

배압 회로를 이용한 인터리브 AC/DC 컨버터의 효율 특성에 관한 연구

서상화\*, 김용\*, 배진용\*\*, 이은영\*\*\*, 권순도\*\*\*  
 동국대학교\*, 특허청\*\*, 대림대학\*\*\*

A Study on the Efficiency of Interleaved AC/DC Converter using Voltage-Doubler

Sang-Hwa Seo\*, Yong Kim\*, Jin-Yong Bae\*\*, Eun-Young Lee\*\*\*, Eun-Young Lee\*\*\*  
 Dongguk University\*, KIPO\*\*, Daelim College\*\*\*

**Abstract** -A novel, two-inductor, interleaved power-factor-corrected (PFC) boost converter that exhibits voltage-doubler characteristic when it operates with a duty cycle greater than 0.5 is introduced. The voltage-doubler characteristic of the proposed converter makes it quite suitable for universal-line (90~265V<sub>RMS</sub>) PFC applications. Because the proposed PFC boost rectifier operates as a voltage doubler at low line, its low-line range efficiency is greatly improved compared to that of its conventional counterpart. The performance of the proposed PFC rectifier was evaluated on an experimental 300W PFC prototype.

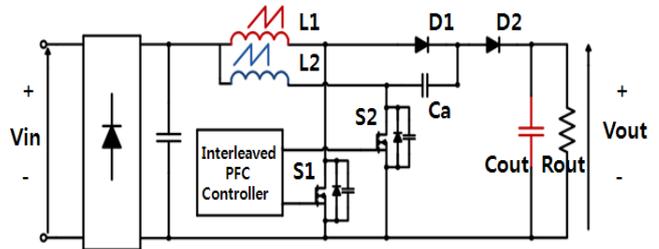


그림2. 제안된 배압 회로의 인터리브 승압형 AC/DC 컨버터

1. 서 론

대전력 분야에서 두 개의 승압형 컨버터를 이용한 인터리브 기술은 효율을 향상시킬 뿐만 아니라 역률개선 컨버터 및 필터의 크기를 줄여 주기 때문에 매우 유용하게 이용된다. 또한 높은 스위칭 주파수를 이용한 인터리브 기술은 입력 및 출력 리플을 저감하여 인덕터와 차동 모드 EMI 필터 크기를 줄여준다[1-3].

일반적인 전원공급 장치에서는 넓은 입력전압의 변화 AC(85~265[V])에 대응하여 고조파 저감이 매우 중요하게 여겨지고 있으며 전기기기의 유럽 기준인 IEC6100-3-2에 의해 통제 되고 있다. 특히 승압형 역률개선 컨버터에서는 낮은 입력전압(90V<sub>RMS</sub>)에서의 동작이 높은 입력전압(265V<sub>RMS</sub>)에서의 동작 보다 매우 낮은 효율을 가지고 있기 때문에 이러한 단점을 해결하기 위하여 최근 많은 연구 활동이 활발하게 이루어지고 있다. 배압회로를 이용한 인터리브 승압형 컨버터는 일반적인 승압형 컨버터 보다 낮은 입력 전압 범위에서 역률을 향상시킬 수 있다[4-5].

본 논문에서는 두 개의 인덕터를 이용한 인터리브, 승압형 역률개선 컨버터에 배압회로를 적용한 컨버터를 제작 실험하여 기존의 인터리브 승압형 역률개선 컨버터와 비교하였고 이를 통해 낮은 전압 범위에서의 효율 및 역률 향상에 대해 논하였다.

2. 본 론

2.1 회로 구성

그림1은 기존의 인터리브 역률개선 승압형 컨버터이며, 그림2는 제안된 배압 회로를 이용한 인터리브 역률개선 승압형 컨버터이다. 기존의 컨버터와 제안된 컨버터의 입력 전류 파형 형태와 차동모드 EMI 현상은 같다.

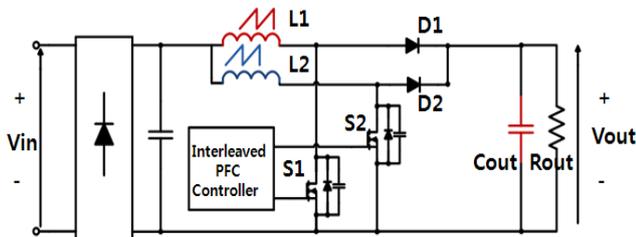


그림1. 기존 인터리브 승압형 AC/DC 컨버터

2.2 동작 원리

그림3은 제안된 인터리브 승압형 AC/DC 컨버터의 회로 모식도이다. 이때 C<sub>B</sub>와 C<sub>F</sub>는 각각 V<sub>X</sub>, V<sub>OUT</sub>의 전압원이다. 모든 구성 요소들은 이상적이라고 가정하며 온(on) 상태에서는 0(zero), 오프(off) 상태에서는 무한대의 임피던스 값을 가진다.

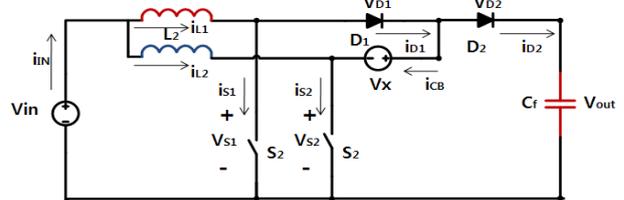


그림3. 제안된 인터리브 승압형 AC/DC 컨버터의 회로 모식도

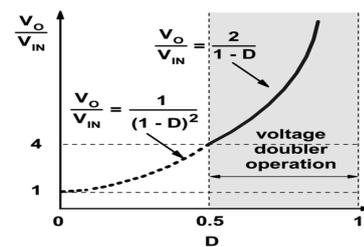


그림4. 제안된 인터리브 승압형 AC/DC 컨버터의 전압이득

그림 4는 제안된 인터리브 승압형 컨버터의 전압이득을 나타낸다. 제안된 컨버터의 동작은 크게 스위칭 듀티가 0.5이상일 때와 0.5이하일 때의 두 가지 모드로 구분할 수 있다.

(i) MODE I (0.5 ≤ D < 1)

C<sub>B</sub> 커패시터의 전압은 출력 전압의 1/2이다(V<sub>X</sub>=V<sub>O</sub>/2). V<sub>O</sub>와 V<sub>IN</sub>의 관계는 승압형 인덕터의 Voltage-second 평균 방정식으로 부터 식 (1), (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{IN}dt_S = \left( \frac{V_O}{2} - V_{IN} \right) \cdot (1-D)T_S \quad (1)$$

$$\frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{2}{1-D}; (0.5 \leq D \leq 1) \quad (2)$$

(ii) MODE II ( $0 \leq D \leq 0.5$ )

$C_B$  커패시터의 전압은  $DV_0$ 이고 이는 다이오드  $D_1$ 을 통과한 출력 커패시터의 전압 같다( $V_X = DV_0$ ).  $V_0$ 와  $V_{IN}$ 의 관계는 승압형 인덕터의 Voltage-second 평균 방정식으로부터 식 (3), (4)와 같이 나타난다.

$$(2V_{IN} - DV_0)DT_S = (V_0 - V_{IN}) \cdot (1 - 2D)T_S \quad (3)$$

$$\frac{V_0}{V_{IN}} = \frac{1}{(1-D)^2}, (0 \leq D \leq 0.5) \quad (4)$$

식(3)과 (4)로부터 제안된 컨버터는 듀티가 제로(zero) 일 때 최소 전압을 나타낼 수 있다.

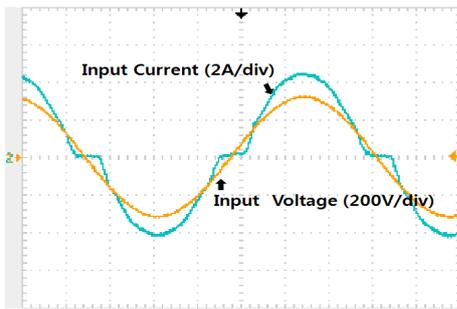
### 2.3 실험 결과

제안된 배압 회로를 이용한 인터리브 AC/DC 역률개선 승압형 컨버터의 특성 파악을 위하여 300[W]급 시작품을 제작하여 스위칭 주파수 200[kHz]에서 실험하였다. 표 1은 하드웨어 제작에 사용된 소자와 회로 파라미터 값을 나타낸다.

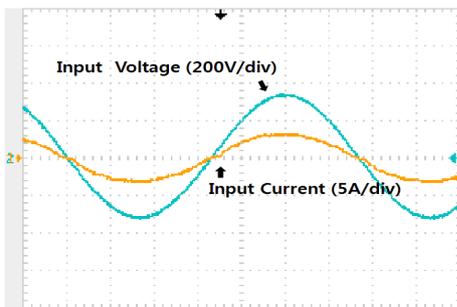
표 1. 하드웨어 제작에 사용된 소자와 회로 파라미터

입력전압 ( $V_{in}$ )	AC 90~250 [V]
출력전압 ( $V_o$ )	DC 400 [V]
최대출력 ( $P_o$ )	300 [W]
스위칭 주파수 (f)	200 [kHz]
승압 인덕터 (L1)	289 [ $\mu$ H]. CSC
승압 인덕터 (L2)	296 [ $\mu$ H]. CSC
브리지 정류 다이오드	KBU600. QUATRO
쇼트키 다이오드 (D1, D2)	CSD10060. CREE
전류 변압기 (CT1, CT2)	PQ2625. TDK $N_1 : N_2 = 50 : 1$
출력 커패시터 ( $C_{OUT}$ )	100 [ $\mu$ F] $\times$ 2
저장 커패시터 ( $C_B$ )	2.2 [ $\mu$ F] $\times$ 3
주 스위치 ( $S_1, S_2$ )	IRFP 460. IXYS
PFC 제어기	UCC28070. TI

그림5는 100[%] 부하시 기존의 컨버터와 제안된 컨버터의 입력전압 110[V]에서의 전압 및 전류 파형이다. 제안된 인터리브 컨버터의 역률은 0.999로 기존의 인터리브 컨버터에 비해 약1.1[%] 향상된 것을 확인하였다.



(a)기존의 인터리브 승압형 컨버터



(b)제안된 인터리브 승압형 컨버터

그림 5. 100% 부하시 인터리브 승압형 컨버터의 입력 전압·전류 파형

그림6과 7은 기존의 컨버터와 제안된 컨버터의 출력 전력에 따른 역률과 효율을 각각 비교한 결과이다. Voltech사의 전력 분석계 PM3000A를 사용하여 입·출력 전압 및 전류를 실측하여 계산하였다. 제안된 PFC 승압형 컨버터의 100[%] 부하시 역률은 0.999, 효율은 91.695[%]이었으며 기존의 컨버터에 비하여 50[%] 부하시 역률과 효율이 가장 크게 향상되었다.

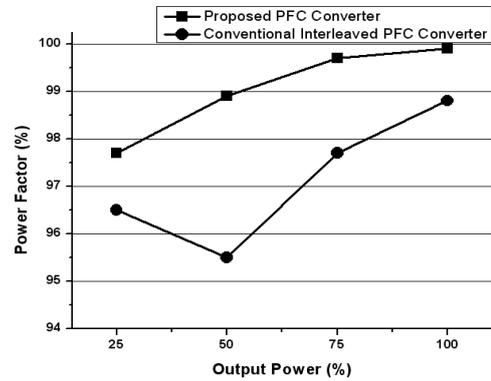


그림 6. 110V 입력시 출력 전력에 따른 역률 특성

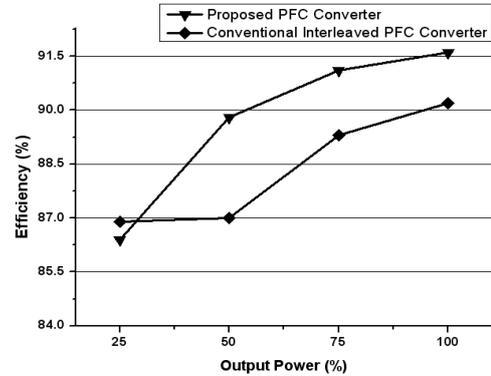


그림 7. 110V 입력시 출력 전력에 따른 효율 특성

### 3. 결 론

본 논문에서는 배압회로를 이용한 인터리브 승압형 AC/DC 컨버터의 모드를 분석하고 역률 및 효율 특성을 나타내었다. 제안된 PFC 컨버터는 300[W] PFC 시작품으로 실험하여 평가하였다. 100[%] 부하시 386[V] 출력에서 0.777[A]를 나타내었으며, 기존의 컨버터에 비하여 전 부하 영역에서 효율과 역률이 평균적으로 약 2[%] 향상되었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 서상화, 김용, 권순도, 배진용, 임태민, “역률과 전류 리플을 개선한 인터리브 AC/DC 컨버터에 관한 연구” 대한전기학회 춘계학술대회논문집, pp.152-155, 2009.
- [2] B. A. Miwa, D. M. Otten, and M. F. Schlecht, “High efficiency powerfactor correction using interleaving techniques,” in Proc. IEEE Appl. Power Electron. (APEC) Conf., pp. 557--568, 1992.
- [3] L. Balogh and R. Redl, “Power-factor correction with interleaved boost converters in continuous-inductor-current mode,” in Proc. IEEE Appl. Power Electron. (APEC) Conf., pp. 168--174, 1993.
- [4] D. Maksimovic and R. Erickson, “Universal-input, high-power-factor, boost doubler rectifiers,” in Proc. IEEE Appl. Power Electron. (APEC) Conf., pp. 459--465, 1995.
- [5] J. Yungtaek, M. M. Jovanovic, “Interleaved Boost Converter With Intrinsic Voltage-Doubler Characteristic for Universal-Line PFC Front End,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 22, no. 4., pp. 1394--1401, 2007.