

결합인덕터를 이용한 새로운 절연형 고승압 부스트 컨버터의 제안

최영호, 차헌녕, 김수한, 최병조
경북대학교

New Isolated High Voltage Gain Boost Converter Using Coupled Inductor

Youngho Choi, Honnyong Cha, Suhan Kim, Byungcho Choi
Kyungpook National University

ABSTRACT

본 논문에서는 전압이득의 한계를 가지는 기존의 부스트 컨버터의 전압이득을 높이기 위해, 입력과 출력에 결합인덕터를 추가하여 기존 부스트 컨버터의 전압이득의 한계를 극복하는 컨버터를 제안한다. 1 kW 시제품을 제작하여, 제안한 컨버터의 동작원리 및 실험 결과를 확인하고, 결론을 맺는다.

1. 서론

기존의 부스트 컨버터는, 시비율(Duty ratio)이 일정 값을 넘어 서게 되면, 부스터 컨버터의 인덕터에 포함된 등가직렬저항(esr)으로 인하여, 입출력 승압비는 한계를 가지게 된다.^[1] 이를 개선하기 위하여 풀브릿지와 전압원이 있는 입력측과, 다이오드 정류기가 있는 출력측 사이에 결합인덕터를 두어, 입출력간의 절연은 물론 높은 전압이득을 얻을 수 있다. 각 구간의 동작 원리 및 이론적 파형과 실험을 통해 얻은 파형을 비교 및 검증하고, 결론을 맺는다.

2. 제안한 결합인덕터를 이용한 절연형 고승압 부스트 컨버터

2.1 회로구성

그림 1에서 보는바와 같이 결합인덕터를 이용한 절연형 부스트 컨버터는, 전압원과 풀브릿지 회로로 구성된 입력측과, 다이오드 정류기가 있는 출력측 사이에 결합인덕터를 두게 된다. 컨버터는 스위치의 상태에 따라 3가지 동작모드로 동작한다. 동작조건은 아래와 같다.

- mode 1, 3: $S_1, S_2, S_3, S_4 = \text{closed}$
- mode 2: $S_2, S_4 = \text{closed}$
- mode 4: $S_1, S_3 = \text{closed}$

2.2 동작원리

• mode 1, 3: 이 구간에서는 모든 스위치가 DT_s 구간동안 닫히게 되고, 결합인덕터와 스위치로만 전류가 흐르게 된다. 일차측 결합인덕터의 양단에 걸리는 전압은 전류의 흐르는 방향에 따라, 그림 1에서 보는바와 같이 걸리게 된다. 이차측 결합인덕터의 전류의 방향은, 다이오드의 방향으로 향하게 되므로, 전류는 흐르지 못하게 되고, 결합인덕터의 일차측에서 이차측으로 넘어가는 에너지는 없다. 이 때 결합인덕터의 자화 인덕

턴스에 에너지가 충전된다.

• mode 2, 4: 이 구간에서는 S_1, S_3 와 S_2, S_4 의 스위치가 $(1-D)T_s$ 의 구간동안 각각 닫히게 된다. mode 1, 3구간에서 결합인덕터의 자화인덕턴스에 충전되어있던 전류와 입력전류가 합쳐져, 식 2에 따라서 변압기로 일정량의 전류가 흘러가고, 나머지전류는 결합인덕터의 일차측에서 이차측으로 넘어가게 된다. 결합인덕터의 일, 이차측 양단에 걸리는 전압은 mode 1, 3구간에서의 역전압이 걸리게 된다.

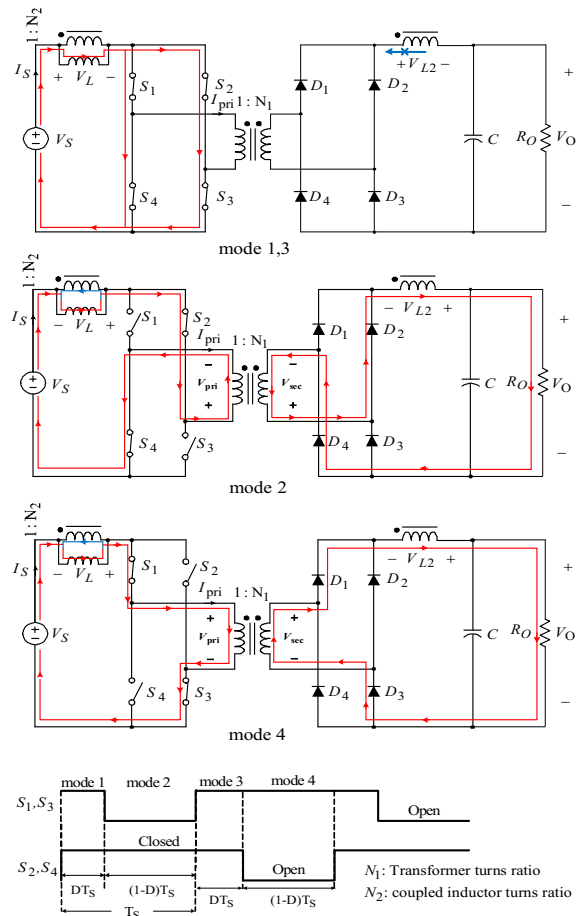


그림 1 결합인덕터를 이용한 절연형 부스트 컨버터의 3가지 동작모드.

Fig. 1 Three operating modes of the isolated boost converter using coupled inductor.

회로의 일차측에서 흐르는 전류의 평균값과 변압기의 일차측에서 이차측으로 흘러 갈 때의 평균전류값은 아래식과 같다.

$$I_S = \frac{V_O}{R_L} (N_1 + N_2) \quad (1)$$

$$I_{pri} = \frac{V_O}{R_L} \frac{N_2}{N_1 + N_2} \quad (2)$$

결합인덕터를 이용한 부스트 컨버터의 일출력 전압이득은 아래의 식과 같다.

$$\frac{V_O}{V_S} = \frac{DN_2 + N_1}{1 - D} \quad (3)$$

출력측으로 넘어가는 에너지는 변압기와 결합인덕터로 분산되어 에너지가 넘어가게 되고, 변압기와 결합인덕터를 통해 넘어가는 각각의 에너지는 식4와 식5와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{CL} = \frac{N_2}{DN_2 + N_1} P_O \quad (4)$$

$$P_{tran} = \frac{N_1}{DN_2 + N_1} P_O \quad (5)$$

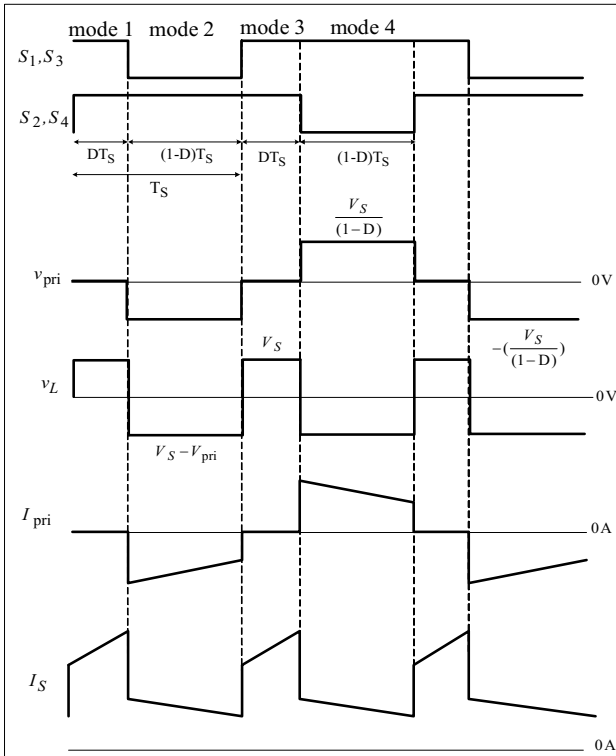


그림 2 주요파형.
Fig. 2 Key waveforms

3. 시뮬레이션 및 실험결과

제안된 컨버터의 타당성을 입증하기 위해 표 1과 같은 조건

으로 실험을 진행하였다.

표 1 실험 조건.

Table1 Simulation and experiment condition.

V_S	50 V	V_O	300 V
R_L	90 Ω	F_{SW}	25 kHz
L_m	60 μ H	Duty ratio	0.333
N_1	3	N_2	3

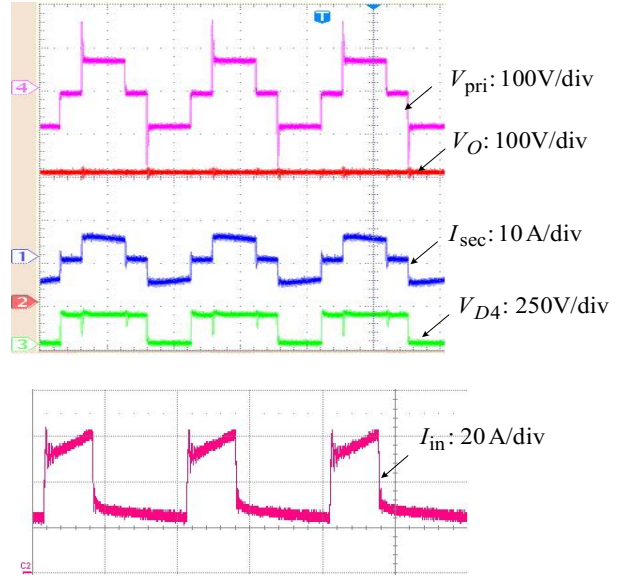


그림 3 실험결과.
Fig. 3 Experimental result.

4. 결론

본 논문에서는 기존의 입출력 승압비에 한계를 가지고 있는 부스트 컨버터에 비해, 결합인덕터와 변압기의 권선비에 따라, 높은 승압비를 얻을 수 있고, 출력측으로 넘어가는 에너지가 결합인덕터와 변압기 쪽으로 나누어져 넘어가기 때문에, 스위치 및 다이오드를 선택 시, 결합인덕터를 통해 넘어가는 에너지만큼 차감된 소자를 선택할 수 있다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업과 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Byungcho Choi, "Fundamentals of PWM Dc-to-Dc Power Conversion Second edition", Young Publishing Co, 2010
- [2] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics Second Edition", Kluwer Academic Publishers, 2001
- [3] N. Frohliche, R. Mende, H. Grotstollen, B. Margaritis, L. Vollmer, " Isolated Boost Full Bridge Topology Suitable for High Power and Power Factor Correction", IEEE IECON' 94, pp. 405-410 vol.1, 1994