

Flyback Converter를 병렬운전한 1kW급 직류전원

김 성 철*, 이 기 선, 노 준 택, 고 인 수
포항공대 포항가속기연구소

1kW class DC power supply by parallel operation of the flyback converter

Sung Chul Kim*, Gi Sun Lee, Jun Tak Nho, In Soo Ko
Pohang Accelerator Laboratory, POSTECH

Abstract - There are increasing demands on high accuracy DC power supplies for various basic science research, such as accelerators and plasma applications, in Korea. In this paper, we present a study on 1kW class DC power supply using the parallel operation method of the flyback converters. This DC power supply is equipped with a remote controller for computer interface. A Serial Communication Controller(SCC) is also developed for large scale scientific facilities which is capable of handling up to 32 power supplies simultaneously with one serial port in the host computer.

1. 서 론

최근 가전, 민생기기를 비롯하여 통신기기, 제어기기, 정보관련기기 뿐만아니라 기초과학 분야에서 요구되는 직류전력 변환장치가 고정도 고효율화, 소형 경량화 및 대전력화가 요구되고 있다. 전류형 소자(SCR류)를 SMPS의 스위칭소자로 사용할 경우 게이트 펄스의 주파수를 제어하는 PFM-TRC 방식이 일반적으로 이용되나 이 방식은 출력전류 리플 및 출력필터가 제어동작 영역에 따라 커지는 단점이 있고 응답성이 문제로 되어 있다. 그러나 자기 소호 능력을 가진 반도체소자를 전력변환장치에 적용하여 고주파 영역에서 스위칭 시킴으로써 회로전체의 손실을 저감시킬수 있고 장치의 소형 경량화시킬수 있다. 본 연구에서는 Power MOSFET를 사용하여 PWM-TRC의 적용이 가능한 4개의 flyback DC/DC 컨버터를 이용한 +/-25V/25A(부하1Ω)의 출력의 전원에 대하여 기본 동작원리, 회로구성 및 컴퓨터 인터페이스를 위한 컨트롤러에 대하여 설명하고 실험결과를 통하여 실용화에 따른 제반사항을 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 동작원리

Flyback 컨버트는 수W ~ 150W까지의 출력에 폭넓게 사용되고 있다. 이 토폴로지는 출력 인덕터를 사용하지 않으므로 비용과 부피를 줄일수 있는 장점이 있고 고전압/저전류 혹은 다출력 전원에 많이 응용된다. 본 연구는 13V/13A 출력의 flyback 컨버터를 4개를 직/병렬로 이용한 +/-25A/25V 용량의 전원에 대한 것이다. 이 전원의 기본회로는 불연속 동작 flyback 컨버터이다.(그림 1) 기본동작은 다음과 같다. Q1이 온이면 D1은 역으로 바이어스되고 출력 캐패시터는 부하로 전류를 공급한다. 이때 L_p 는 순수한 인덕터로 동작하고 1차전류는 I_p 가 최대가 될 때까지 흐른다. Q1이 오프되면 1차에 저장된 에너지($1/2LI^2$)는 2차로 전달되고 이때 D1은 정 바이어스가 되어 부하 캐패시터로 Q1이 온 일 때 잃어버린 에너지를 공급한다. Q1이 다음 온이 되기전에 2차전류가 영이되면 회로는 불연속으로 동작한다

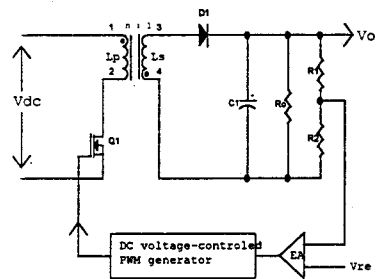


그림1 flyback converter

에너지저장 구간동안 1차권선은 직렬 인덕터와 같다. 이때 1차전류 I_p 의 변화는 식(1)과 같고 이 구간 L_p 에서 자속밀도는 그림 2에서와 같이 잔류값 B_r 에서 최대 동작값 B_w 로 증가한다.

$$\frac{dI_p}{dt} = \frac{V_{dc}}{L_p} \quad (1)$$

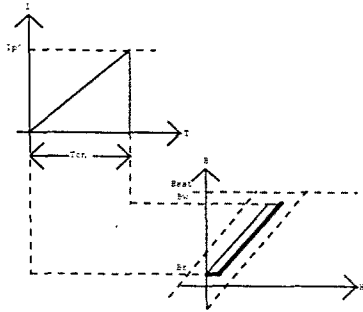


그림 2 에너지 저장구간의 1차 전류 및 자화

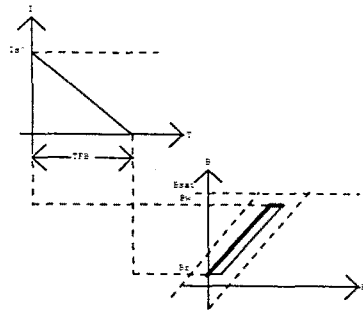


그림 3 에너지 전달구간의 2차 전류 및 자화

Q1이 오프되면 1차전류는 영이된다. 에너지 전달 구간동안 자속밀도가 부(-)가되고 전압은 모든권선에 대하여 역으로 바이어스되어 D1이 도통되고 자화전류가 2차로 전달된다. 이때 전달된 전류($I_s = n \times I_p$)는 최대값에서 시작하여 영으로 감소하게된다. 불연속 동작모드는 항상 전달구간이 Q1 오프구간보다 적고 코어에서의 자속밀도는 최대값 B_w 에서 잔류값 B_r 로 감소 하게된다. 2차전류 I_s 의 변화는 식(2)와 같다.

$$\frac{dI_s}{dt} = \frac{V_s}{L_s} \quad (2)$$

한주기 동안에 입력(V_{dc})으로부터 유기되는 에너지는 식(3)과 같다.

$$P = \frac{(V_{dc} T_{on})^2}{2TL_p} \quad (3)$$

효율을 80%로 가정할 때 출력전압은 식(4)와 같다.

$$V_o = V_{dc} T_{on} \frac{\sqrt{R_o}}{\sqrt{2.5TL_p}} \quad (4)$$

2.2 회로구성

13A/13V 직류전원을 가지고 +/-25A/25V 출력의 전원을 구성하기 위하여 그림4와 같이 회로를 구성하였다. flyback 토폴로지를 이용한 13A/13V 출력의 전원을 2개씩 직병렬로 연결하여 25A/25V출력이 가능한 전원을 구성하였고 부하에 대하여 1, 4상한 동작을 시키기 위하여 부하측에 SCR을 브릿

지로 구성하였다. 그리고 정전압과 정전류 동작(정밀도 +/-0.1%)이 가능하도록 출력전압과 출력전류를 feedback 시켰다. 출력 필터는 low pass 필터를 사용하였다.

2.3 원격제어

이 전원을 대형설비에 대량으로 적용하기 위하여 컴퓨터 인터페이스를 위한 컨트롤러를 전원내부에 실장시켰다. 그리고 여러개의 전원을 통합 제어하기 위한 컨트롤라(SCC)개발 하였다. 이것을 이용하면 컴퓨터 사용하여 전원을 32개까지 원격제어 할 수 있다.(그림 5)

2.4 실험 및 제작

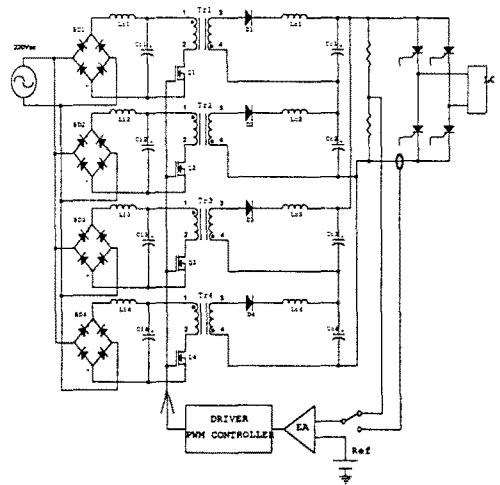


그림 4 Flyback 컨버터를 직/병렬 운전 직류전원

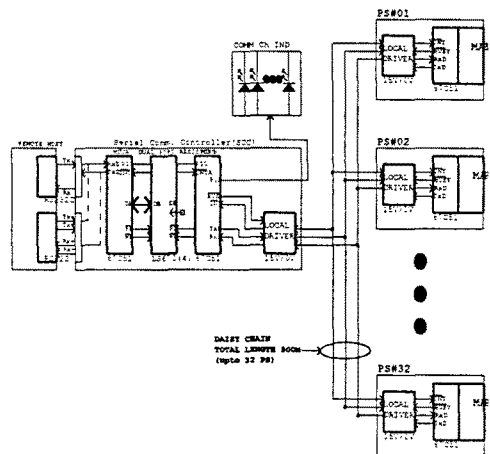


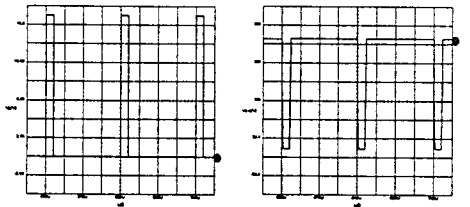
그림 5 컴퓨터를 이용한 원격제어

그림 4의 전원에 대하여 모의실험 및 실제작을 한 주요 부품 및 파라메타는 다음과 같다.

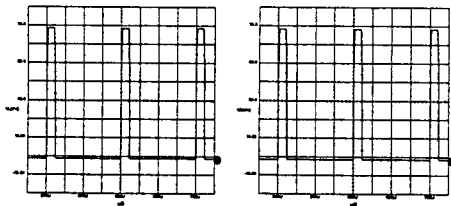
- BD1 - BD4 : KBPC10-08
- Ci1 - Ci4 : 2200μF/250WV
- Trans. : BM-2N(Mn-Zn)/

(L1=10mH, L2=2mH(Litz wire))
 Q1 - Q3 : IRF450 x 3
 D1 - D4 : D10LC20U
 L01 - L04 : 470μH
 C01 - C04 : 3300μF
 Current Feedback : from DCCT LA55-P
 Switching Frequency : 47.6kHz
 Max. on time : 3.8μs
 Load : magnet($Z_L=1\Omega$)

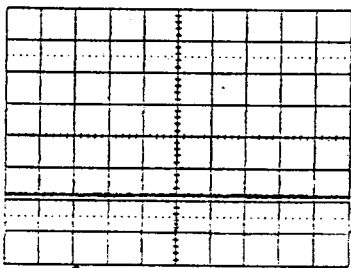
이상의 것들을 이용한 실험파형은 아래와 같다.



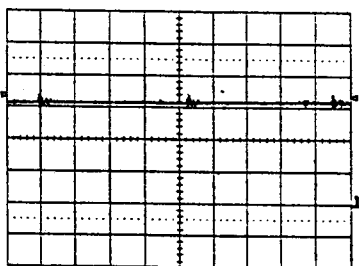
Q1 Gate(V) Q1 Drain-Source(V)



L2(V) D1(V)
 파형 1 각부 모의실험파형



파형 2 출력전류
 (Iout=12.5A, $R_L=0.6\Omega/5\mu s$, 10A/div)



파형 3 출력전압

(Iout=12.5A, $R_L=0.6\Omega/5\mu s$, 2V/div)

OUTPUT CURRENT to GATE ON TIME

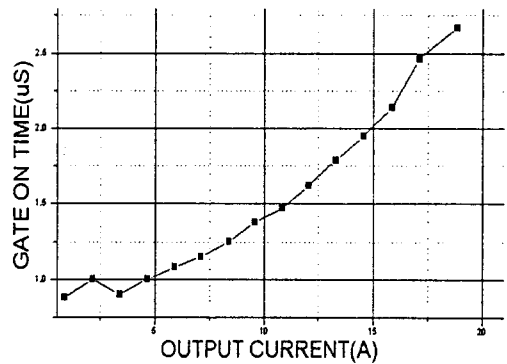


그림 6 Gate ON time 변화에 따른
 출력전류변화($R_L=0.6\Omega$)

이와같은 실험을 가지고 제작한 시제품의 주요사항은 표1과 같다.

| 항 목 | 내 용 |
|------------|--|
| 입 력 | 1상 220V 60Hz |
| 출 력 | 전 압 output range : 0 - +/-25V DC load regulation : +/- 0.1%+30mV |
| | 전 류 output range : 0 - +/-25A DC load regulation : +/- 0.1%+30mV |
| 스위칭 주파수 | 47.6kHz |
| 제어방식 | PWM 제어 |
| Trans | BM-2N(Mn-Zn) |
| 원격제어 | PS 단독 RS232C 1 stop, 8 bit, no parity, 9600BPS |
| | SCC 이용 RS232C or RS422 32set까지 통합제어 (RS232C/RS422-SCC-RS323C-PS) 1 stop, 8 bit, no parity, 9600BPS |
| protection | OV/OC/OT(ps)/OT(load) |

표 1 시제품의 주요사항

3. 결 론

표1의 사양을 가진 전원을 원격제어용 컨트롤러를 내장시켜 전원 하나의 크기를 210 x 220 x 550로 제작하여 19" x 5U에 2개의 전원을 실장시킬수 있도록 제작하였고 이들을 32개까지 통합제어할수 있는 시리얼 컨트롤러도 제작하였다. 이들을 이용하면 이러한 직류전원이 대량으로 필요한 설비에 매우 유용하리라 생각된다.

[참 고 문 헌]

[1] SLOBODAN C'UK, "Basic of Switch-mode power conversion: Topologies, Magnetics, and Control," Powerconversion International, 32pp, Oct. 1981.