

(52) CPC특허분류

H02M 1/047 (2013.01)
B60L 2210/10 (2013.01)
H02J 2007/0059 (2013.01)
H02M 2001/0058 (2013.01)
Y02B 70/1491 (2013.01)
Y02T 10/7216 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2015-E-0020-010111
부처명	교육부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	산학협력 선도대학(LINC) 육성사업
연구과제명	에너지저장기반 양방향 절연형 고효율 전력변환시스템 개발
기 여 율	1/1
주관기관	경상대학교 LINC사업단
연구기간	2015.06.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

DC-DC 컨버터에 있어서,

인덕터를 통해 입력 측과 연결되며, 서로 병렬로 연결된 복수의 클램프 스위치 및 상기 복수의 클램프 스위치에 연결된 클램프 캐패시터를 포함하는 클램프부;

상기 클램프부와 병렬로 연결되며, 제1 내지 제 4 스위치를 포함하는 제1 스위칭부;

상기 제1 스위칭부와 연결된 변압기; 및

상기 변압기와 출력 측 사이에 연결되며, 제5 내지 제 8 스위치를 포함하는 제2 스위칭부;를 포함하며,

상기 제1 및 제2 스위칭부는, 상기 입력 측의 입력 전압을 승압하여 출력 측으로 제공하거나 상기 출력 측의 출력 전압을 강압하여 상기 입력 측으로 제공하기 위해, 모드에 따른 스위칭 동작을 수행하는, DC-DC 컨버터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 클램프 스위치는,

제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받는 제1 클램프 스위치; 및

제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 상기 제1 클램프 스위치의 제2 단과 연결되는 제 2 클램프 스위치;를 포함하고,

상기 클램프 캐패시터는,

상기 제1 클램프 스위치의 제2 단 및 상기 제2 클램프 스위치의 제2 단과 공통 연결되는, DC-DC 컨버터.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 내지 제4 스위치는, 풀 브릿지 형태로 상기 클램프부와 상기 변압기 사이에 연결되며,

상기 제5 내지 제8 스위치는, 풀 브릿지 형태로 상기 변압기와 상기 출력 측 사이에 연결되는, DC-DC 컨버터.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 클램프 스위치는,

상기 입력 측의 입력 전압을 승압하여 출력 측으로 제공하는 승압 모드인 경우, 상기 제1 내지 제4 스위치의 영전압 스위칭(zero voltage switching)을 위해 턴온되는, DC-DC 컨버터.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 내지 제8 스위치는, 상기 승압 모드인 경우, 제어 신호에 따라 제1 내지 제8 모드로 구분되어 스위칭 동작이 이루어지며,

상기 제1 모드에서, 상기 제1 내지 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치는 턴오프되고,

상기 제2 모드에서, 상기 제1 및 제2 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴오프되고,

상기 제3 모드에서, 상기 제1 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴온되고, 상기 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴오프되고,

상기 제4 모드에서, 상기 제1 및 제2 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴오프되고,

상기 제5 모드에서, 상기 제1 내지 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치는 턴오프되고,

상기 제6 모드에서, 상기 제3 및 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴오프되고,

상기 제7 모드에서, 상기 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴오프되고,

상기 제8 모드에서, 상기 제3 및 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴오프되고,

상기 제5 내지 제8 스위치는, 상기 제1 모드 내지 제8 모드에서 턴오프되는, DC-DC 컨버터.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 모드에서, 상기 입력 전압을 통해 제공되는 에너지가 상기 인덕터에 충전되고,

상기 제2 모드에서, 상기 인덕터에 충전된 에너지에 의해 상기 클램프 캐패시터가 충전되고,

상기 제3 모드에서, 상기 제1 클램프 스위치가 턴온되어, 상기 클램프 캐패시터에 충전된 에너지를 상기 변압기의 2 차 측으로 전달하고,

상기 제5 모드에서, 상기 입력 전압을 통해 제공되는 에너지가 상기 인덕터에 충전되고,

상기 제6 모드에서, 상기 인덕터에 충전된 에너지에 의해 상기 클램프 캐패시터가 충전되고,

상기 제7 모드에서, 상기 제2 클램프 스위치가 턴온되어, 상기 클램프 캐패시터에 충전된 에너지를 상기 변압기의 2 차 측으로 전달하는, DC-DC 컨버터.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 내지 제8 스위치는, 상기 출력 측의 출력 전압을 강압하여 상기 입력 측으로 제공하는 강압 모드인 경우, 제어 신호에 따라 제1 내지 제4 모드로 구분되어 스위칭 동작이 이루어지며,

상기 제1 모드에서, 상기 제5 및 제6 스위치는 턴온되고, 상기 제7 및 제8 스위치는 턴오프되고,

상기 제2 모드에서, 상기 제5 내지 제8 스위치는 턴오프되고,

상기 제3 모드에서, 상기 제7 및 제8 스위치는 턴온되고, 상기 제5 및 제6 스위치는 턴오프되고,

상기 제4 모드에서, 상기 제5 내지 제8 스위치는 턴오프되고,

상기 제1 내지 제4 모드에서, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치는 턴온되고, 상기 제1 내지 제4 스위치는 턴오프되는, DC-DC 컨버터.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 및 제3 모드에서, 상기 출력 전압이 상기 입력 측으로 전달되는, DC-DC 컨버터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 DC-DC(직류-직류) 컨버터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 풀 브릿지 형태의 DC-DC 컨버터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어, 하이브리드 차량, 연료전지 차량, 연료전지 하이브리드 차량 등과 같은 전기를 이용하는 전기 자동차에 대한 수요가 급증하고 있다.

[0003] 하지만, 아직까지 국내에서는 전기 자동차에 대한 충전소가 제한적이라는 점에서, 전기 자동차의 운행 중에 배터리가 방전되는 등의 문제가 발생할 수 있다.

[0004] 이에 따라, 배터리에 대한 충전 시 이용되며, 효율이 높고 소형화가 가능한 DC-DC 컨버터에 대한 방안의 모색이 요청된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 소형화 가능하며 효율이 높은 DC-DC 컨버터를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 일 실시 예에 따른 DC-DC 컨버터는 인덕터를 통해 입력 측과 연결되며, 서로 병렬로 연결된 복수의 클램프 스위치 및 상기 복수의 클램프 스위치에 연결된 클램프 캐패시터를 포함하는 클램프부, 상기 클램프부와 병렬로 연결되며, 제1 내지 제 4 스위치를 포함하는 제1 스위칭부, 상기 제1 스위칭부와 연결된 변압기 및 상기 변압기와 출력 측 사이에 연결되며, 제5 내지 제 8 스위치를 포함하는 제2 스위칭부를 포함하며, 상기 제1 내지 제2 스위칭부는 상기 입력 측의 입력 전압을 승압하여 출력 측으로 제공하거나 상기 출력 측의 출력 전압을 강압하여 상기 입력 측으로 제공하기 위해, 모드에 따른 스위칭 동작을 수행한다.

[0007] 여기에서, 상기 복수의 클램프 스위치는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받는 제1 클램프 스위치 및 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 상기 제1 클램프 스위치의 제2 단과 연결되는 제2 클램프 스위치를 포함하고, 상기 클램프 캐패시터는 상기 제1 클램프 스위치의 제2 단 및 상기 제2 클램프 스위치의 제2 단과 공통 연결될 수 있다.

[0008] 또한, 상기 제1 내지 제4 스위치는 풀 브릿지 형태로 상기 클램프부와 상기 변압기 사이에 연결되며, 상기 제5 내지 제8 스위치는 풀 브릿지 형태로 상기 변압기와 상기 출력 측 사이에 연결될 수 있다.

[0009] 여기에서, 상기 복수의 클램프 스위치는 상기 입력 측의 입력 전압을 승압하여 출력 측으로 제공하는 승압 모드인 경우, 상기 제1 내지 제4 스위치의 영전압 스위칭(zero voltage switching)을 위해 턴온될 수 있다.

[0010] 그리고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 내지 제8 스위치는 상기 승압 모드인 경우, 제어 신호에 따라 제1 내지 제8 모드로 구분되어 스위칭 동작이 이루어지며, 상기 제1 모드에서, 상기 제1 내지 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치는 턴오프되고, 상기 제2 모드에서, 상기 제1 및 제2 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴오프되고, 상기 제3 모드에서, 상기 제1 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴온되고, 상기 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴오프되고, 상기 제4 모드에서, 상기 제1 및 제2 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴오프되고, 상기 제5 모드에서, 상기 제1 내지 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치는 턴오프되고, 상기 제6 모드에서, 상기 제3 및 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴오프되고, 상기 제7 모드에서, 상기 제2 클램프 스위치 및 상기 제3 및 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴오프되고, 상기 제8 모드에서, 상기 제3 및 제4 스위치는 턴온되고, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 및 제2 스위치는 턴오프되고, 상기 제5 내지 제8 스위치는, 상기 제1 모드 내지 제8 모드에서 턴오프될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 제1 모드에서, 상기 입력 전압을 통해 제공되는 에너지가 상기 인덕터에 충전되고, 상기 제2 모드에서, 상기 인덕터에 충전된 에너지에 의해 상기 클램프 캐패시터가 충전되고, 상기 제3 모드에서, 상기 제1 클램프

프 스위치가 턴온되어, 상기 클램프 캐패시터에 충전된 에너지를 상기 변압기의 2 차 측으로 전달하고, 상기 제 5 모드에서, 상기 입력 전압을 통해 제공되는 에너지가 상기 인덕터에 충전되고, 상기 제6 모드에서, 상기 인덕터에 충전된 에너지에 의해 상기 클램프 캐패시터가 충전되고, 상기 제7 모드에서, 상기 제2 클램프 스위치가 턴온되어, 상기 클램프 캐패시터에 충전된 에너지를 상기 변압기의 2 차 측으로 전달할 수 있다.

[0012] 한편, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치 및 상기 제1 내지 제8 스위치는, 상기 출력 측의 출력 전압을 강압하여 상기 입력 측으로 제공하는 강압 모드인 경우, 제어 신호에 따라 제1 내지 제4 모드로 구분되어 스위칭 동작이 이루어지며, 상기 제1 모드에서, 상기 제5 및 제6 스위치는 턴온되고, 상기 제7 및 제8 스위치는 턴오프되고, 상기 제2 모드에서, 상기 제5 내지 제8 스위치는 턴오프되고, 상기 제3 모드에서, 상기 제7 및 제8 스위치는 턴온되고, 상기 제5 및 제6 스위치는 턴오프되고, 상기 제4 모드에서, 상기 제5 내지 제8 스위치는 턴오프되고, 상기 제1 내지 제4 모드에서, 상기 제1 및 제2 클램프 스위치는 턴온되고, 상기 제1 내지 제4 스위치는 턴오프될 수 있다.

[0013] 여기에서, 상기 제1 및 제3 모드에서, 상기 출력 전압이 상기 입력 측으로 전달될 수 있다.

발명의 효과

[0014] 이상과 같은 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 전기 자동차의 배터리에 대한 급속 충전 시 이용되며, 소형화 가능하며 효율이 높은 DC-DC 컨버터를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC-DC 컨버터의 구성을 설명하기 위한 블록도,
도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따라, 각 모드에서 스위치에 인가되는 제어 신호 및 그에 따라 DC-DC 컨버터의 전류 및 전압에 대한 파형을 나타내는 도면,
도 6 내지 도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC-DC 컨버터에 대한 시뮬레이션을 나타내는 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명하도록 한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC-DC(직류-직류) 컨버터의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

[0018] 먼저, 도 1에 도시된 DC-DC 컨버터(100)는 절연형 고효율 DC-DC 컨버터로서, 배터리 방전 등의 긴급 구난 상태에 있는 20kW 급 전기 자동차의 긴급 구난용 충전 시스템에 이용될 수 있다.

[0019] 도 1을 참조하면, DC-DC 컨버터(100)는 클램프부(110), 제1 스위칭부(120), 변압기(130), 제2 스위칭부(140) 및 제어 회로부(150)를 포함한다.

[0020] 클램프부(110)는 인덕터(Lin, 20)를 통해 입력 측과 연결되며, 서로 병렬로 연결된 복수의 클램프 스위치(gsc1, gsc2)(111, 112) 및 복수의 클램프 스위치(111, 112)에 연결된 클램프 캐패시터(Csc, 113)를 포함한다.

[0021] 이 경우, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)는 반도체 스위칭 소자로서, IGBT로 구현될 수 있다.

[0022] 구체적으로, 제1 클램프 스위치(111)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제2 클램프 스위치(112)의 제2 단에 연결되고, 제3 단이 제2 클램프 스위치(112)의 제3 단에 연결된다.

[0023] 그리고, 제2 클램프 스위치(112)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제1 클램프 스위치(111)의 제2 단에 연결되고, 제3 단이 제1 클램프 스위치(111)의 제3 단에 연결된다.

[0024] 이 경우, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 각각은 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터(Cgsc)와 병렬로 연결된다. 즉, 제1 클램프 스위치(111)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터가 연결되고, 제2 클램프 스위치(112)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터가 연결된다.

[0025] 클램프 캐패시터(113)는 일 단이 제1 클램프 스위치(111)의 제2 단 및 제2 클램프 스위치(112)의 제2 단과 공통 연결되고, 타 단은 접지된다.

[0026] 한편, 인덕터(20)는 일 단이 입력 측에 연결되고, 타 단이 제1 클램프 스위치(111)의 제3 단 및 제2 클램프 스

위치(112)의 제3 단에 공통 연결된다.

- [0027] 제1 스위칭부(120)는 클램프부(110)와 병렬로 연결되며, 제1 내지 제4 스위치(g1, g2, g3, g4)(121, 122, 123, 124)를 포함한다.
- [0028] 이 경우, 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)는 반도체 스위칭 소자로서, IGBT로 구현될 수 있다.
- [0029] 구체적으로, 제1 스위치(121)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제3 스위치(123)의 제2 단에 연결되고, 제3 단이 제4 스위치(124)의 제2 단에 연결된다.
- [0030] 그리고, 제2 스위치(122)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제3 스위치(123)의 제3 단에 연결되고, 제3 단이 제4 스위치(124)의 제3 단에 연결된다.
- [0031] 또한, 제3 스위치(123)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제1 스위치(121)의 제2 단에 연결되고, 제3 단이 제2 스위치(122)의 제2 단에 연결된다.
- [0032] 그리고, 제4 스위치(124)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제1 스위치(121)의 제3 단에 연결되고, 제3 단이 제2 스위치(122)의 제3 단에 연결된다.
- [0033] 여기에서, 제1 스위치(121)의 제2 단 및 제3 스위치(123)의 제2 단은 인덕터(20)의 타 단, 제1 클램프 스위치(111)의 제3 단 및 제2 클램프 스위치(112)의 제3 단에 공통 연결된다. 그리고, 제2 스위치(122)의 제3 단 및 제4 스위치(124)의 제3 단은 클램프 캐패시터(113)의 타 단에 공통 연결된다.
- [0034] 또한, 제3 스위치(123)의 제3 단 및 제2 스위치(122)의 제2 단은 변압기(130)의 1 차 측의 일 단에 연결되고, 제1 스위치(121)의 제3 단 및 제4 스위치(124)의 제2 단은 변압기(130)의 1 차 측의 타 단에 연결된다.
- [0035] 이와 같이, 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)는 풀 브릿지 형태로, 클램프부(110)와 변압기(130) 사이에 연결된다.
- [0036] 한편, 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 각각은 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터와 병렬로 연결된다.
- [0037] 즉, 제1 스위치(121)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터(Cg1)가 연결되고, 제2 스위치(122)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터(Cg2)가 연결된다. 또한, 제3 스위치(123)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터(Cg3)가 연결되고, 제4 스위치(124)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터(Cg4)가 연결된다.
- [0038] 변압기(130)는 제1 스위칭부(120)에 연결된다. 구체적으로, 변압기(130)의 1 차 측의 일 단은 제3 스위치(123)의 제3 단 및 제2 스위치(122)의 제2 단에 공통 연결되고, 1 차 측의 타 단은 제1 스위치(121)의 제3 단 및 제4 스위치(124)의 제2 단에 공통 연결된다. 이 경우, 변압기(130)의 2차 측은 제2 스위칭부(140)에 연결된다.
- [0039] 제2 스위칭부(140)는 변압기(130)와 출력 측 사이에 연결되며, 제5 내지 제8 스위치(g21, g22, g23, g24)(141, 142, 143, 144)를 포함한다.
- [0040] 이 경우, 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)는 반도체 스위칭 소자로서, IGBT로 구현될 수 있다.
- [0041] 구체적으로, 제5 스위치(141)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단은 제7 스위치(143)의 제2 단에 연결되고, 제3 단은 제8 스위치(144)의 제2 단에 연결된다.
- [0042] 그리고, 제6 스위치(142)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제7 스위치(143)의 제3 단에 연결되고, 제3 단이 제8 스위치(144)의 제3 단에 연결된다.
- [0043] 또한, 제7 스위치(143)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제5 스위치(141)의 제2 단에 연결되고, 제3 단이 제6 스위치(142)의 제2 단에 연결된다.
- [0044] 그리고, 제8 스위치(144)는 제1 단이 스위칭 동작을 위한 제어 신호를 입력받고, 제2 단이 제5 스위치(141)의 제3 단에 연결되고, 제3 단이 제6 스위치(142)의 제3 단에 연결된다.
- [0045] 여기에서, 제5 스위치(141)의 제3 단 및 제8 스위치(144)의 제2 단은 변압기(130)의 2 차 측의 일 단에 공통 연결되고, 제7 스위치(143)의 제3 단 및 제6 스위치(142)의 제2 단은 변압기(130)의 2 차 측의 타 단에 공통 연결된다.

- [0046] 또한, 제5 스위치(141)의 제2 단 및 제7 스위치(143)의 제2 단은 출력 측에 연결될 수 있다. 이 경우, 제8 스위치(144)의 제3 단 및 제6 스위치(142)의 제3 단은 접지된다.
- [0047] 한편, 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144) 각각은 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터와 병렬로 연결된다.
- [0048] 즉, 제5 스위치(141)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터가 연결되고, 제6 스위치(142)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터가 연결된다. 또한, 제7 스위치(143)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터가 연결되고, 제8 스위치(144)의 제2 단 및 제3 단에는 서로 병렬로 연결된 다이오드 및 캐패시터가 연결된다.
- [0049] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC-DC 컨버터(100)는 스위치들의 스위칭 동작을 통해, 입력 측의 입력 전압(또는, 1차 전압)을 승압하여 출력 측으로 전달하거나(승압 모드), 출력 측의 출력 전압(또는, 2차 전압)을 강압하여 입력 측으로 제공할 수 있다(강압 모드).
- [0050] 예를 들어, 출력 측에는 부하 가령, 모터가 연결되고, 입력 측에는 모터를 구동하기 위한 입력 전원이 연결된 경우를 가정한다.
- [0051] 이 경우, DC-DC 컨버터(100)는 모터 구동을 위해, 스위치들의 스위칭 동작을 통해 입력 측에서 제공받는 입력 전원을 승압하여 출력 측으로 제공할 수 있다. 또한, DC-DC 컨버터(100)는 스위치들의 스위칭 동작을 통해, 출력 측에 연결된 모터 구동 시 발생하는 전기 에너지를 회생시켜 입력 측으로 제공할 수 있다.
- [0052] 이와 같이, DC-DC 컨버터(100)는 스위칭 동작을 통해 양방향 전력 제어가 가능하도록 구현되는데, 이하에서는 스위칭 동작에 대해 보다 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0053] 제어 회로부(150)는 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 및 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)의 스위칭 동작을 제어하기 위한 제어 신호(즉, 게이트 신호)를 생성하여, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 및 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)로 출력한다.
- [0054] 예를 들어, 제어 회로부(150)는 각 스위치의 듀티비에 따른 게이트 신호를 발생시키기 위한 게이트펄스 발생기(미도시)를 포함할 수 있다. 이 경우, 제어 회로부(150)는 입력 전류(Iin) 및 출력 전압(Vout)을 검출하여 PI 제어를 통해 입력 전류(즉, 직류리액터 전류)의 크기를 제한하고 부하의 변동에도 일정한 출력 전압을 갖도록 하는 게이트 신호를 생성할 수 있다.
- [0055] 한편, 이하에서는 각 스위치에 인가되는 제어 신호 및 그에 따른 시스템 동작 파형을 설명하도록 한다.
- [0056] 먼저, 입력 전압을 승압하여 출력 측으로 제공하는 승압 모드인 경우, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 및 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)는 제어 신호에 따라 8개의 모드로 구분되어 스위칭 동작이 이루어진다.
- [0057] 이 경우, 각 모드 별, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 및 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)의 동작 상태는 하기의 표 1과 같다.

표 1

	모드 1	모드 2	모드 3	모드 4	모드 5	모드 6	모드 7	모드 8
g1, g2	on	on	on	on	on	off	off	off
g3, g4	on	off	off	off	on	on	on	on
gsc1	off	off	on	off	off	off	off	off
gsc2	off	off	off	off	off	off	on	off
g21, g22	off	off	off	off	off	off	off	off
g23, g24								

- [0059] 여기에서, g1은 제1 스위치(121), g2는 제2 스위치(122), g3는 제3 스위치(123), g4는 제4 스위치(124), g21은 제5 스위치(141), g22는 제6 스위치(142), g23는 제7 스위치(143), g24는 제8 스위치(144), gsc1은 제1 클램프 스위치(111), gsc2는 제2 클램프 스위치(112)를 나타낸다.

- [0060] 표 1을 참조하면, 승압 모드인 경우, 각 모드 별 스위치의 스위칭 동작은 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0061] 제1 모드에서, 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)는 턴온되고, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)는 턴오프되고, 제2 모드에서, 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴온되고, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 및 제3 및 제4 스위치(123, 124)는 턴오프되고, 제3 모드에서, 제1 클램프 스위치(111) 및 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴온되고, 제2 클램프 스위치(112) 및 제3 및 제4 스위치(123, 124)는 턴오프되고, 제4 모드에서, 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴온되고, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 및 제3 및 제4 스위치(123, 124)는 턴오프된다.
- [0062] 그리고, 제5 모드에서, 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)는 턴온되고, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)는 턴오프되고, 제6 모드에서, 제3 및 제4 스위치(123, 124)는 턴온되고, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 및 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴오프되고, 제7 모드에서, 제2 클램프 스위치(112) 및 제3 및 제4 스위치(123, 124)는 턴온되고, 제1 클램프 스위치(111) 및 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴오프되고, 제8 모드에서, 제3 및 제4 스위치(123, 124)는 턴온되고, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 및 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴오프된다.
- [0063] 이 경우, 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)는 제1 모드 내지 제8 모드에서 턴오프된다.
- [0064] 한편, 승압 모드인 경우, 각 모드 별 전류의 흐름은 도 2와 같고, 전류/전압 파형은 도 3과 같다. 여기에서, 도 2(a) 내지 도 2(h)는 각각 제1 모드 내지 제8 모드에서의 전류의 흐름을 나타낸다.
- [0065] 구체적으로, 도 2 및 도 3을 참조하면, 제1 모드에서 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)가 턴온되고 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)는 턴오프되어, 입력 측 인덕터(20)는 입력 전원에서부터 에너지를 저장하고 IL의 크기는 증가하게 된다. 즉, 인덕터(20)는 입력 전원을 승압하는 승압용 직류 리액터로서 기능을 수행하게 된다.
- [0066] 이와 같이, 제1 모드에서는 입력 전원(10)에서 제공되는 에너지가 인덕터(20)에 충전된다.
- [0067] 그리고, 제2 모드에서 제3 스위치(123) 및 제4 스위치(124)는 턴오프되어, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 각각에 연결된 캐패시터 Cgsc, 제3 스위치(123)에 연결된 캐패시터 Cg3 및 제4 스위치(124)에 연결된 캐패시터 Cg4가 충전되고, Vpn이 증가하게 된다.
- [0068] 이에 따라, $V_{pn}=V_{csc}$ (여기에서, V_{csc} 는 캐패시터 Cgsc에 걸리는 전압을 의미한다)가 되어, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 각각에 연결된 다이오드로 Ic의 전류가 흐르고, 캐패시터 Cgsc, Cg3 및 Cg4로는 전류가 흐르지 않게 된다. 그리고, IL은 감소하면서, Ic의 방향이 반대로 바뀌어 흐르게 된다.
- [0069] 이와 같이, 제2 모드에서는 인덕터(20)에 충전된 에너지에 의해 클램프 캐패시터(113)가 충전된다.
- [0070] 그리고, 제3 모드에서는 제1 클램프 스위치(111)가 영전압 스위칭 동작(zero voltage switching, ZVS)을 위해 턴온되고, 제2 모드에서부터 계속적으로 IL이 감소하면서 변압기(130)의 2차 측으로 에너지를 전달하게 된다. 즉, 제1 클램프 스위치(111)가 턴온되어, 클램프 캐패시터(113)에 충전된 에너지를 변압기(130)의 2차 측으로 전달하게 된다.
- [0071] 한편, 제4 모드에서는 제1 클램프 스위치(111)가 턴오프되어 Ic가 급격히 감소하게 된다. 이 경우, 누설 인덕터 Llk 및 캐패시터 Cgsc, Cg3 및 Cg4에는 공진에 의한 전류가 흐르게 되고, 캐패시터 Cgsc, Cg3 및 Cg4는 방전되어 Vpn이 0이 되고, 제3 스위치(123) 및 제4 스위치(124)에 연결된 다이오드에 전류가 흐르게 되어, ZVS가 가능하게 된다. 즉, 제3 모드에서 제1 클램프 스위치(111)가 턴온됨으로써, 제4 모드에서는 Vpn이 0이 되고 제3 스위치(123) 및 제4 스위치(124)의 영전압 스위칭이 가능해진다.
- [0072] 한편, 제5 모드에서는 제3 스위치(123) 및 제4 스위치(124)는 ZVS 턴온된다. 이때, Vpn은 일정하고 누설 인덕터 Llk에 흐르는 전류(즉, Iik)는 감소하다가 일정해진다. 그리고, 입력 측 인덕터(20)는 입력 전원에서부터 에너지를 저장하고 IL의 크기는 증가하게 된다.
- [0073] 이와 같이, 제5 모드에서는 입력 전원(10)에서 제공되는 에너지가 인덕터(20)에 충전된다.
- [0074] 그리고, 제6 모드에서 제1 및 제2 스위치(121, 122)는 턴오프되고, 캐패시터 Cgsc, 제1 스위치(121)에 연결된 캐패시터 Cg1 및 제2 스위치(122)에 연결된 캐패시터 Cg2는 충전되어 Vpn의 크기가 증가하게 된다. 이에 따라, $V_{pn}=V_{csc}$ 이 되어, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)의 다이오드로 Ic의 전류가 흐르게 되고, 캐패시터 Cgsc,

Cg1 및 Cg2로는 전류가 흐르지 않게 된다. 그리고, IL은 감소하면서 Ic의 방향이 반대로 바뀌어 흐르게 된다.

이와 같이, 제2 모드에서는 인덕터(20)에 충전된 에너지에 의해 클램프 캐패시터(113)가 충전된다.

그리고, 제7 모드에서 제2 클램프 스위치(112)는 ZVS 턴온하여 제6 모드에서부터 계속적으로 IL이 감소하면 2차 측으로 에너지를 전달한다. 즉, 제2 클램프 스위치(112)가 턴온되어, 클램프 캐패시터(113)에 충전된 에너지를 변압기(130)의 2차 측으로 전달하게 된다.

그리고, 제8 모드에서는 제2 클램프 스위치(112)가 턴오프되어 Ic가 급격히 감소된다. 이 경우, 누설 인덕터 Llk 및 캐패시터 Cgsc, Cg1 및 Cg2에는 공진에 의한 전류가 흐르며 캐패시터 Cgsc, Cg1 및 Cg2가 방전하여 Vpn=0이 되고, 제1 스위치(121) 및 제2 스위치(122)에 연결된 다이오드에 전류가 흘러, ZVS가 가능하게 된다. 즉, 제7 모드에서 제2 클램프 스위치(112)가 턴온됨으로써, 제8 모드에서는 Vpn이 0이 되고 제1 스위치(121) 및 제2 스위치(122)의 영전압 스위칭이 가능해진다.

이와 같이, 복수의 클램프 스위치(111, 112)는 승압 모드인 경우 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)의 영전압 스위칭을 위해 턴온될 수 있다.

이러한 과정을 통해, 입력 측의 입력 전압이 출력 측에 연결된 부하로 제공될 수 있다.

한편, 출력 전압을 강압하여 입력 측으로 제공하는 강압 모드인 경우, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 및 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)는 제어 신호에 따라 4개의 모드로 구분되어 스위칭 동작이 이루어진다.

이 경우, 각 모드 별, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124) 및 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)의 동작 상태는 하기의 표 2와 같다.

표 2

	모드 1	모드 2	모드 3	모드 4
g21, g22	on	off	off	off
g23, g24	off	off	on	off
gsc1	on	on	on	on
gsc2	on	on	on	on
g1, g2, g3, f4	off	off	off	off

여기에서, g1은 제1 스위치(121), g2는 제2 스위치(122), g3는 제3 스위치(123), g4는 제4 스위치(124), g21은 제5 스위치(141), g22는 제6 스위치(142), g23는 제7 스위치(143), g24는 제8 스위치(144), gsc1은 제1 클램프 스위치(111), gsc2는 제2 클램프 스위치(112)를 나타낸다.

표 2를 참조하면, 강압 모드인 경우, 각 모드 별 스위치의 스위칭 동작은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

제1 모드에서, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112), 제5 및 제6 스위치(141, 142)는 턴온되고, 제7 및 제8 스위치(143, 144)는 턴오프되고, 제2 모드에서, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)는 턴온되고, 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)는 턴오프된다. 그리고, 제3 모드에서, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112) 및 제7 및 제8 스위치(143, 144)는 턴온되고, 제5 및 제6 스위치(141, 142)는 턴오프되고, 제4 모드에서, 제1 및 제2 클램프 스위치(111, 112)는 턴온되고, 제5 내지 제8 스위치(141, 142, 143, 144)는 턴오프된다.

이 경우, 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)는 제1 모드 내지 제4 모드에서 턴오프된다.

한편, 강압 모드인 경우, 각 모드 별 전류의 흐름은 도 4와 같고, 전류/전압 파형은 도 5와 같다. 여기에서, 도 4(a) 내지 도 4(d)는 각각 제1 모드 내지 제4 모드에서의 전류의 흐름을 나타낸다.

구체적으로, 도 4 및 도 5를 참조하면, 제1 모드에서 제5 스위치(141) 및 제6 스위치(142)가 턴온되어 Ilk와 Ic는 (+) 극성으로 서서히 증가한다. 그리고, 제2 모드에서는 제5 스위치(141) 및 제6 스위치(142)가 턴오프되고, Ilk와 Ic는 급격히 감소한다.

제3 모드에서는 제7 스위치(143) 및 제8 스위치(144)가 턴온되어 Ilk는 (-) 극성으로 서서히 감소하며, Ic는 변압기(130)의 1차 측의 반도체 스위칭소자에 연결된 다이오드(즉, 역병렬 다이오드)에 의해 정류되어 (+) 극성으로 서서히 증가한다. 그리고, 제4 모드에서는 제7 스위치(143) 및 제8 스위치(144)가 턴오프되며, Ilk는 급격하

게 증가하며 I_c 는 급격히 감소하게 된다.

[0090] 이와 같이, 제2 및 제4 모드에서는 제1 내지 제4 스위치(121, 122, 123, 124)가 턴오프되므로, 제1 및 제3 모드에서 출력 전압이 입력 측으로 전달되고, 결과적으로, DC-DC 컨버터(100)는 출력 측의 출력 전압을 강압하여 입력 측으로 전달할 수 있게 된다.

[0091] 이와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC-DC 컨버터(100)는 영전압스위칭기반 소프트스위칭이 가능한 능동클램프 회로를 적용하여 스위칭손실을 저감하고 능동클램프 회로에 저장된 에너지를 재활용함으로써 시스템효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 능동클램프 스위치를 병렬로 연결함으로써 각 능동클램프 스위치의 역병렬 다이오드에 흐르는 전류를 분배하고, 스위칭주파수가 주 스위치와 동일한 스위칭주파수로 동작한다. 이에 따라, 고용량 시스템의 능동클램프 스위치의 스위칭주파수를 2배 증가할 수 있으며 시스템 안정성 및 스위치의 손실에 의한 방열문제에서의 장점도 가지게 되어 시스템의 소형화가 가능해질 수 있다.

[0092] 한편, 이하에서는 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC-DC 컨버터에 대한 시뮬레이션 결과를 설명하도록 한다. 시뮬레이션을 위한 시스템 구성은 도 6과 같으며, 시뮬레이션에 이용된 파라미터는 하기의 표 3과 같다.

표 3

item	value
input source	340V
output source	400V
switching frequency	10kHz
input inductance	1mH
leakage inductance	20uH
magnetizing inductance	1mH
clamp capacitor	47uF
output capacitor	47uF
load	8Ω

[0094] 시뮬레이션을 통해, 시스템 동작에 있어 스위치 턴온 시 ZVS 동작이 이루어지는 확인하였으며, 시스템 동작 중 부하의 변경을 주어 부하 변동 시에도 시스템이 제어되는지를 확인하였다.

[0095] 본 발명의 일 실시 예에 따른 DC/DC컨버터(100)는 20kW급 긴급 구난 전기자동차 급속충전을 위한 병렬클램프 고효율 절연형 DC/DC컨버터로서 시뮬레이션을 실시하였다. 주스위치의 게이트 신호와 클램프 스위치의 게이트 신호는 도 7과 같다.

[0096] 이 경우, DC-DC 컨버터(100)에서 입력 전류, 각 클램프스위치 전류, 터미널 전압과의 관계는 도 8(a) 내지 (c)와 같고, 변압기 1,2차 측의 전압과 전류는 도 8(d),(e)와 같고, 출력 전류는 도 8(f)와 같다.

[0097] 시스템의 전체적인 동작은 도 9에 도시된 것과 같이 주스위치와 각 클램프 스위치의 스위칭 주파수는 동일하고 제1 및 제2 스위치(g_1, g_2)가 오프되는 시간 안에 제2 클램프 스위치(g_{sc2})가 턴온되었다가 턴오프되고 제3 및 제4 스위치(g_3, g_4)가 오프되었을 때 제1 클램프 스위치(g_{sc1})가 턴온되었다가 턴오프된다. 이에 따라, 입력 인덕터에 흐르는 전류 I_L 이 증가할 때 에너지는 저장되고 I_L 이 감소하면서 클램프 스위치를 통해 흐르는 전류의 방향이 바뀌는 것을 확인할 수 있다. 이때, 변압기를 통해 부하에 에너지를 전달하게 된다.

[0098] 한편, DC-DC 컨버터(100)는 모든 스위치가 턴온시 ZVS동작에 의해 스위칭손실이 저감된다. 스위치 턴온시 ZVS동작을 하는지 시뮬레이션으로 확인하기 위해, 주스위치와 클램프 스위치의 게이트신호, 터미널 전압, 클램프 스위치의 양단전압을 측정하였으며, 이는 도 10과 같다.

[0099] 클램프 스위치의 ZVS동작은 제1 클램프 스위치(g_{sc1})와 제2 클램프 스위치(g_{sc2})가 턴온동작할 때 터미널 전압이 클램프되고 클램프 스위치의 다이오드로 전류가 흐르게 되며, 이때 스위치의 양단전압이 0이 되고, 주 스위치의 ZVS동작은 제1 및 제3 스위치(g_1, g_3)와 제2 및 제4 스위치(g_2, g_4)의 턴온 동작 시 누설 인덕턴스에 의한 주 스위치의 출력 캐패시터의 방전에 의해 주 스위치 양단전압은 0이 된다.

[0100] 한편, 게이트 신호를 통한 스위칭 동작의 제어하는 제어기는 출력전압 및 입력전류의 크기를 제어하기 위해 입력전류, 출력전압 센싱을 통해 이루어진다.

[0101] 부하 변동에도 일정한 출력전압을 가지는지를 확인하기 위해 50%의 부하로 시스템을 동작시키고 시스템 동작 중

부하를 100%로 변화시키고 다시 50%로 변화를 주었을 때의 출력전압과 출력전류를 통한 제어기의 성능을 확인하였으며, 이와 관련된 출력전압과 출력전압 파형은 도 11과 같다.

[0102] 최초 부하 50% 조건에서 출력은 400V에 25A이며 부하조건을 100%로 변화하면 출력전압은 순간 떨어지다가 400V로 제어되는 것을 확인할 수 있으며 출력전류는 50A가 된다. 다시 부하조건을 50%로 감소시키자 출력전압이 순간적으로 증가하였다가 400V에 25A의 출력으로 제어됨을 알 수 있다.

[0103] 한편, 상술한 예에서는 스위칭 소자가 IGBT로 구현되는 것으로 설명하였으나 이는 일 예에 불과하며, 스위칭 소자는 MOSFET으로 구현될 수도 있다.

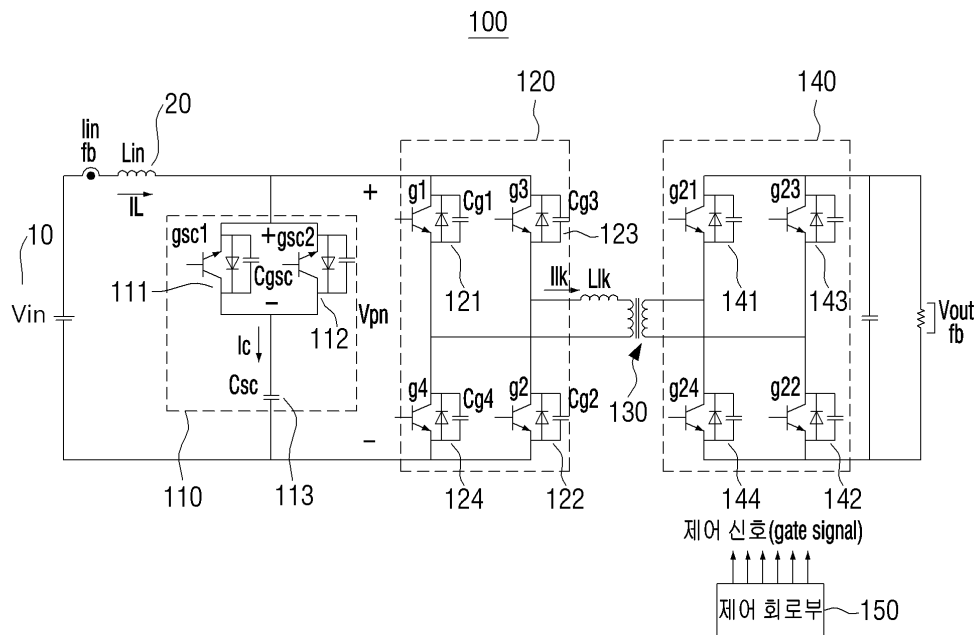
[0104] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특성의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

부호의 설명

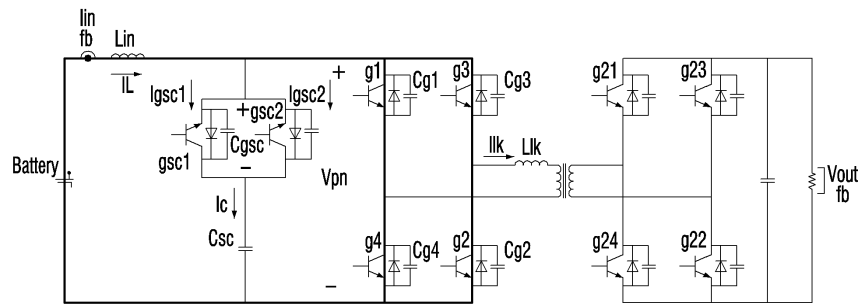
[0105] 100 : DC-DC 컨버터

도면

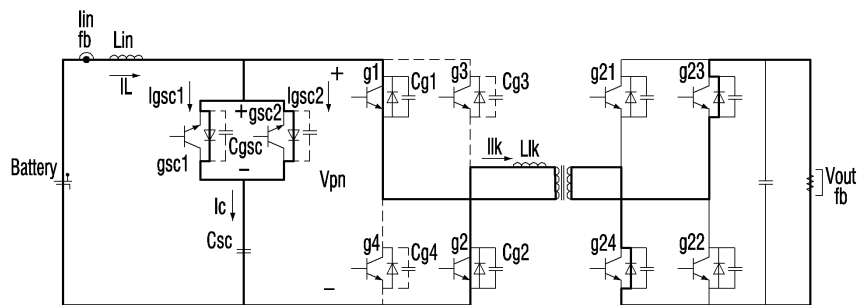
도면1



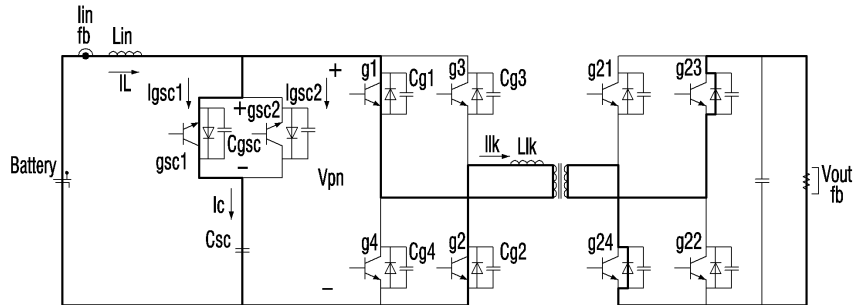
도면2a



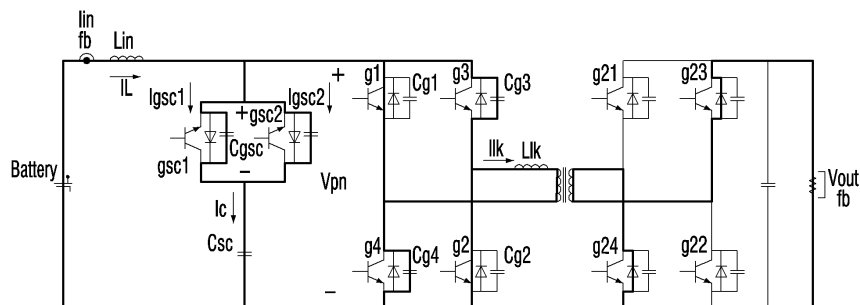
도면2b



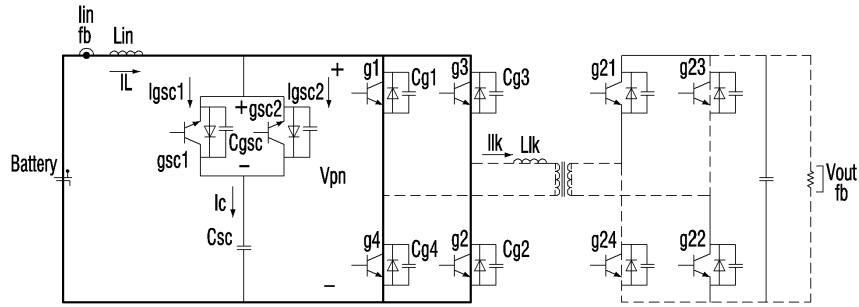
도면2c



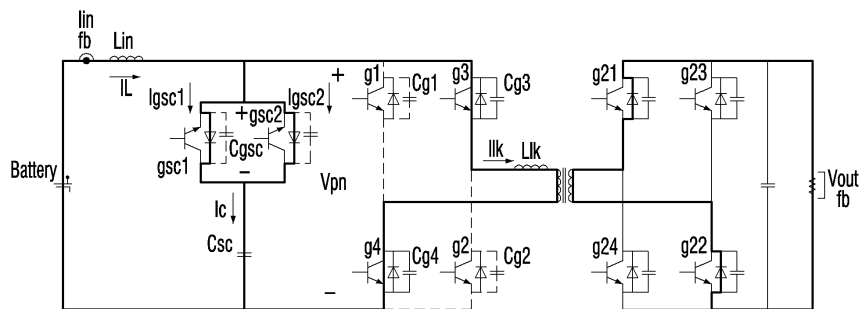
도면2d



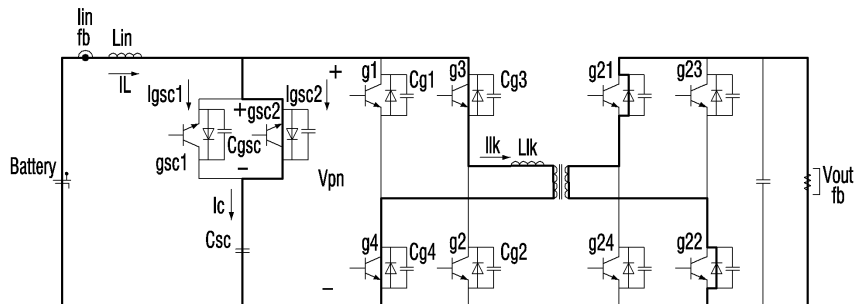
도면2e



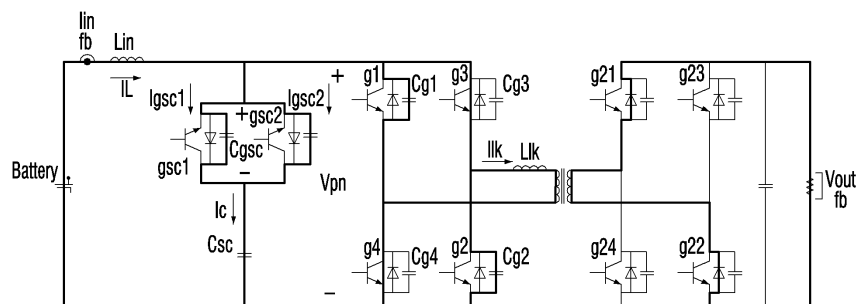
도면2f



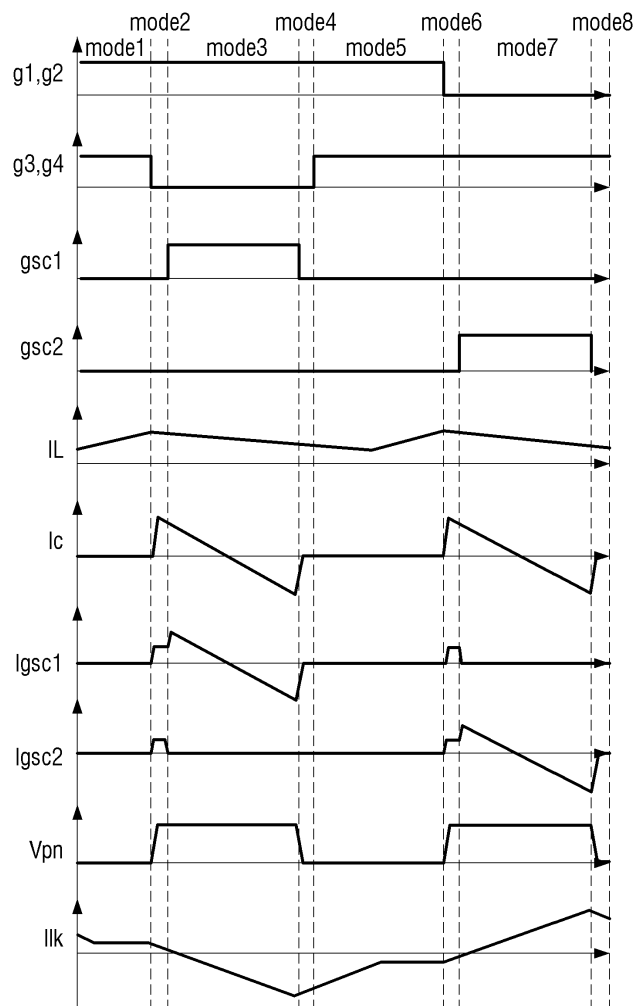
도면2g



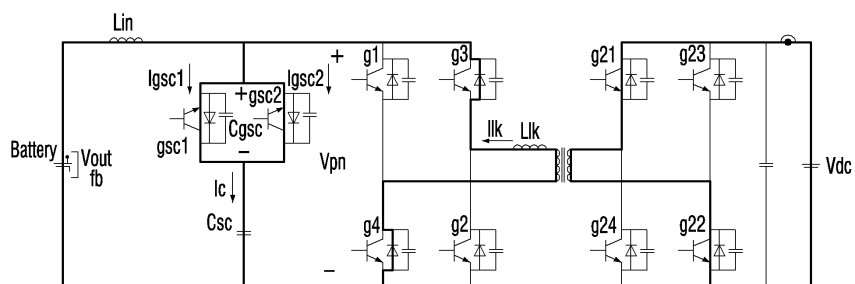
도면2h



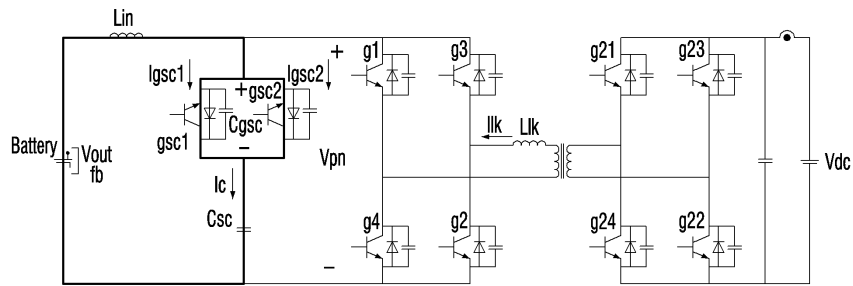
도면3



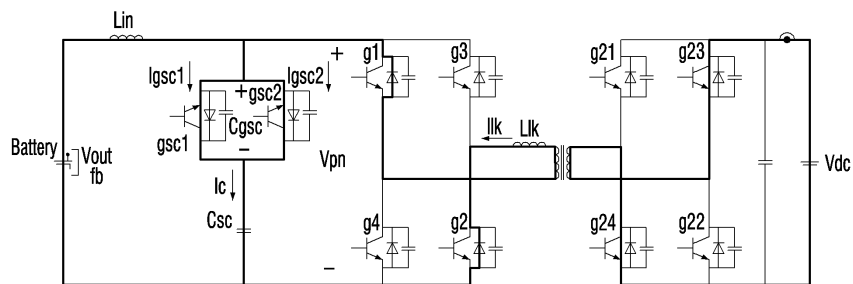
도면4a



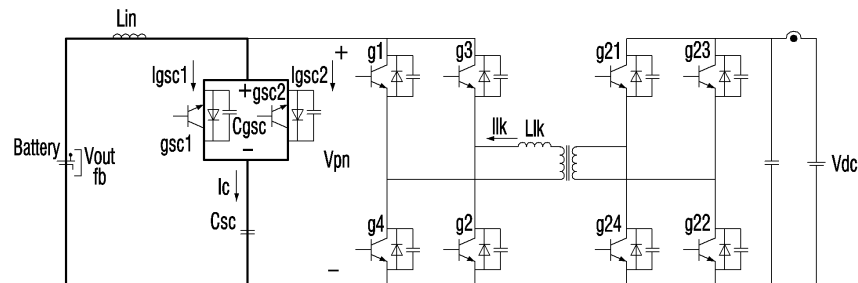
도면4b



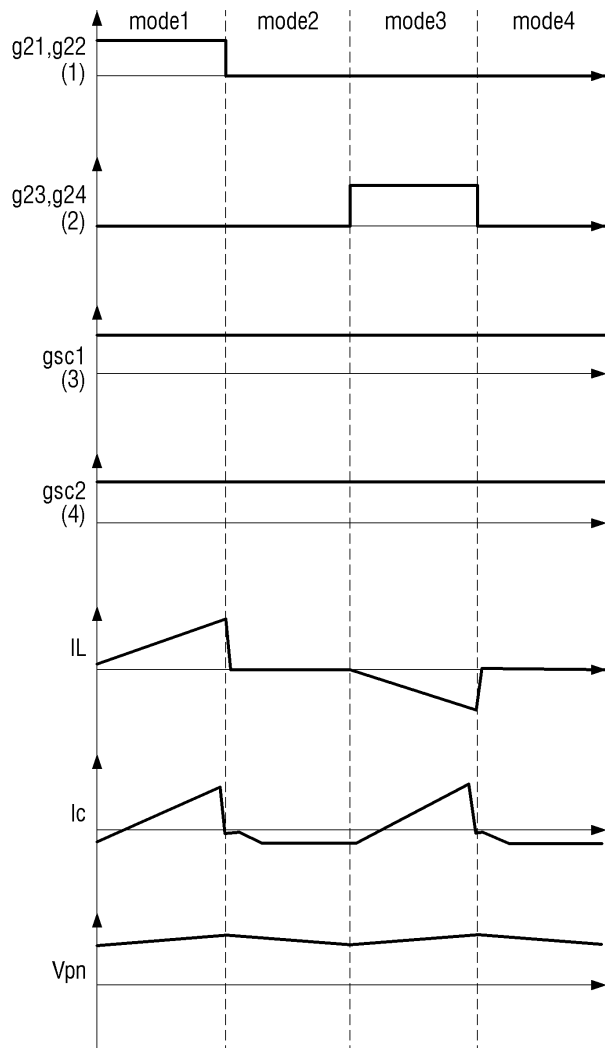
도면4c



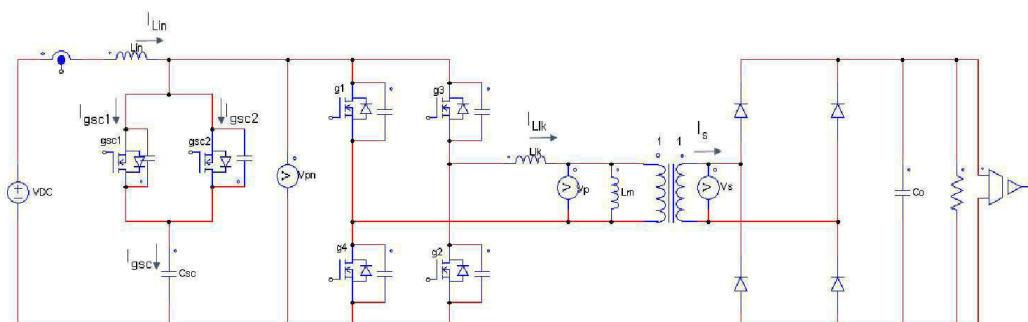
도면4d



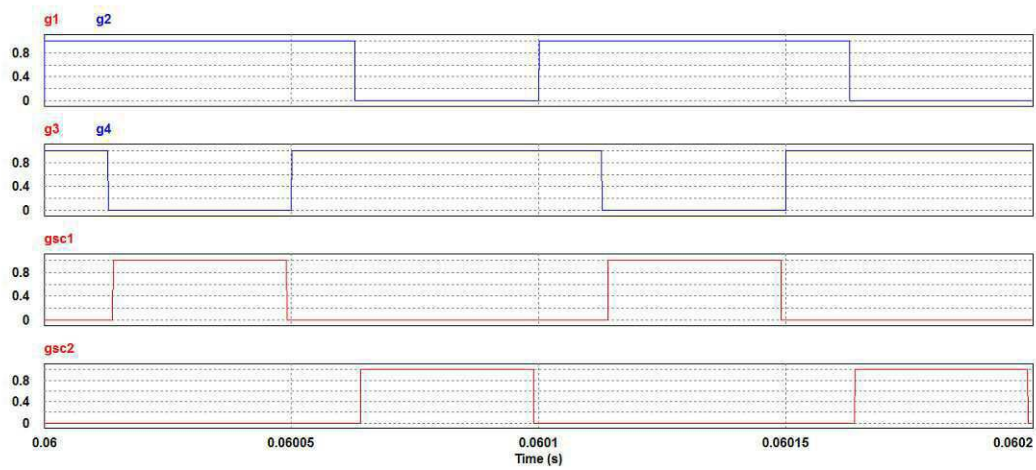
도면5



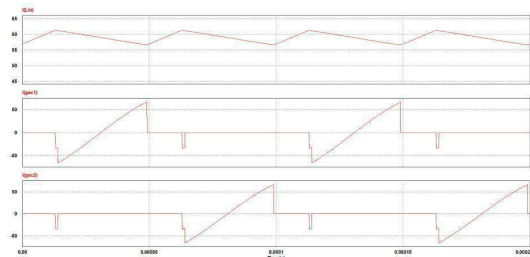
도면6



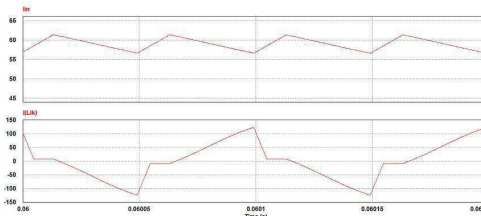
도면7



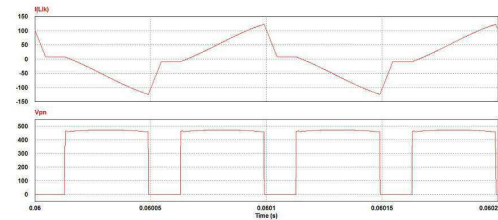
도면8



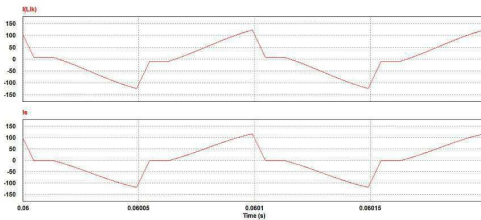
(a)입력전류, 클램프스위치 전류



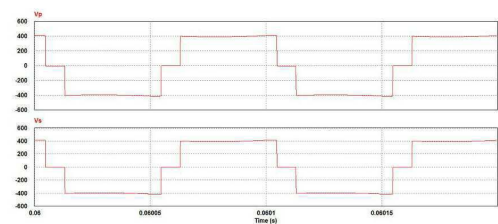
(b)입력전류, 변압기 1차 측 전류



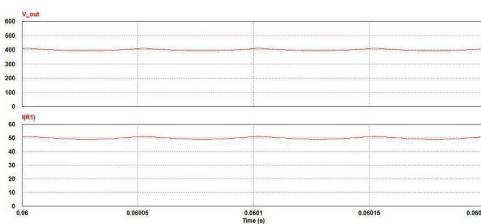
(c)변압기 1차측 전류, 터미널 전압



(d)변압기 1차측전류, 변압기 2차측전류

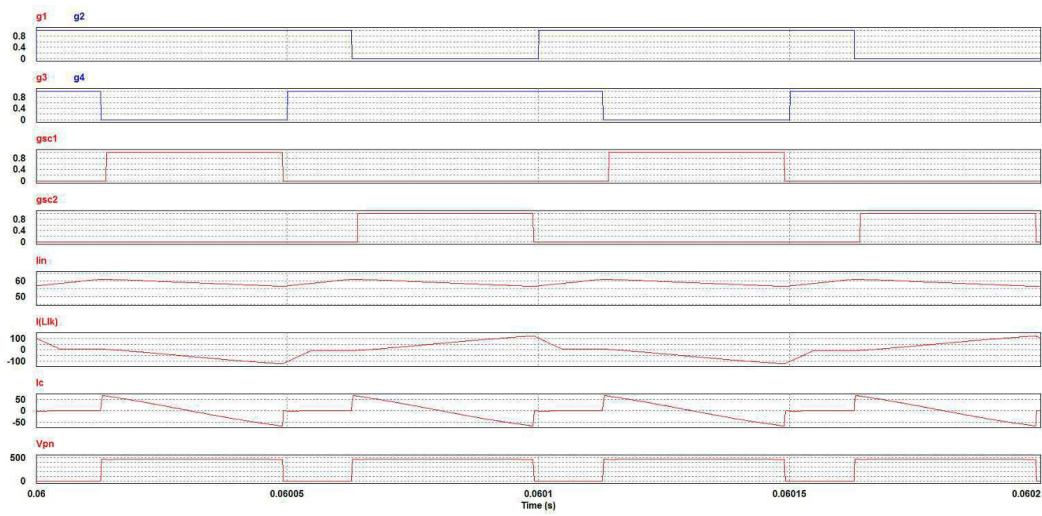


(e)변압기 1차측전압, 변압기 2차측전압

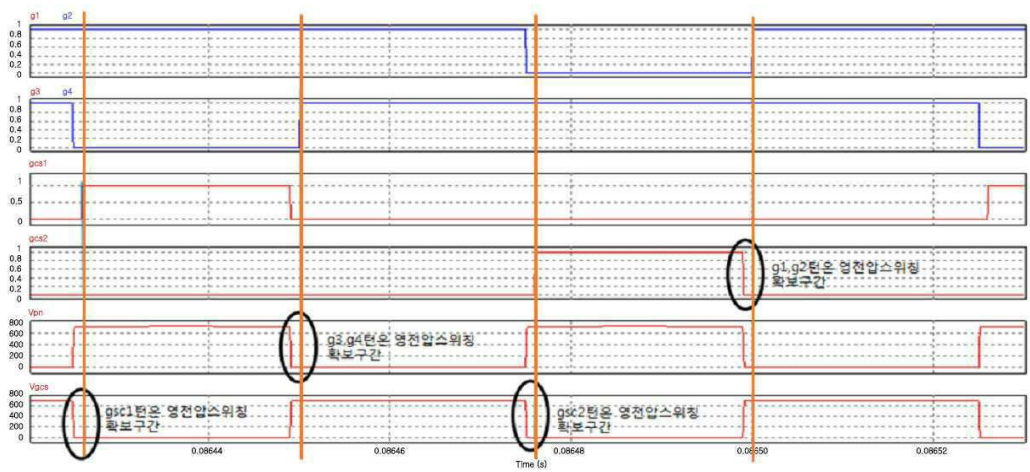


(f)출력전압, 출력전류

도면9



도면10



도면11

