

# 넓은 입력전압 대응 고효율 DC-DC 컨버터

노영재, 서함, 메아스사란, 김은수<sup>†</sup>, 전용석  
전주대학교

## High Efficiency DC-DC Converter with Wide Input Voltage Variable Ranges

Y.J Noh, Han Xu, S. Meas, E.S Kim<sup>†</sup>, Y.S Jeon  
JeonJu University

### 1. 서론

일사량에 따라 전압변동 폭이 큰 태양광모듈 발전전압 ( $30V_{DC} \sim 60V_{DC}$ )에서 일정 출력전압( $400V_{DC}$ )를 얻기 위해서 적용되고 있는 구조는 그림 1의 2단 구성 DC-DC 컨버터로써 태양광모듈 전압변화에 따라 일정전압으로 승압시키기 위한 승압컨버터와 고정 시비율로 동작하는 LLC 공진컨버터로 입력에서 출력까지 2단으로 구성되어 있다.<sup>[1,2]</sup> LLC 공진컨버터는 일정 입력전압범위에서 영전압스위칭(Zero Voltage Switching)을 통한 높은 효율특성을 얻을 수 있지만, 승압컨버터는 하드스위칭(Hard Switching)을 하기 때문에 전체효율을 저감시키는 원인이 된다. 뿐만 아니라, 모든 입력전압 및 부하조건에서 승압컨버터는 정격부하로 설계되어 동작되기 때문에 저전압 대전류 절연된 승압 DC-DC 컨버터에 있어서 전체적인 단가상승 및 효율을 저감시킬 수 있다.

력단은 직렬 연결되어 승압되는 절연된 승압 DC-DC 컨버터를 제안했다.<sup>[3]</sup> 제안된 DC-DC 컨버터에서 LLC 공진컨버터는 입력전압( $30V_{DC} \sim 60V_{DC}$ ) 범위 내에서 입력전압변화에 상관없이 주스위칭 소자  $Q_1, Q_2$ 는 50% 고정 듀티와 일정 스위칭주파수( $f_s$ )에서 동작되고, 영전압스위칭 동작특성을 얻을 수 있고, 저전압 대전류 입력단에서 LLC 공진컨버터와 병렬 연결된 플라이백 컨버터는 입력전압변동( $30V_{DC} \sim 60V_{DC}$ )에 대응하여 스위칭소자  $Q_4$ 의 듀티를 제어하여 일정출력전압( $V_{out}=V_{o3}+V_{o4}+V_{o5}=400V_{DC}$ )을 제어할 수 있다. LLC 공진컨버터가 입력전압( $30V_{DC} \sim 60V_{DC}$ )에 따라 최대부하에서 1/2 부하까지 감당하기 때문에 플라이백 컨버터는 최대 정격부하의 1/2 부하만 감당하면 된다. 따라서 소자정격 및 전류스트레스를 저감할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 그림 1과 그림 2 각각의 DC-DC 컨버터에 대해서 동작특성 및 효율적인 측면에 대해서 비교한 결과를 서술하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 적용된 DC-DC 컨버터 구동회로

일반적으로 2개의 DC-DC 컨버터를 적용할 경우 각각의 제어 IC를 사용하지만 본 논문에서는 공진컨버터 전용 IC L6599(ST사)만을 사용하여 실험하였다. 적용된 IC의 CF 단자전압은 매 주기마다 0.9V~3.9V로 변하는 삼각파형을 출력하고, 삼각파형의 전압이 0.9V와 3.9V점에서 H.B(Half Bridge) 공진컨버터의 상단스위치( $Q_1$ ) 및 하단스위치( $Q_2$ )를 구동하기 위한 Gate Signal인 HVG와 LVG 파형이 생성된다. 그림 1과 그림 2의 LLC 공진컨버터 같은 경우 IC의 CF 단자전압에 의해 주스위칭소자  $Q_1, Q_2$ 는 50%의 고정된 듀티로 동작하고, 그림 1의 승압컨버터는 IC에서 만들어진 CF전압과 승압컨버터 출력전압( $V_{link}$ )과 제어기준전압( $V_{ref}$ )에 의해 보상된  $V_{err}$  전압을 비교하여 출력된 PWM 전압파형을 인버팅된 LVG 전압과 동기화 하였고 그림 2의 플라이백 컨버터도 출력전압( $V_{out}=V_{o3}+V_{o4}+V_{o5}$ )과 제어기준전압( $V_{ref}$ )에 의해 보상된  $V_{err}$  전압과 CF전압을 비교하여 LVG 전압과 동기화 하였다. 그림 1의 승압컨버터  $C_1$ 의 출력전압( $V_{link}$ )이 제어하고자하는 기준전압인  $60V_{DC}$ 보다 높으면  $V_{err}$  전압이 낮아지고 IC의 CF단자 전압과 비교하여 낮아진  $V_{err}$  전압만큼 듀티가 줄어들고, CF단자 전압보다 높아지면 듀티가 커져 승압컨버터의 스위칭소자  $Q_3$ 를 제어함에 따라 승압컨버터 출력전압( $V_{link}=60V_{DC}$ )을 제어하도록 하였다. 그림 2의 플라이백 컨버터 같은 경우 출력전압( $V_{out}$ )이 제어출력 기준전압인  $400V_{DC}$ 보다 높아지면 승압컨버터와 똑같은 방법으로 듀티제어를 통해 플라이백컨버터의 스위칭소자  $Q_4$ 를 제어함에 따라 일정출력전압( $V_{out}=400V_{DC}$ )을 제어하도록 하였다.

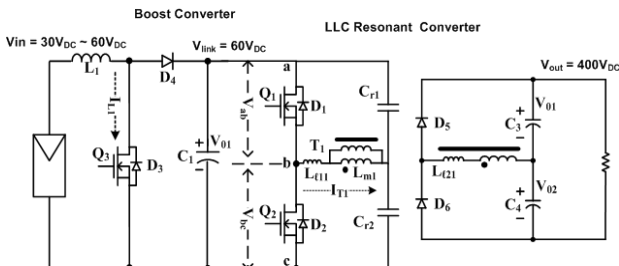


그림 1. 기존 2단 구성 DC-DC 컨버터

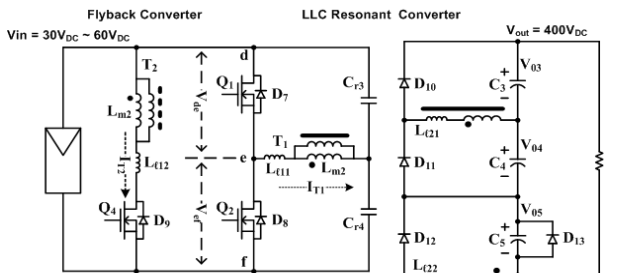
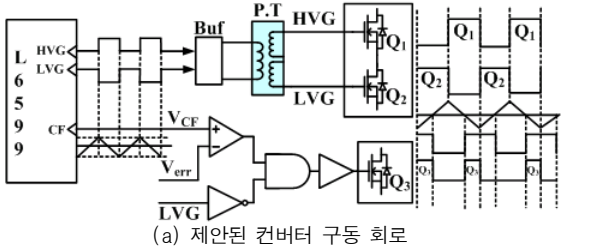
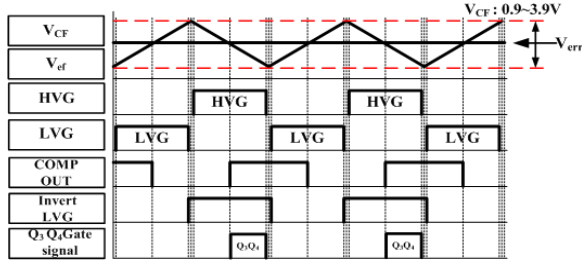


그림 2. 제안된 DC-DC 컨버터 주회로도

따라서 입력 저전압( $30V_{DC} \sim 60V_{DC}$ ) 대전류, 출력 고전압 ( $400V_{DC}$ ) 조건에서 동작되는 그림 2의 제안된 DC-DC 컨버터는 LLC 공진컨버터와 플라이백 컨버터로 구성되어 있고 그림 1의 직렬 연결된 2단구성의 DC-DC 컨버터와는 달리 저전압 대전류 입력단에서 LLC 공진컨버터와 플라이백컨버터는 병렬 연결되고 출



(a) 제안된 컨버터 구동 회로



(b) 제어회로 동작 파형

그림 3. 제안된 컨버터의 구동 회로 및 동작파형

### 3. 실험결과

본 논문에서는 입력전압이 60V<sub>DC</sub>보다 낮은 30V<sub>DC</sub>~60V<sub>DC</sub> 범위에서는 일정한 출력전압(400V<sub>DC</sub>)을 얻기 위해 LLC 공진컨버터와 플라이백 컨버터가 동기 되어 동작하고, 높은 입력전압(60V<sub>DC</sub> 이상전압)에서는 LLC 공진컨버터만 동작되도록 설계하였다. 최대정격출력용량 360W에 대해 기존 2단 구성 DC DC 컨버터와 제안된 DC DC 컨버터를 각각 실험하였고, 각각 적용된 변압기 및 인덕터 파라미터는 표 1에 그리고 적용된 컨버터들의 주요 정격들은 표 2에 명시하였다.

표 1. 측정된 변압기 파라미터

	LLC 공진컨버터 변압기 T <sub>1</sub>	플라이백컨버터 변압기 T <sub>2</sub>
1차측누설인덕턴스	$L_{l11}$	$L_{l12}$
1차측으로 반영된 2차측누설인덕턴스	$N^2 L_{l21}$	$N^2 L_{l22}$
자화인덕턴스	$L_{m1}$	$L_{m2}$
등가누설인덕턴스	$L_{eq1}$	$L_{eq2}$
$N_1/N_2$	0.308(8/26)	0.286(4/14)
승압컨버터 인덕터 L <sub>1</sub>		
인덕턴스	L	8.56μH

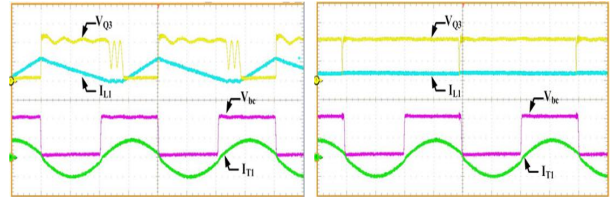
표 2. 적용된 컨버터 주요 정격

입력 전압(V <sub>in</sub> )	30V <sub>DC</sub> ~ 60V <sub>DC</sub>
출력전압/전류, 출력 용량(P <sub>o</sub> )	400V/0.9A, 360W
스위칭주파수(f <sub>s</sub> )/공진주파수(f <sub>r</sub> )	59kHz/59kHz
공진 커패시터(C <sub>r1</sub> /C <sub>r2</sub> /C <sub>r3</sub> /C <sub>r4</sub> )	680nF
LLC 공진컨버터스위칭소자(Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> )	IRFB3077PbF(75V, 2.8mΩ, 210A)
Boost 컨버터 스위칭소자(Q <sub>3</sub> )	IRPF250N(200V, 75mΩ, 30A)
Flyback 컨버터 스위칭소자(Q <sub>4</sub> )	IRFP4227PbF(200V, 21mΩ, 130A)
다이오드(D <sub>5</sub> D <sub>6</sub> D <sub>10</sub> D <sub>11</sub> D <sub>12</sub> D <sub>13</sub> )	D10S60C(600V, 10A)
제어 IC	L6599

그림 4와 그림 5는 각각 승압컨버터와 LLC 공진컨버터를 적용한 2단 구성 DC DC컨버터와 플라이백 컨버터와 LLC 공진컨버터를 적용한 제안된 DC DC 컨버터의 입력전압 변화(30V<sub>DC</sub>~60V<sub>DC</sub>) 및 정격부하(360W)에서의 실험파형이다.

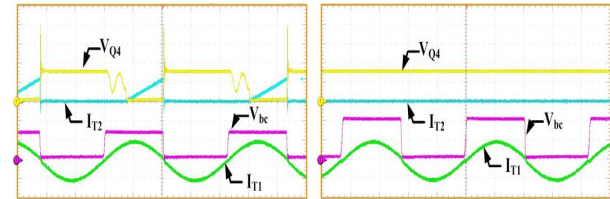
그림 6과 그림 7은 각 컨버터의 효율특성으로써 기존 2단 구성 DC DC컨버터인 그림 6의 전체 평균 효율은 93.20%이고, 제안된 DC DC컨버터인 그림7의 전체평균효율은 93.48%로 측정되었다.

그림 2 회로에서의 플라이백 컨버터의 경우 35V<sub>DC</sub>이하의 저전압에서의 동작 시 플라이백컨버터가 많은 출력전력을 담당하게 됨으로 기존 2단 구성의 DC DC 컨버터 보다 평균효율특성이 0.1% 저하됨을 볼 수 있었고 40V<sub>DC</sub>~60V<sub>DC</sub> 입력조건에서는 플라이백 컨버터가 감당하는 전력이 작게 됨으로 기존 2단구성의 DC DC 컨버터보다 전체효율특성 0.2%~0.6% 개선됨을 볼 수 있었다.



(a) 입력 40V<sub>DC</sub>, 출력용량 360W. (b) 입력 60V<sub>DC</sub>, 출력용량 360W

그림 4. 기존 2단 구성 DC-DC 컨버터 각부 파형 (Ch1:30V/div., Ch2:20A/div., Ch3:30V/div., Ch4:20A/div.)



(a) 입력 40V<sub>DC</sub>, 출력용량 360W. (b) 입력 60V<sub>DC</sub>, 출력용량 360W

그림 5. 제안된 DC-DC 컨버터 각부 파형 (Ch1:40V/div., Ch2:20A/div., Ch3:30V/div., Ch4:20A/div.)

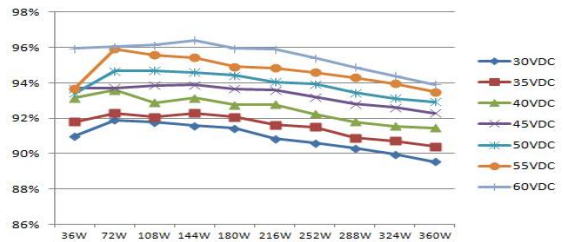


그림 6. 그림1 회로의 입력전압 변화 및 부하변화에 따른 효율

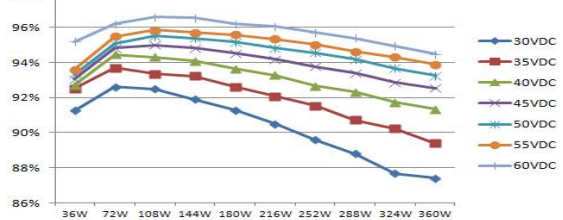


그림 7. 그림2 회로의 입력전압 변화 및 부하변화에 따른 효율

이 논문은 한국연구재단(KRF 2008 313 D00369) 지원으로 수행된 과제임

### 참고문헌

- [1] S.B. Kjaer, J.K. Pedersen, F. Blaabjerg, "A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules", IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 1292-1306, 2005
- [2] 유호원, 정용민, 임승범, 이준영, 홍순찬 "1kW급 태양광 발전용 고정 시비율 방식의 DC-DC 컨버터". 전력전자학회 2008년도 학술대회 논문집, pp. 46-48, 2008.
- [3] 김은수, "넓은 입력전압 제어범위를 갖는 DC/DC 컨버터", 특허출원번호 '10-2011-0083016'