

3.4 모니터링 및 원격제어

디지털 제어기의 장점은 하드웨어의 변경 없이 소프트웨어의 변경만으로 출력 전압을 가변 할 수 있다는 것이다. 그림 11은 PC에서 래퍼런스 전압에 대한 값을 1[V], 1.8[V], 3.3[V], 5[V]로 가변 했을 때의 출력 파형을 나타낸 것이다.

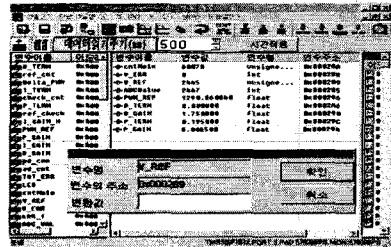


그림 10. PC에서 내부 파라미터에 대한 모니터링과 원격제어

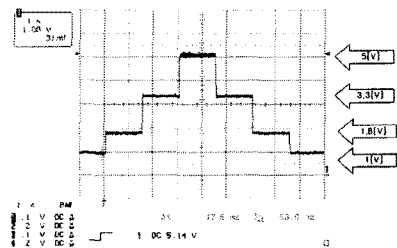


그림 11. 1[A]부하 상태에서 출력 전압의 원격 제어

4. 결론

지금까지 아날로그 방식에 비하여 구조가 간단한 디지털 제어기를 Flyback 컨버터에 적용하였으며, 실험을 통해 출력 특성을 확인하였다. 아날로그 회로는 디지털 회로에 비해 가격이 저렴하지만, 디지털 회로에서처럼 내부 파라미터 모니터링 및 변경을 할 수 없다는 단점이 있다.

디지털 제어방식의 컨버터는 PC상에서 출력 전압을 원하는 임의의 값으로 가변 할 수 있고, 출력 전압을 모니터링 할 수 있다는 것이 장점일 것이다. 원격지인 PC에서 컨버터의 전압이 정확히 출력되고 있는지, 스위칭 주파수가 얼마인지 또는 PWM Duty가 얼마인지를 모니터링 할 수 있고, PC에서의 기준값 변경만으로 컨버터의 출력이 원격 제어됨을 실험을 통하여 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] T.W.Martin, S.S. Ang, "Digital Control for Switching Converters", Industrial Electronics IEEE, Vol 2, pp.480~484,1995.
- [2] 김희준, "스위칭 전원의 기본 설계", 성안당, 2002.
- [3] Texas Instruments, "TMS320C/F28X Reference Guide", 2003.
- [4] 양오, 김윤서, "DSP를 이용한 강압형 DC-DC 컨버터의 원격제어", 전자공학회지, 제 40권 SC편 제 3호, pp.208~214, 2003.