

# 결합 인덕터와 배압 회로를 이용한 고승압 직류전원장치

금재범\*, 백주원\*\*, 김종현\*\*, 류명효\*\*, 김흥근\*  
 경북대학교\* 한국전기연구원\*\*

**High boost DC Power supply Using Coupled inductor and Voltage multiplier**  
 Jae-Beom Geum\*, Ju-Won Baek\*\*, Jong-Hyun Kim\*\*, Myung-Hyo Ryoo\*\*, Heung-Geun Kim\*  
 Kyungpook national univ.\* KERI\*\*

## ABSTRACT

신재생에너지원의 하나인 연료전지 시스템이나 배터리 백업용 전력변환 회로는 많은 응용분야에서 고승압 직류변환장치의 구조로 낮은 입력전압을 높은 출력전압으로 승압한다. 이를 위한 고승압회로의 여러 가지 방식중에서 단단으로 직렬 접속된 구조의 직류변환장치는 복잡하고 비용이 큰 단점이 있다. 또한 높은 출력전압을 얻을 수 있는 플라이백 직류전원장치는 누설성분에 의해 손실이 크므로 효율이 낮고 소자의 스트레스가 큰 단점이 있다.

본 논문에서는 배압회로와 결합 인덕터를 이용한 고승압 전원장치를 제안한다. 제안하는 회로는 24V 입력에서 300V로 승압한다. 결합 인덕터의 이차 전압은 배압회로에 의해 정류되고 인덕터의 일차측 승압전압과 병렬로 연결되어 출력전압을 만든다. 높은 승압전압이 낮은 듀티사이클로도 얻어지는 제안 회로는 이론적인 해석과 100W 실험장치를 통해 시험하며 그 타당성을 검증한다.

## 1. 서론

전원장치의 신뢰성이 점차 중요한 문제로 대두되면서 산업용 전원설비에는 배터리 백업전원 설비가 기본적인 사양으로 자리 잡고 있다. 또한 대체 에너지원 중에서 연료전지 전원은 새로운 미래 에너지원으로 많은 연구가 이뤄지고 있다. [1]

이러한 전원설비에서 공통적으로 필요한 것은 낮은 전압을 사용전원으로 충분히 승압해 주어야 하는 점이다.

일반적으로, 입력전압이 낮은 응용분야에서는 출력전압을 높이기 위해 변압기를 이용하는 것이 종래의 방법이다. 이러한 경우에는 변압기 손실이 부가적으로 발생하고 스위칭 손실이 커지는 단점이 있다. 이를 개선한 형태로 인덕터 결합형 고승압 회로가 있으나 승압전압을 충분히 높이는 데에는 한계가 있다. [4-6]

본 논문에서는 낮은 입력전압을 높은 출력전압으로 승압하는 개선된 회로를 제안하였다. 제안한 회로는 다수의 승압회로가 배열된 구조를 가지지만 스위치를 최종단 하나만을 사용하는 구조이다. [2,3] 필요한 전압에 따라 승압비를 높이거나 승압회로를 늘려서 승압전압을 높일 수 있는 구조이며 스위치가 하나로 되어 구조가 단순화되는 장점이 있다.

본 논문에서는 100W 급의 전원장치를 구성하여 제안한 회로의 동작원리를 검증하고 특성에 대해 고찰한다.

## 2. 회로 구성 및 동작원리

그림 1은 제안하는 고승압 컨버터 회로의 기본적인 형태를 나타낸 것이다. 컨버터는 기본적인 승압형 컨버터 구조에서 병렬로 회로가 추가되는 형태이며 한 쌍의 인덕터는 자기적으로 결합된 형태이다. 또한 주 스위치 하나와 다수의 병렬 승압회로가 배치된 구조이다.

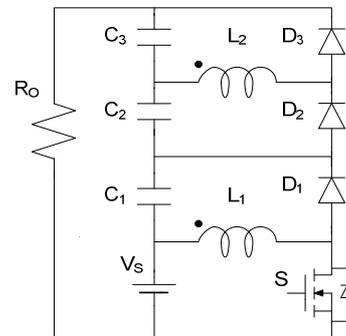


Fig. 1 제안하는 고승압 컨버터

다음 그림 2와 3은 제안한 회로의 주요 동작과형과 동작 모드를 나타낸 것이다. 동작원리를 간단하게 하기 위해 모든 소자들은 이상적이라 가정하고 스위치의 누설 인덕턴스와 권선 저항 그리고 과도특성은 무시한다. 그림 2에서 주 스위치 S와 인덕터 L1, L2 전류 그리고 직류 커패시터 C1, C2, C3의 전압 파형을 나타내었다.

일반적인 승압회로에서는 연속 모드에서 인덕터의 양단 평균전류의 함은 항상 영이다.

동작원리는 인덕터 전류가 연속이라고 가정하고 설명한다.

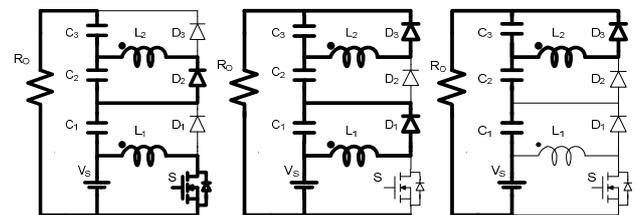


그림 2. 제안한 회로의 동작 파형

$V_s$ 와  $V_c$ 의 관계는 다음 식 (1)와 같다.

$$V_s = \frac{T_{OFF}}{T_{ON}} V_{C1} \quad (1)$$

$V_s$ 는 입력전압,  $V_{C1}$ 은  $C_1$  전압을 나타낸다.

그러므로  $V_{C1}$ 은 식 (2)과 같이 얻어진다.

$$\therefore V_{C1} = \frac{D}{1-D} V_s \quad (2)$$

다음 단의 승압식을 구하면 역시 식 (3)와 같이 표현된다.

$$V_{C2} = N \times V_S \quad (3)$$

여기서 N 은  $N = \frac{L_2}{L_1}$

$$V_{C2} \times T_{ON} = V_{C3} \times T_{OFF} \quad (4)$$

그러므로 출력전압은 최종적으로 식 (5)와 같이 얻어진다.

$$V_O = \frac{1+nN}{1-D} V_S \quad (5)$$

이것은 승압형 컨버터가 병렬 배치된 형태이므로 승압비가 n 배되는 결과가 얻어진다

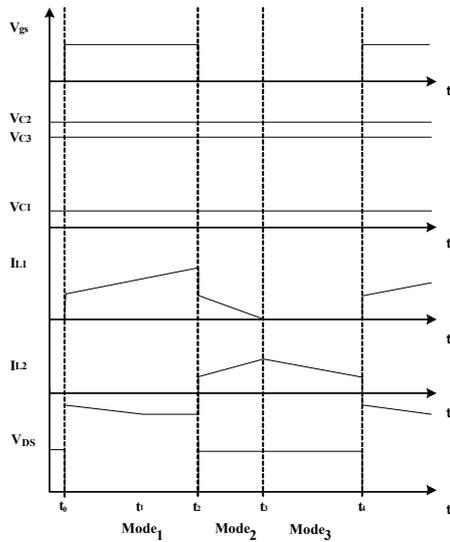


그림 3. 동작 모드

동작모드는 설명을 간단히 하기 위해 테드타임에 의한 효과는 무시하고 소자는 이상적이라 가정한다.

모드 1 : 스위치가 턴 온하여 1차 인덕터에 에너지를 저장하는 전력저장 모드이다. 입력 전압의 턴수비만큼 2차 측 인덕터를 통해 승압된 전압이 C<sub>2</sub>에 충전된다.

모드 2 : 스위치가 턴 오프되고 1차측 인덕터에 저장된 에너지가 C<sub>1</sub>에 충전된다. 이 구간에서 2차측 인덕터를 통해 역시 C<sub>3</sub>가 충전된다.

모드 3 : 1차측 인덕터에 저장된 에너지는 다 전달되고 뒷단의 2차측 인덕터는 저장된 에너지를 상단의 C<sub>3</sub>에 전달한다.

### 3. 회로 특징 및 설계

본 논문에서는 고승압 출력전압을 얻기 위해 사용되는 변압기나 시비율을 높이거나 여러 단의 컨버터를 사용한 방법 그리고 인덕터 결합을 이용하는 회로에서 나타나는 전압, 전류 스트레스와 효율 저감, 회로의 복잡성 그리고 승압전압의 한계 문제등을 해결하고자 하였다.

그림 5는 제안한 회로의 확장형 구조로써 n배 승압비를 얻기 위해 구성할 수 있는 회로를 나타낸 것으로 출력 전압은 듀티 사이클과 턴수비, 인덕터의 결합계수에 의해 결정된다.

출력전압은 인덕터의 턴수비에 의해서도 조절할 수 있지만 높은 턴수비는 결합계수를 감소시키며 손실에 의해 효율이 줄어드는 단점이 있다. 확장형 회로에서는 이 문제를 해결할 수 있지만 배압회로가 많아지게 되므로 손실을 고려하여

설계하여야 한다.

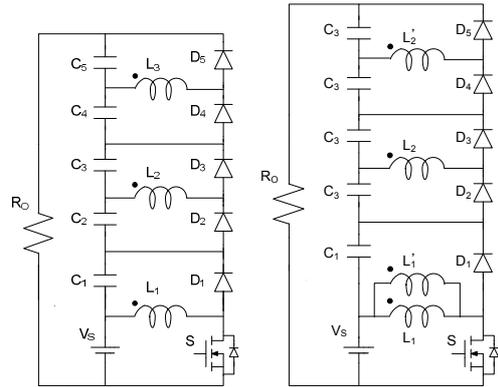


그림 4. 제안한 회로의 확장형 회로

### 4. 실험결과

제안한 회로의 동작을 검증하기 위해 실험하였으며 100W급 승압형 시험장치를 만들었다. 입력전압 24V에서 출력 300V를 얻도록 회로를 설계하였다. 인덕터는 자기적으로 결합되었고 턴수비는 1 : 6.5와 2 : 6.5 두 가지 경우로 하였다. 주파수는 40kHz이고 시비율은 1 : 6.5일 때 출력 300V를 맞추기 위해 조절되었다. 다음 그림 6은 실험에 사용된 회로를 나타낸 것이다.

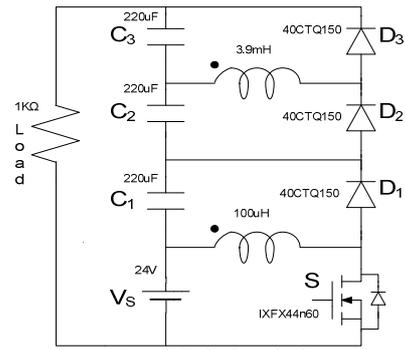
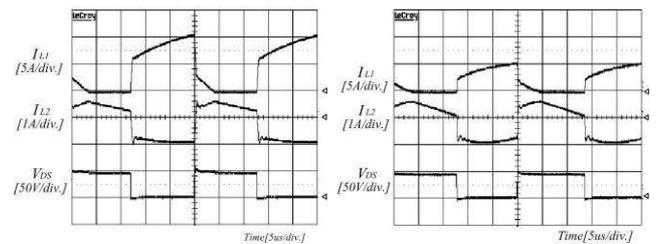


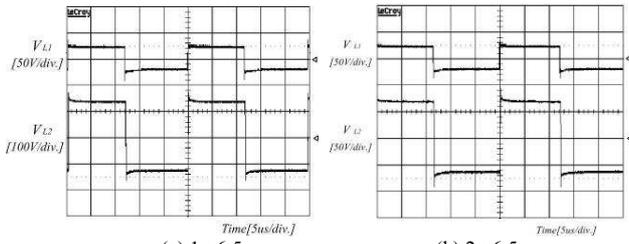
그림 5. 실험에 사용된 회로

다음 그림 7은 인덕터 전류와 주 스위치 전압파형을 나타낸 것이다. 스위치 전압에 따라 인덕터 전류의 방향과 크기의 변화를 알 수 있다. 그림 8은 인덕터 양단의 전압을 측정된 것으로 승압된 전압이 인덕터양단에 나타남을 확인하였다. 그림 9는 각각의 출력 커패시터의 전압을 나타낸 것이다. 턴수비와 듀티에 따라 각각의 커패시터에 승압된 출력전압이 나타남을 볼 수 있다.

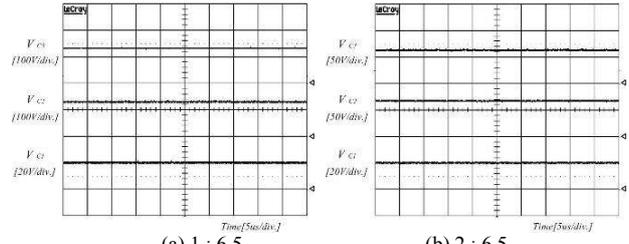
그림 10은 입력대비 승압된 출력전압을 볼 수 있다. 출력전압은 입력전압과 각각의 출력 커패시터 전압의 합임을 알 수 있다.



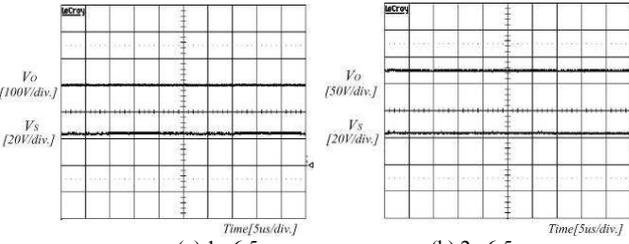
(a) 1 : 6.5  
(b) 2 : 6.5  
그림 6. 인덕터 전류와 스위치 전압



(a) 1 : 6.5 (b) 2 : 6.5  
그림 7. 1,2차 인덕터 전압



(a) 1 : 6.5 (b) 2 : 6.5  
그림 8. 2차측 커패시터 전압파형



(a) 1 : 6.5 (b) 2 : 6.5  
그림 9. 입력대비 출력 파형

그림 10은 제안된 기본회로와 그림4의 확장형 회로를 구성하여 비교한 결과이다. 듀티 변화에 따른 출력전압의 관계를 잘 나타낸다.

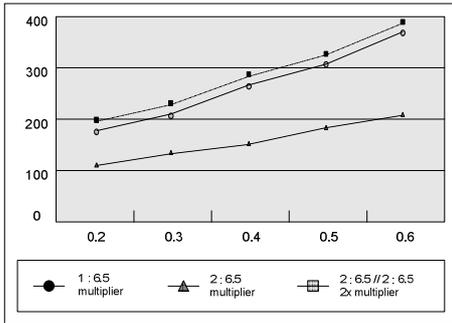


그림 10. 듀티 변화에 따른 출력전압 관계

그림에서 나타난 바와 같이 확장형 회로 역시 유사한 결과를 나타내었으며 높은 승압을 때문에 턴수비를 절반으로 줄여 실험하였다

### 5. 결론

본 논문에서는 입력전압을 높은 출력전압으로 승압하는 새로운 회로를 제안하였다. 제안한 회로는 다수의 승압회로가 배열된 구조를 가지지만 스위치를 최종단에 하나만을 사용하는 구조로서 100W급의 시험장치를 통해 동작을 검증하였다.

필요한 승압비에 따라 승압회로를 늘려서 승압전압을 높일 수 있는 구조이며 스위치가 하나로 되어 구조 단순화되었다. 제안한 고승압회로는 높은 출력전압이 필요한 응용분야에 적용될 수 있으리라 판단된다.

### REFERENCES

[1] Mohan, N., Underland, T. M., and Robbins, W.P.: "power electronics", 2<sup>nd</sup> Edn. (John Wiley & Sons Inc., New York, USA, 1995), pp.172-178  
 [2] F. L. Luo, and H. Ye, "Positive output cascade boost converters," IEE Proc-Electr. Power Application, Vol.151, No 5, pp.590-606, Sept. 2004  
 [3] L. dos Reis Barborsa, J. B. Vieira, L. C. de Freitas, M da Silva Vilela, V. J. Farias, "A Buck Quadratic PWM Soft-Switching Converter using a Single Active Switch," IEEE Trans. Power Electr., VOL. 14, No.3, pp.445-453, May 1999.  
 [4] Qun Zhao and Fred C. Lee, "High Performance Coupled-Inductor DC-DC Converters," in IEEE-APEC Proc., 2003.  
 [5] L. Hurber and M. M. Jovanovic, "A design approach for server power supplies for networking," in proc. IEEE-APEC' Proc., 2000, pp.1163-1169.  
 [6] Tseng, K.C., Liang, T.J., "Novel high-efficiency step-up converter," Electric Power Applications, IEE Proceedings- Volume 151, Issue 2, March 2004, pp.182 - 190.  
 [7] David M. Van, Koen De Gusseme, Bert Renders, Alex P. Van den Bossche, and Jan A. Melkebeek, "A Single Switch Boost Converter with a High Conversion Ratio", in proc. IEEE-APEC 2005, pp.1581-1587.