

출력전류 응답성 향상을 위한 양방향 DC-DC 컨버터의 전향보상 기법

성호재, 현승욱, 최형준, 홍석진, 원충연
성균관대학교

Feedforward Compensation Method for Improving Output Current Response in Bi-directional DC-DC Converter

Ho Jae Seong, Seung Wook Hyun, Hyeong Jun Choi, Seok Jin Hong, Chung Yuen Won
Sungkyunkwan university

ABSTRACT

본 논문은 양방향 DC DC 컨버터에서 출력 전류 응답성 향상을 위한 전향보상 기법을 제안하였다. 배터리의 충전 및 방전 수행 시, 안정적인 전압, 전류 제어를 위해 전향 보상은 필수적이다. 충전 모드일 때, 변압기 턴수비를 고려하여 1차측 스위치의 Phase shift 값을 전향보상 하였다. 방전모드 일 때, 전압 전달비와 변압기 턴수비를 고려하여 전향보상 하였다. 제안한 전향보상 기법은 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서 론

최근 화석 연료의 고갈과 유가 변동성, 그리고 자동차의 배기 가스로 인한 환경 오염이 심각해지면서 대체 에너지에 대한 필요성이 증가하고 있다. 특히, 많은 석유량을 소비하는 자동차 분야에서는 오래전부터 전기 자동차의 배터리와 관련하여 연구를 진행하였다. 전기자동차에서의 배터리는 대부분 대용량 배터리이기 때문에 고전압에서 대전류의 충전 및 방전이 필요하며 빠른 전류 응답속도가 요구 된다.

따라서, 본 논문에서는 양방향 풀 브릿지 컨버터의 충전 및 방전모드 분석을 진행하고 전향보상 적용에 따른 전류응답 특성을 분석 하였다.

2. 본 론

2.1 양방향 풀 브릿지 컨버터

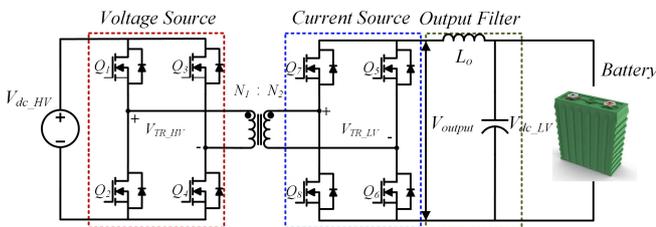


그림 1. 양방향 풀 브릿지 컨버터
Fig 1. Bi-directional full bridge converter

그림 1은 양방향 풀 브릿지 컨버터를 나타낸 그림이다. 1차측은 전압형 풀 브릿지로 구성되어 있으며, Phase shift를 통해

출력 전압을 제어 하고, 2차측은 전류형 풀 브릿지로 구성되어 있으며, 듀티 제어를 통해서 전압을 제어한다. 전체 시스템 용량은 10kW, 1차측 전압은 700V, 2차측 전압은 100V이다.

2.2 충전 모드 분석

충전 모드에서 2차측으로 에너지를 전달하기 위해 스위치 Q3, Q4를 Phase shift 동작 하도록 하였다.

Mode 1 : 스위치 Q1과 Q4가 턴 온 되면서 2차측으로 에너지를 전달하게 되며, 변압기 1차측에는 $V_{dc,HV}$ 가 인가된다.

Mode 2 : 스위치 Q2, Q4가 턴 온 되지만 변압기 1차측에는 전압이 인가 되지 않아, 에너지가 전달되지 않는다.

Mode 3 : 스위치 Q2, Q3가 턴 온 되면서 다시 2차측으로 에너지가 전달되고 변압기 1차측에는 $V_{dc,HV}$ 가 인가 된다.

Mode 4 : 스위치 Q1, Q3가 턴 온 되지만, 변압기 1차측에 전압이 인가 되지 않아 에너지가 2차측으로 전달되지 않는다.

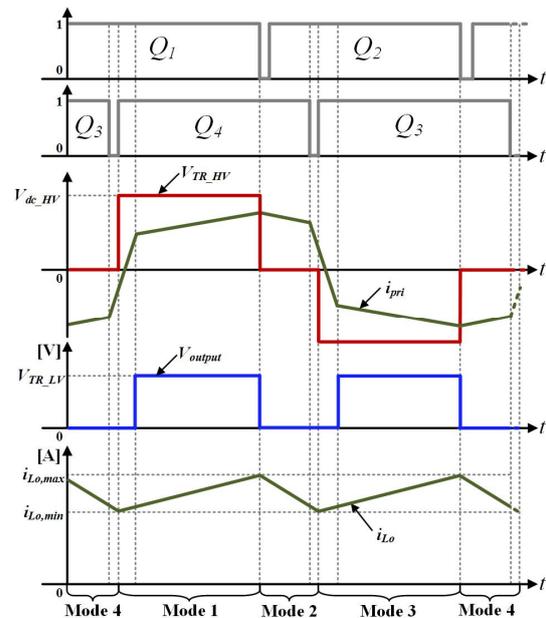


그림 2 . 충전 모드에서 동작 파형
Fig 2. Operational waveforms in charging mode

변압기 2차측 전압은 다이오드에 의해 정류되며 $V_{TR,LV}$ 의

값을 가진다. 정류 된 전압은 출력단 LC 필터에 의해 100V로 제어가 된다. 이러한 충전 모드는 벽 컨버터로 증가화 할 수 있다.

2.2.1 충전 모드에서 전향 보상 수식

충전 모드에서 변압기 권선비를 고려하여 듀티비를 구하면 식(1)과 같다.

$$D = \frac{V_{dc_LV}}{V_{dc_HV}} \times \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

듀티비의 범위는 0~1 이며, phase shift 최대 범위인 180°를 고려하여 전향 보상 값을 구하면 식(2)와 같다.

$$\phi_{ch} = \frac{V_{dc_LV}}{V_{dc_HV}} \times \frac{N_1}{N_2} \times 180[^\circ] \quad (2)$$

2.3 방전 모드 분석

방전모드는 부스트 컨버터로 증가화 할 수 있으며, 듀티비 제어로 2차측(저전압)에서 1차측(고전압)으로 에너지를 전달한다.

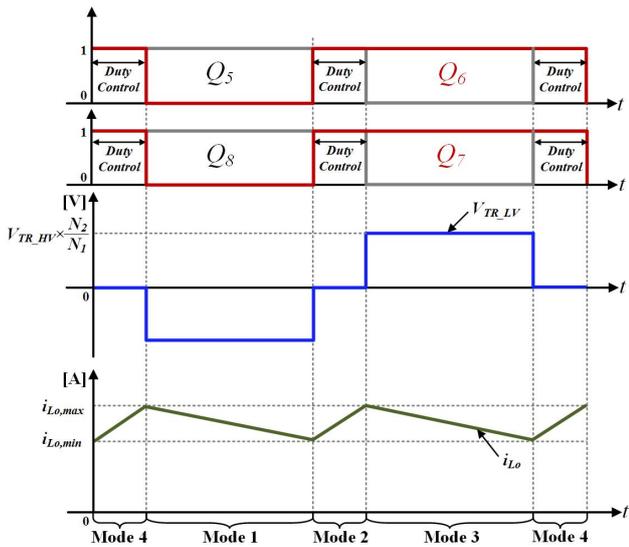


그림 3. 방전 모드에서 동작파형
Fig 3. Operational waveforms in discharging mode

Mode 1 : 스위치 Q5, Q8이 턴 온, 2차측 에너지가 1차측으로 전달되고, 변압기 2차측에는 $-V_{TR_HV} \times (N_2/N_1)$ 가 인가 된다.
Mode 3 : 스위치 Q6, Q7이 턴 온, 2차측 에너지가 1차측으로 전달되고, 변압기 2차측에는 $V_{TR_HV} \times (N_2/N_1)$ 가 인가 된다.
Mode 2, 4 : 2차측 스위치가 모두 턴 온, 2차측 에너지가 1차측으로 전달되지 않는다.

2.3.1 방전 모드에서 전향 보상 수식

방전 모드에서 변압기 권선비를 고려하여 듀티비를 구하면 식 (3)과 같다.

$$D = 1 - \frac{V_{dc_LV}}{V_{dc_HV}} \times \frac{N_1}{N_2} \quad (3)$$

본 회로도에는 듀티비 0.5~1 에서 동작하기 때문에 이를 바탕으로 전향보상 듀티비 수식을 구하면 식(4)와 같다.

$$D_{dis} = (1 - \frac{V_{dc_LV}}{V_{dc_HV}} \times \frac{N_1}{N_2}) \times \frac{1}{2} + 0.5 \quad (4)$$

2.4 양방향 풀 브릿지 컨버터 시뮬레이션

표 1. 풀 브릿지 컨버터 파라미터

Table 1. Parameters of Bi-directional full-Bridge converter

Parameter	Value	Parameter	Value	Parameter	Value
f_{sw}	30[kHz]	V_{dc_HV}	700[V]	P_{rated}	10[kW]
I_{dc_out}	100[A]	V_{dc_LV}	100[V]	$Turn\ ratio$	5:1

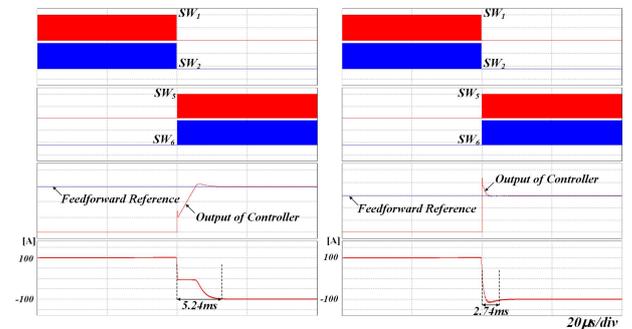


그림 4. 전향보상에 따른 전류 응답 특성 비교

Fig 4. Comparison of current response characteristics by feedforward compensation method

시뮬레이션 결과 전향보상을 하지 않았을 경우 전류 응답속도는 5.24ms 이며, 전향 보상을 하였을 경우 전류 응답속도가 2.74ms이다. 즉, 전향 보상을 하였을 경우 2.50ms의 응답속도가 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문은 양방향 풀 브릿지 컨버터의 충전 및 방전 모드 분석을 진행하였다. 충전모드와 방전모드의 등가회로를 모델링한 후 위상각 및 듀티비를 계산하여 제어기에 입력하였다. 전향 보상을 하였을 경우 전류 응답 속도가 2.50ms 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지 기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20152020105720)

참 고 문 헌

[1] Jiang, J.; Bao Y.; Wang, L.Y. "Topology of a Bidirectional Converter for Energy Interaction between Electric Vehicles and the Grid" *Energies* **2014**, 7, 4858-4894.