

# 그린 PC용 저전압, 대전류 LLC 공진형 컨버터

유영도, 류명효\*, 백주원\*, 김인동  
부경대학교, 한국전기연구원\*

## Low Voltage, High Current LLC Resonant Converter for Green PC

Y.D. Yoo, M.H. Ryu\*, J.W. Baek\*, I.D. Kim.

Pukyong National Univ., Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 전력변환장치의 고효율화 시대에 맞추어 AC DC단에는 브릿지리스 PFC, DC DC단에는 Full Bridge LLC 공진형 컨버터를 적용하여 전부하 ZVS 동작영역 확보를 통한 고효율의 저전압, 대전류 AC DC 정류기를 제안하였다. 제안된 AC DC 정류기는 그린 PC용 전력변환 장치로써 단말형 중앙 집중식 PC rack 시스템에 사용된다. 따라서 19[V], 105[A] (2KW) Full bridge LLC 공진형 컨버터를 설계 및 제작하여 실험을 통해 제안된 토폴로지의 타당성을 검증하였다.

### 1. 서론

정부의 그린 IT 국가전략에 의해 탄소 배출량을 줄이고 전력낭비의 최소화를 요구함에 따라 고효율의 그린 IT 환경을 실현하는 그린 PC 호스팅 서비스 시장이 성장할 것으로 예상되고 있다. 그린 PC란 PC방, 공공기관, 정부기관, 학교 전산실습실 등 여러대의 컴퓨터가 동시에 사용되는 제한되는 공간에 효과적이며 데스크에서 컴퓨터의 본체는 사라지고 모니터, 마우스, 키보드, 단말기만을 놓도록 하며 PC의 본체는 여러대의 블레이드 PC를 하나의 rack에 두어 전산센터에서 통합관리하는 단말형 중앙 집중식 PC rack 시스템 방식이다. 사용자는 단말기를 이용하여 전산센터의 자신의 PC에 접속하여 PC를 사용할 수 있으며 그린 PC를 구현함에 따라 공간 활용과 정보의 효율적 관리가 가능해진다. 그리고 고효율의 전력변환장치를 사용하여 전력소비를 최소화 할 수 있다.

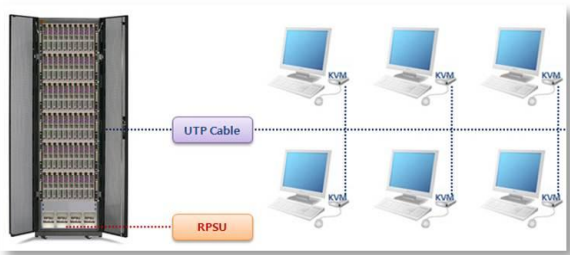


그림 1. 그린PC 시스템 구성

그림 1은 그린 PC 시스템 구성을 나타낸다. 하나의 rack내부에 여러대의 블레이드 PC와 RPSU(Rack Power Supply

Unit)로 구성되어 있으며 RPSU는 고효율의 DC 전원공급장치를 통해 전산센터에 rack단위로 전력을 공급하게 된다. 그리고 여러대의 블레이드 PC에 전력을 공급하기 때문에 저전압, 대전류의 특성을 가지며 전범위 높은 효율특성을 가지는 DC 전원공급장치가 필요하다. 전산센터의 DC 전원공급장치로는 고효율의 PSFB(Phase Shift Full Bridge)컨버터를 주로 사용하지만 경부하시 ZVS 동작 영역의 확보와 노이즈 문제가 따른다.

따라서 본 논문에서는 전범위 ZVS 동작 영역의 확보가 가능하며 높은 효율 특성을 가지는 그린 PC용 저전압, 대전류 Full bridge LLC 공진형 컨버터를 설계 및 제작하여 20[%] 이상 부하 영역에서 94[%]이상의 효율 특성을 확인 하였다.

### 2. Full-Bridge 공진형 컨버터

#### 2.1 전체 회로구성

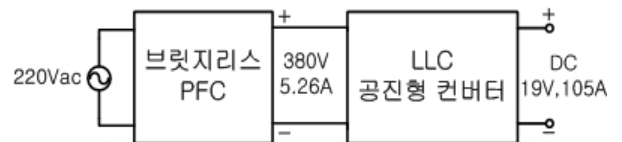


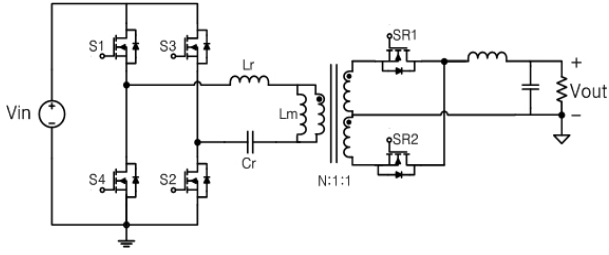
그림 2. RPSU 전체 블록도

제안하는 그린 PC용 RPSU의 전체 회로 구성은 그림 2와 같다. AC DC 정류단은 전부하 96[%]이상의 효율특성을 가지는 브릿지리스 PFC, DC DC 전원단에는 LLC 공진형 컨버터를 두어 DC전원을 공급하도록 하였다.

#### 2.2 Full-Bridge LLC 공진형 컨버터 설계

그림 3은 Full Bridge LLC 공진형 컨버터의 회로를 나타낸 것이며 1차측에는 Full Bridge형태의 구조, 2차측에는 동기 정류방식을 사용하여 스위치의 도통 손실에 의한 효율저하를 최소화 할 수 있다.

공진주파수  $f_0 = 80$  [kHz]로 정하고 식 (4)를 이용하여  $m$ 의 값을 계산 하였으며 효율특성을 고려하여 5.3의 값으로 정하였다. 선정된  $m$ 의 값을 이용하여 식 (4)의 공진네트워크의 직렬 공진점에서의 최소이득  $M_{min} = 1.11$ 을 결정하고  $M_{min}$ 으로 입력 전압이 최소일 경우에 최대 부하에서 필요로 하는 최대 공진이득  $M_{max} = 1.169$ 를 계산하였다.



$V_{in} = 375 \sim 395$  [V],  $V_{out} = 19$  [V],  $I_o = 105$  [A],  $f_s = 65 \sim 80$  [kHz]  $L_m = 447$  [uH],  $L_r = 84$  [uH],  $C_r = 47$  [nF], Transformer turn ratio=24:1:1

그림 3. Full-bridge LLC 공진형 컨버터

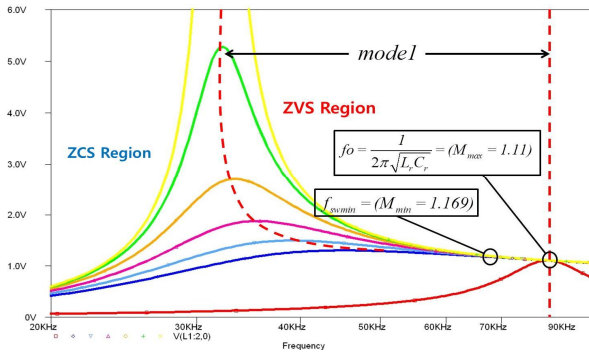


그림 4. Full-Bridge LLC 공진형 컨버터 주파수 특성 곡선

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad (1)$$

$$R_{ac(n\%)} = \frac{8n^2}{\pi^2} \cdot R_L \quad (2)$$

$$Q = \frac{\sqrt{L_r / C_r}}{R} \quad (3)$$

$$m = \frac{L_m}{L_r}, M_{max} = \frac{V_{inmax} \times M_{min}}{V_{inmin}}, M_{min} = \sqrt{\frac{m}{m-1}} \quad (4)$$

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_{inmax}}{2 \times (V_o + V_F)} \cdot M_{min} \quad (5)$$

$$L_m = m \cdot L_r \quad (6)$$

$$L_r = \frac{1}{(2\pi f_{swmax})^2 \cdot C_r} \quad (7)$$

$$C_r = \frac{1}{2\pi Q \cdot f_{swmax} \cdot R_{ac(100)}} \quad (8)$$

$M_{min}$ 과 2차측 정류단의 스위치 도통 전압을 고려한 식 (5)의 변압기 턴비를 24:1:1로 결정하고 식 (2)으로 2차측 AC 등가 저항을 1차측으로 환산한 용량별 부하저항을 계산하였다. 그리고  $M_{max}$ 와  $m$ 을 이용해  $Q=0.55$ 를 결정하여 식 (6),(7),(8)으로 공진 네트워크를 구성하는  $L_m=447$ [uH],  $L_r=84$ [uH],  $C_r=47$ [nF]의 값을 구하였다.

그림 4는 주어진 파라미터를 적용한 부하별 주파수 특성 곡선을 나타내었다. 제안된 Full Bridge LLC 공진형 컨버터는 저전압, 대전류의 출력 특성을 가지므로  $f_0$ 를 기준으로  $f_{swmin} \sim f_0$  [model]에서 동작하도록 하여 출력전류가 DCM(전류불연속모드)으로 동작함에 따라 2차측 동기 정류기의 스위칭 손실을 최소화 할 수 있도록 하였다.

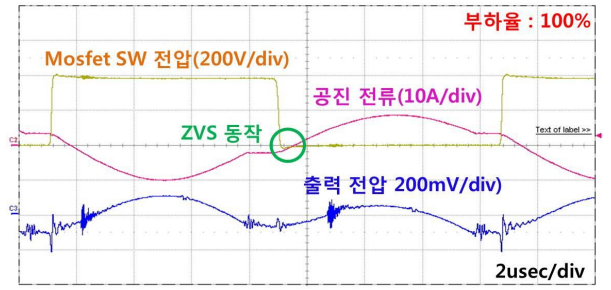


그림 5. Full-Bridge LLC 공진형 컨버터 mosfet SW 전압, 공진전류, 출력전압 리플

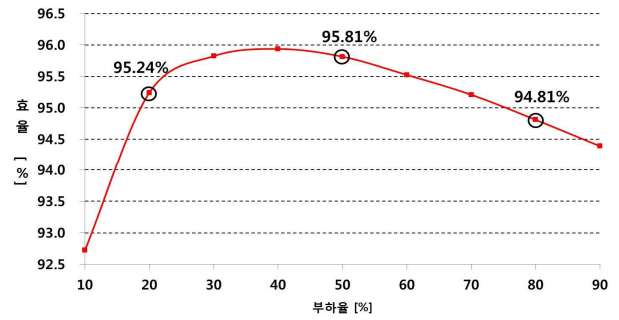


그림 6. Full-Bridge LLC 공진형 컨버터 효율

그림 5는 100[%]부하일 경우에 mosfet D S전압, 공진전류, 출력전압의 리플을 나타낸 파형이고 전 부하에 걸친 ZVS 동작과 출력전압의 리플율은 1[%]이내임을 확인하였다. 그림 6은 부하에 따른 효율을 나타낸 그래프이며 20[%]이상의 영역에서 94[%]이상의 효율 특성을 나타남을 확인 하였다.

### 3.결론

본 논문에서는 그린PC용 전원공급장치로 저전압, 대전류의 19[V], 105[A] (2KW) Full bridge LLC 공진형 컨버터를 제안하였으며 제작 및 실험을 통하여 고효율 특성을 확인 하였다.

### 참고 문헌

- [1] B. Lu, W. Liu, Y. Liang, F.C. Lee, and J.D. van Wyk, "Optimal design methodology for LLC resonant converter", Proceedings of the IEEE APEC'06, Vol. 1, pp. 533-538, 2006.
- [2] Bo Yang, Lee, F.C, A.J Zang, Guisong Huang, "LLC resonant converter for front end DC/DC conversion," APEC 2002. pp.1108-1112
- [3] Hang Seok. Choi, "Design Consideration of Half Bridge LLC Resonant Converter" Journal of Power Electronics, Vol. 7, No. 1, January 2007. pp.13-20
- [4] 김성운, "그린 PC 시스템 기술 및 산업 동향", 한국정보기술학회, 한국정보기술학회지, 제8권 제1호, pp.17-24