

전자교환기용 고효율 48V 400A급 전력변환장치의 시작

박성우, 서기영, 전중함, 김부국, 이현우
 경남대학교, 대구보건대, 보스일레콤

The Converter of High Efficiency 48V 400A for Electronic Exchange

S.W. Park, K.Y. Suh, J.H. Chun*, B.K. Kim**, H.W. Lee
 KyungNam Uni., *Daegu Health Coll., **Boss Elecom.Int.

Abstract

The widely used power supply (Switched Mode Power Supply : SMPS) as a source in order to stabilize direct current for electronics or communication systems has merits, when it is compared to the existing source for stability, such as high efficiency, small size, light weight by means of switching process of the semiconductor device which controls the flow of power.

However, due to existence of inductors and capacitors used for charging energy, the source part in electronic or communication systems hasn't reached the speed, that is supposed to get, for achieving smaller size and lighter weight.

In order to get smallness in size, it is necessary to increase switching frequency. And that makes devices for measuring energy smaller.

Nevertheless, the rise switching frequency brings increases in switching loss, inductor loss, and power loss. Also, the occurrence of surge and noise caused by high frequency switching is getting higher.

The resonant converter has been considered as one of methods that give solutions for the problems of SMPS and that method has been paid attention as a source technology in electronics and communication.

1. 서론

전자·통신 기기의 직류 안정화 전원으로서 폭넓게 사용하는 스위칭 모드 파워 서플라이(SMPS)는 반도체 소자의를 이용하여 전력의 흐름을 제어

함으로써 종래의 안정화 전원에 비해 고효율, 소형 및 경량화를 이룰 수 있었다. 그러나 이들 기기의 전원 부는 에너지 축적용 소자인 인덕터 및 캐패시터의 존재로

인하여 소형 경량화가 이루어지지 못하고 있다.

SMPS의 소형 경량화는 스위칭 주파수를 높여 에너지 축적용 소자를 소형화함으로써 이룰 수 있다. 그러나 스위칭 주파수를 고주파 화하면 스위칭 손실, 인덕터 손실 등 전력 손실이 증대되고 고주파 스위칭에 의한 서지·노이즈 발생이 증대하게 된다.

본 논문에서는 전자 교환기용 고효율 48V, 400A AC-DC 강압형 컨버터를 개발하기 위한 것으로 스위칭 주파수의 고주파 화에 따르는 여러 가지 문제점들을 공진회로와 ZVS, ZCS를 이용해서 해결해 보고자 한다

2. 전자교환기용 AC-DC 컨버터

2.1 강압형 컨버터

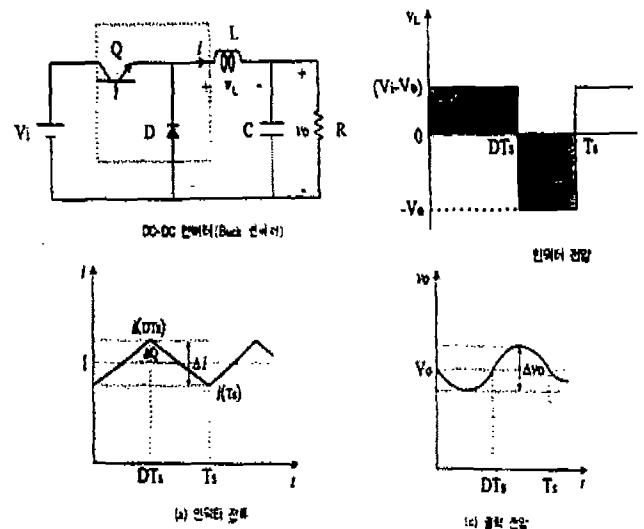


그림 1. Buck(Step-Down) Converter

• 일반적인 강압형 컨버터

일반적으로 스위치 Q는 주기적으로 ON-OFF를 반복 한다 전체 주기는 T이고 스위치가 ON되는 시간을 D, OFF되는 시간을 D'(1-D)라 한다.

필터 C가 충분히 커서 V_C 에 포함된 리플을 무시 할 수 있다고 하면 출력 전압은 다음과

• 출력 전압

$$v_L = L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{1}{L} \int_0^{T_s} v_L dt = \int_0^{T_s} di_L = i(T_s) - i(0) = 0$$

$$\int_0^{T_s} v_L dt = 0$$

$$\int_0^{DT_s} v_L dt = - \int_{DT_s}^{T_s} v_L dt \quad \dots\dots(2.1)$$

$$(V_i - V_o)DT_s = V_o(1-D)T_s \quad \dots\dots(2.2)$$

$$V_o = DV_i \quad (D < 1.0) \quad \dots\dots(2.3)$$

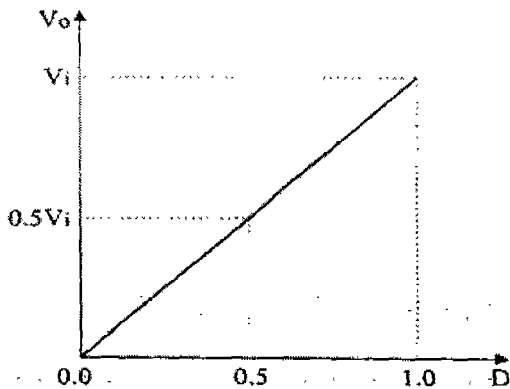


그림 2. Buck Converter 출력특성

• 전류 불연속이 되기 위한 인덕터 L_r

불연속 전류를 흘리기 위해서는 I_L 의 최소값 I_{min} 는 영(0)이 되어야 한다

$$I_{min} = DV_i \left(\frac{1}{R} - \frac{(1-D)T}{2L} \right) = 0$$

$$\therefore L = \frac{TR}{2}(1-D) \quad \dots\dots(2.4)$$

• 허용맥류

필터 C의 리플 0이 되기 위한 조건을 완화하여 미소한 리플을 허용하기로 하면,

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{1}{2} \left(\frac{DT_s}{2} + \frac{D'T_s}{2} \right) \cdot \frac{\Delta i}{2} \quad \dots(2.5) \\ &= \frac{\Delta i}{8} T_s \quad (D' = 1 - D) \end{aligned}$$

• 리플전류

$$\Delta i = \frac{V_o D' T_s}{L} \quad \dots\dots(2.6)$$

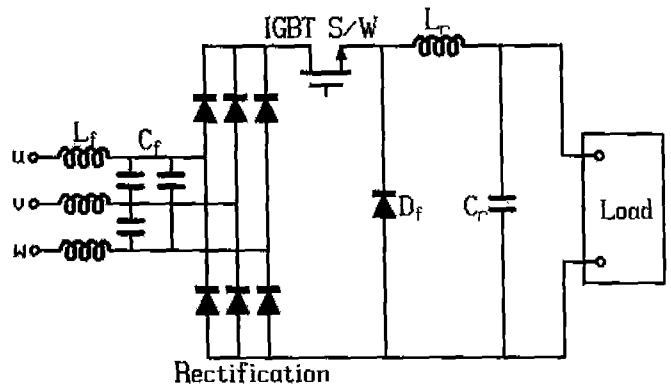


그림.3 전자교환기용 고효율 48V 400A 전력변환 장치

• 출력전압리플

$$\Delta v_o = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{\Delta i}{8C} T_s = \frac{V_o D'}{8LC} T_s^2 \quad \dots(2.7)$$

$$\Delta v_o = \frac{V_o \pi^2 D'}{2} \left(\frac{f_c}{f_s} \right)^2 \quad \dots(2.8)$$

$$\left(f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} : \text{고유주파수} \right)$$

• 출력 전압의 리플은 스위칭 주기의 제곱에 비례(스위칭 주파수의 제곱에 반비례).

• 스위칭 주파수 f_s 가 클수록 출력 전압의 리플은 작아진다.

2-2 강압형 컨버터의 설계

• 시스템 블록도

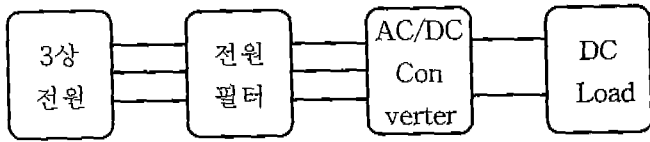


그림4 시스템 블록 선도

● 시스템 설계시 일반적인 사항

1. Converter: Step Down Buck-Converter
2. Input: 3Phase, 220Vp/380VL
3. Output : DC 48V, 400A
4. Condition: Input Line Filter
5. Isolation: AC/DC Direct-Converter (Non Isolation)
6. Current Mode: DCM
7. Switching Method: PRSS
- 8 Switching Device: IGBT

● 강압형 컨버터 설계시 목표

- Input
 - Accuracy: $\pm 20\%$
 - Frequency: $60\text{Hz} \pm 1\%$
 - PF: 98.9%
- Output
 - Ripple Voltage: $\pm 0.7\text{Vpp}(1.562\%$
 $20\text{kHz})(\text{Load } 75\%)$
 $\pm 0.35\text{Vpp}(0.72\%)\text{60Hz}$
 $(\text{load } 75\%)$
 - Output Regulation: Voltage Control
 - Regulation Voltage: $48 \pm 5\text{V}(\pm 10\%)$
 - Overload: 110%

2.3 시뮬레이션 결과 및 검토

그림4는 일반적인 AC-DC 컨버터의 출력전압이다.

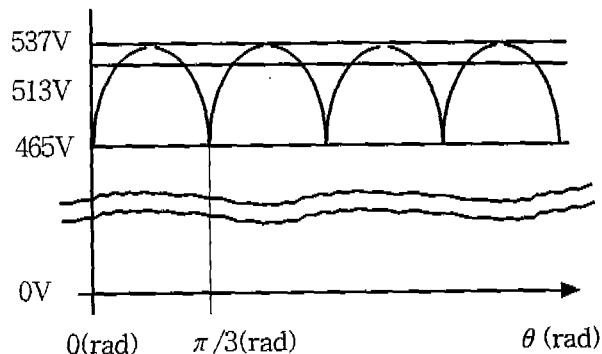


그림5 3상 무평활 정류파형

표 1 목표 출력을 얻기 위한 데이터

Output Power	19200VA(48V×400A)
Loss	800W(4.16%)
Input Power	20Kw(19200VA+800W)
Current Peak Value	800App(Boundary Mode)
Switching Frequency	20kHz
Duty Ratio	8.939%(48/537) DCM
On Time	4.47/50 μ Sec(8.939%)
Converter Input Peak Voltage	537Vp(380Vrms×1.414)
Converter Input Average Voltage	513V(380Vrms×1.35)
Converter Input Minimum Voltage	465Vp(537Vp×Sin $\pi/3$)
Reverse Voltage	489V(537Vp-48V)

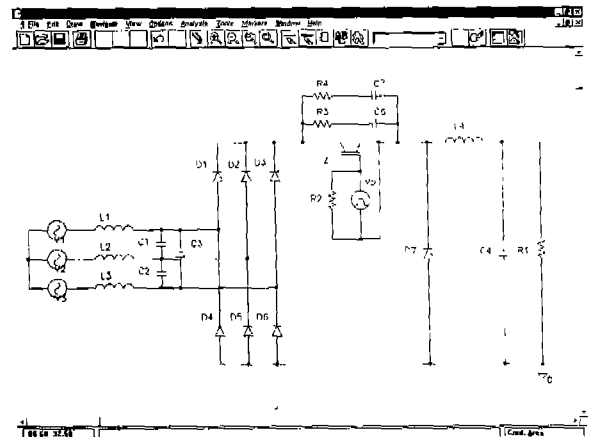


그림 6 시뮬레이션 회로

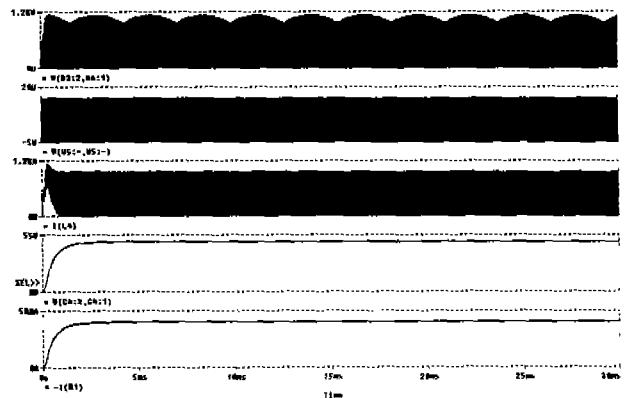


그림 7 시뮬레이션 결과 파형 (1)

제안된 회로를 PSpice에 의해 시뮬레이션 하였다. 사용된 파라메타는 표 2와 같다. 시뮬레이션 출력 파형은 그림 7, 그림 8, 그림 9에서 보여준다.

표 2 시뮬레이션에 사용된 파라메타

입력전압	3상 380V
입력전원 주파수	60 Hz
스위칭주파수	20 kHz
듀티율	12%
인덕턴스	2 μ H
평활콘덴서	10000 μ F
라인 필터 인덕턴스	730 μ H
라인 필터 캐패시터	1 μ F
부하저항	0.12 Ω

3. 결 론

본 논문은 대용량, 고효율, 소형화 AC-DC 강압형 컨버터(48V·400A 급) 설계 및 시스템 제작을 위해서 제안하였다.

고속 스위칭시 발생하는 문제점들과 시스템의 효율 향상을 위해 공진형 컨버터회로를 이용하였고, ZVS, ZCS 스위칭에 의한 스위칭 손실 저감 및 소자 스트레스를 저감시키려 하였다.

시뮬레이션 결과 만족한 결과를 얻을 수 있었다. 문제점으로는 필터 캐패시터의 전류용량이 대단히 커서 실제 제품 제작 시 여러 개의 콘덴서를 병렬로 사용할 수밖에 없다.

또 라인 필터의 L의 회로 정수를 크게 하면 역율이 개선되고 출력 리플이 줄어드나 손실이 많아진다는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

1. D. M. Devan and G. Skibinski, "Zero-switching loss Inverter for high power applications." IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA25, No. 4, pp.634-643, 1989
2. D. M. Devan, "The resonant DC link converter: a new concept in static power conversion." IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. IA25, No. 2, 1989, pp.317-325
3. 이현우의 : "부분공진 스위칭 모드 고효율 DC-DC 부스터 컨버터", 전기학회논문지, Vol.45, No.9, pp.1272 -1278, 1996.8.
4. Hyun-woo Lee: "Soft switching buck-boost converter for photovoltaic power generation", '96 Japen Solar Energy Society(JSES) Con. Rec., 1996.10.30.
5. Meng-Yu Chang, Jiann-Yow Lin, Ying-Yu Tzou, "DSP-based Fully Digital Control of a AC/DC Converter with Nonlinear Digital Current Mode Control", '96 IEEE Records, pp. 1702 -1708, 1996.
6. 長尾道彦, 今永定利, 原田耕介, "不連続 モト動作 高力率 昇降壓形 AC-DC レギュ レタ特性解析", 電子情報通信學會新學 技報, 93-9pp.12-22, 1993
7. HYUN-WOO LEE etc: "Using a Loss less Snubber for Soft-Switching Three-Phase High Power Factor Converter ", '95 ICPE, pp.355-360,1995

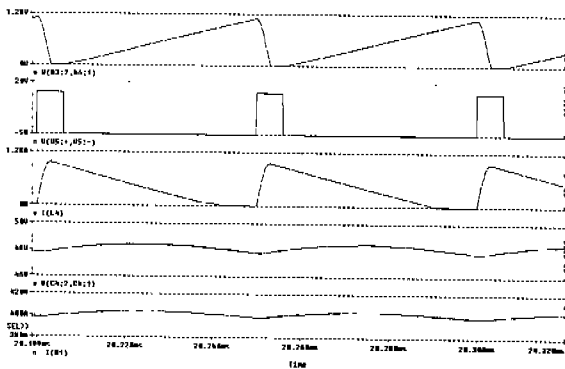


그림 8 시뮬레이션 결과 파형 (2)

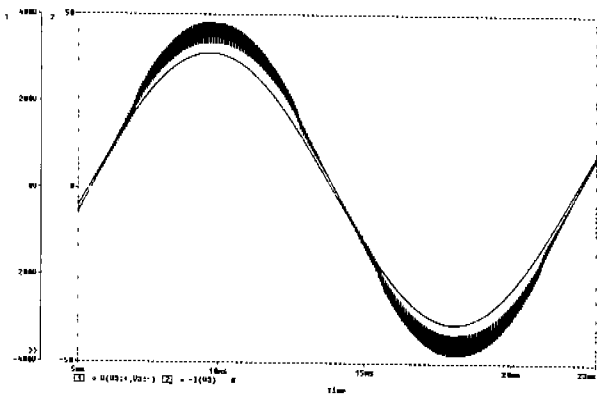


그림 8 3상 입력 상전압 상전류

시뮬레이션 결과 ZVS, ZCS 스위칭이 이루어짐을 알 수 있고 역율이 개선됨을 알 수 있었다

개선점으로는 필터 캐패시터 전류용량이 대단히 컸고, 입력 전압 전류의 위상이 정확하게 일치하지 않았다