



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0054317
(43) 공개일자 2025년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/335 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H02M 3/33538 (2013.01)
H02M 3/33569 (2023.05)

(21) 출원번호 10-2023-0137385

(22) 출원일자 2023년10월16일
심사청구일자 2023년10월16일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자
김재국

인천광역시 남동구 아암대로1503번길 21 (논현동, 에코메트로 10블록 한화 꿈에그린아파트) 1005동 1704호

이승훈

대구광역시 달서구 학산로2길 24 (월성동, 월성청구아파트) 102동 1301호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

네이트특허법인

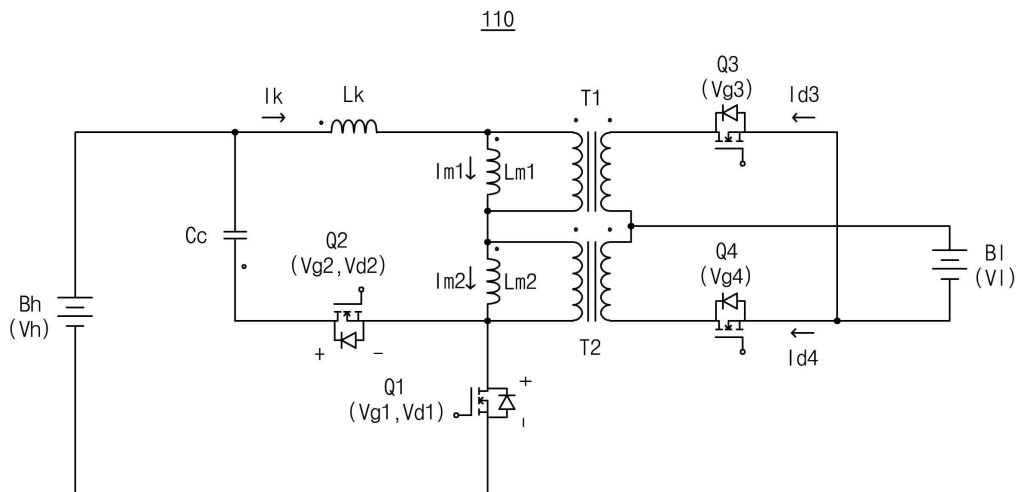
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 액티브 클램프 파워드 컨버터 및 그 구동방법

(57) 요약

본 발명은, 고전압 배터리의 양극에 연결되는 클램핑커패시터 및 누설인덕터와; 상기 고전압 배터리의 음극에 연결되는 제1스위치와; 상기 클램핑커패시터와 상기 제1스위치 사이에 연결되는 제2스위치와; 상기 누설인덕터와 상기 제1스위치 사이에 직렬로 연결되는 제1 및 제2자화인덕터와; 상기 제1 및 제2자화인덕터에 각각 병렬 연결되는 제1 및 제2변압기와; 상기 제1변압기와 저전압 배터리의 음극에 연결되는 제3스위치와; 상기 제2변압기와 상기 저전압 배터리의 음극에 연결되는 제4스วิต치를 포함하고, 상기 저전압 배터리에 의하여 상기 고전압 배터리가 충전되는 역방향 모드에서, 상기 제1, 제2 및 제4스witch는 턴-오프 상태로 유지되고 상기 제3스witch는 순차적으로 턴-온 및 턴-오프 되는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

Y02B 70/10 (2020.08)

(72) 발명자

정석우

인천광역시 미추홀구 용오로 82 (용현동, 동아아파트) 3동 513호

이대우

인천광역시 남동구 구월로 192 (구월동, 힐스테이트롯데캐슬골드1단지아파트) 1309동 402호

명세서

청구범위

청구항 1

고전압 배터리의 양극에 연결되는 클램핑커패시터 및 누설인덕터와;

상기 고전압 배터리의 음극에 연결되는 제1스위치와;

상기 클램핑커패시터와 상기 제1스위치 사이에 연결되는 제2스위치와;

상기 누설인덕터와 상기 제1스위치 사이에 직렬로 연결되는 제1 및 제2자화인덕터와;

상기 제1 및 제2자화인덕터에 각각 병렬 연결되는 제1 및 제2변압기와;

상기 제1변압기와 저전압 배터리의 음극에 연결되는 제3스위치와;

상기 제2변압기와 상기 저전압 배터리의 음극에 연결되는 제4스위치

를 포함하고,

상기 저전압 배터리에 의하여 상기 고전압 배터리가 충전되는 역방향 모드에서, 상기 제1, 제2 및 제4스witch는 턴-오프 상태로 유지되고 상기 제3스witch는 순차적으로 턴-온 및 턴-오프 되는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 고전압 배터리에 의하여 상기 저전압 배터리가 충전되는 정방향 모드에서, 상기 제1 및 제2스witch는 상보적으로 스위칭 되고, 상기 제3 및 제4스witch는 각각 상기 제1 및 제2스witch에 동기하여 스위칭 되는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 정방향 모드에서, 제1구간 동안 상기 제1 및 제2스witch는 각각 턴-온 및 턴-오프 되고 상기 제3 및 제4스witch는 각각 턴-온 및 턴-오프 되고, 제2구간 동안 상기 제1 및 제2스witch는 각각 턴-오프 및 턴-온 되고 상기 제3 및 제4스witch는 각각 턴-오프 및 턴-온 되는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제1스witch는, 제1게이트 전압에 따라 상기 고전압 배터리와 상기 제2자화인덕터의 전기적 연결을 스위칭 하고,

상기 제2스witch는, 제2게이트 전압에 따라 상기 클램핑커패시터와 상기 제2자화인덕터의 전기적 연결을 스위칭 하고,

상기 제3스witch는, 제3게이트 전압에 따라 상기 제1변압기와 상기 저전압 배터리의 전기적 연결을 스위칭 하고,

상기 제4스witch는, 제4게이트 전압에 따라 상기 제2변압기와 상기 저전압 배터리의 전기적 연결을 스위칭 하는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 클램핑커패시터와 상기 고전압 배터리 사이에 연결되는 제5스위치를 더 포함하는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제5스위치와 상기 고전압 배터리 사이 또는 상기 제5스위치와 상기 클램핑커패시터 사이에 연결되는 스트레저항을 더 포함하는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 고전압 배터리에 의하여 상기 저전압 배터리가 충전되는 정방향 모드에서 상기 제5스위치는 턴-오프 상태로 유지되고,

상기 역방향 모드에서 상기 제5스위치는 턴-온 상태로 유지되는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터.

청구항 8

제1 내지 제4스위치, 클램핑커패시터, 누설인덕터, 제1 및 제2자화인덕터, 제1 및 제2변압기를 포함하는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터의 구동방법에 있어서,

저전압 배터리에 의하여 고전압 배터리가 충전되는 역방향 모드에서,

제1구간 동안, 상기 제1, 제2 및 제4스위치를 각각 턴-오프 하고, 상기 제3스위치를 턴-온 하는 단계와;

제2구간 동안, 상기 제1 내지 제4스위치를 각각 턴-오프 하는 단계

를 포함하는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터의 구동방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 고전압 배터리에 의하여 상기 저전압 배터리가 충전되는 정방향 모드에서, 상기 제1 및 제2스위치는 상보적으로 스위칭 되고, 상기 제3 및 제4스위치는 각각 상기 제1 및 제2스위치에 동기하여 스위칭 되는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터의 구동방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 액티브 클램프 파워드 컨버터에 관한 것으로, 특히 역방향 모드에서 하나의 스위치만 동작하여 출력 전압을 제어함으로써, 변압기 제어가 간소화 되고 전압 스트레스가 감소되는 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터 및 그 구동방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 최근 전 세계적으로 자동차 시장의 판도가 바뀌고 있으며, 많은 자동차 회사들이 전기 자동차를 비롯하여 하이브리드 자동차, 수소 자동차 등 미래 자동차의 연구에 적극 투자하고 있다.
- [0003] 전기 자동차 및 하이브리드 자동차용 전력 시스템에서는, 고전압(high voltage)용 고전압 배터리로부터 차량 내부의 저전압(low voltage)용 저전압 배터리의 전장부하에 전원을 공급하기 위하여 저전압 직류컨버터(low voltage DC-DC converter: LDC)를 필요로 한다.
- [0004] 또한, 저전압 직류컨버터는, 고전압 배터리에 의하여 저전압 배터리를 충전하기 위한 정방향 모드로 동작할 뿐만 아니라, 저전압 배터리에 의하여 고전압 배터리를 선충전(pre-charging)하기 위한 역방향 모드로도 동작하는 양방향 동작이 요구된다.
- [0005] 이러한 저전압 직류컨버터로 사용되는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(2 transformer active clamp forward (2T-ACF) converter)는 단순한 구성, 넓은 듀티(duty) 범위, 스위치들의 영전압 스위칭(zero voltage switching: ZVS) 등의 장점을 갖는다.
- [0006] 그런데, 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 역방향 모드 동작 시에 출력전압 제어를 위하여 1, 2차측에 배치되는 다수의 스위치들의 개수가 많고, 다수의 스위치들에 다수의 게이트신호를 인가하여 변압기 제어가 복잡해지는 문제가 있다.
- [0007] 그리고, 1차측의 다수의 스위치의 전압 스트레스가 증가하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은, 상기한 문제점을 해결하고자 안출된 것으로, 역방향 모드에서 하나의 스위치만 동작하여 출력전압을 제어함으로써, 변압기의 제어가 간소화되는 액티브 클램프 포워드 컨버터 및 그 구동방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 그리고, 본 발명은, 역방향 모드에서 클램핑 커패시터의 일단을 고전압 배터리에 연결하여 출력전압을 제어함으로써, 스위치의 전압 스트레스가 감소되는 액티브 클램프 포워드 컨버터 및 그 구동방법을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 고전압 배터리의 양극에 연결되는 클램핑커패시터 및 누설인덕터와; 상기 고전압 배터리의 음극에 연결되는 제1스위치와; 상기 클램핑커패시터와 상기 제1스위치 사이에 연결되는 제2스위치와; 상기 누설인덕터와 상기 제1스위치 사이에 직렬로 연결되는 제1 및 제2자화인덕터와; 상기 제1 및 제2자화인덕터에 각각 병렬 연결되는 제1 및 제2변압기와; 상기 제1변압기와 저전압 배터리의 음극에 연결되는 제3스위치와; 상기 제2변압기와 상기 저전압 배터리의 음극에 연결되는 제4스위치를 포함하고, 상기 저전압 배터리에 의하여 상기 고전압 배터리가 충전되는 역방향 모드에서, 상기 제1, 제2 및 제4스위치는 턴-오프 상태로 유지되고 상기 제3스위치는 순차적으로 턴-온 및 턴-오프 되는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터를 제공한다.
- [0011] 그리고, 상기 고전압 배터리에 의하여 상기 저전압 배터리가 충전되는 정방향 모드에서, 상기 제1 및 제2스위치는 상보적으로 스위칭 되고, 상기 제3 및 제4스위치는 각각 상기 제1 및 제2스위치에 동기하여 스위칭 될 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 정방향 모드에서, 제1구간 동안 상기 제1 및 제2스위치는 각각 턴-온 및 턴-오프 되고 상기 제3 및 제4스위치는 각각 턴-온 및 턴-오프 되고, 제2구간 동안 상기 제1 및 제2스위치는 각각 턴-오프 및 턴-온 되고 상기 제3 및 제4스위치는 각각 턴-오프 및 턴-온 될 수 있다.
- [0013] 그리고, 상기 제1스위치는, 제1게이트 전압에 따라 상기 고전압 배터리와 상기 제2자화인덕터의 전기적 연결을 스위칭 하고, 상기 제2스위치는, 제2게이트 전압에 따라 상기 클램핑커패시터와 상기 제2자화인덕터의 전기적 연결을 스위칭 하고, 상기 제3스위치는, 제3게이트 전압에 따라 상기 제1변압기와 상기 저전압 배터리의 전기적 연결을 스위칭 하고, 상기 제4스위치는, 제4게이트 전압에 따라 상기 제2변압기와 상기 저전압 배터리의 전기적

연결을 스위칭 할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터는 상기 클램핑커패시터와 상기 고전압 배터리 사이에 연결되는 제5스위치를 더 포함할 수 있다.

[0015] 그리고, 상기 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터는 상기 제5스위치와 상기 고전압 배터리 사이 또는 상기 제5스위치와 상기 클램핑커패시터 사이에 연결되는 스트레스저항을 더 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 정방향 모드에서 상기 제5스위치는 턴-오프 상태로 유지되고, 상기 역방향 모드에서 상기 제5스위치는 턴-온 상태로 유지될 수 있다.

[0017] 한편, 본 발명은, 제1 내지 제4스위치, 클램핑커패시터, 누설인덕터, 제1 및 제2자화인덕터, 제1 및 제2변압기를 포함하는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 구동방법에 있어서, 저전압 배터리에 의하여 고전압 배터리가 충전되는 역방향 모드에서, 제1구간 동안, 상기 제1, 제2 및 제4스위치를 각각 턴-오프 하고, 상기 제3스위치를 턴-온 하는 단계와; 제2구간 동안, 상기 제1 내지 제4스위치를 각각 턴-오프 하는 단계를 포함하는 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 구동방법을 제공한다.

[0018] 그리고, 상기 고전압 배터리에 의하여 상기 저전압 배터리가 충전되는 정방향 모드에서, 상기 제1 및 제2스위치는 상보적으로 스위칭 되고, 상기 제3 및 제4스위치는 각각 상기 제1 및 제2스위치에 동기하여 스위칭 될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은, 역방향 모드에서 하나의 스위치만 동작하여 출력전압을 제어함으로써, 변압기의 제어가 간소화되는 효과를 갖는다.

[0020] 그리고, 본 발명은, 역방향 모드에서 클램핑 커패시터의 일단을 고전압 배터리에 연결하여 출력전압을 제어함으로써, 스위치의 전압 스트레스가 감소되는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터를 도시한 회로도.

도 2a 및 도 2b는 각각 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 게이트신호를 도시한 파형도.

도 3a 및 도 3b는 각각 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 게이트신호를 도시한 파형도.

도 4a 및 도 4b는 각각 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 다수의 파형을 도시한 도면.

도 5a 및 도 5b는 각각 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 다수의 파형을 도시한 도면.

도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터를 도시한 회로도.

도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 역방향 모드의 다수의 신호를 도시한 파형도.

도 8은 본 발명의 제3실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터를 도시한 회로도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명의 구체적인 내용을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터를 도시한 회로도이다.

[0024] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)는, 고전압 배터리(Bh)의 고전압(Vh)을 이용하여 저전압 배터리(B1)를 저전압(V1)으로 충전하는 정방향 모드로 동작하거나, 저전압 배터리(B1)의 저전압(V1)을 이용하여 고전압 배터리(Bh)를 고전압(Vh)으로 충전하는 역방향 모드로 동작한다.

- [0025] 이를 위하여, 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)는, 제1 내지 제4위치(Q1 내지 Q4), 클램핑커패시터(Cc), 누설인덕터(Lk), 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2), 제1 및 제2변압기(T1, T2)를 포함하는데, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2), 클램핑커패시터(Cc), 누설인덕터(Lk), 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)는 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 1차측을 구성하고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 2차측을 구성한다.
- [0026] 제1 내지 제4스위치(Q1 내지 Q4)는 트랜지스터(transistor) 일 수 있다.
- [0027] 메인스위치인 제1스위치(Q1)는, 고전압 배터리(Bh)의 음극과 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제1게이트전압(Vg1)에 따라 고전압 배터리(Bh)와 제2자화인덕터(Lm2)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제1드레인전압(Vd1)이 인가되는 제1스위치(Q1)의 채널에는 제1드레인전류가 흐른다.
- [0028] 예를 들어, 제1스위치(Q1)가 네거티브(N) 타입 트랜지스터인 경우, 제1스위치(Q1)의 게이트는 제1게이트전압(Vg1)에 연결되고, 제1스위치(Q1)의 소스는 고전압 배터리(Bh)의 음극에 연결되고, 제1스위치(Q1)의 드레인은 제2스위치(Q2)의 소스, 제2자화인덕터(Lm2)의 제2단자, 제2변압기(T2)의 1차측의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0029] 여기서, 턴-오프 상태의 제1스위치(Q1)의 제1드레인전압(Vd1)은 고전압(Vh)과 커패시터전압의 합으로 유지(clamping)된다.
- [0030] 보조스위치 또는 클램핑스위치인 제2스위치(Q2)는, 클램핑커패시터(Cc)와 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제2게이트전압(Vg2)에 따라 클램핑커패시터(Cc)와 제2자화인덕터(Lm2)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제2드레인전압(Vd2)이 인가되는 제2스위치(Q2)의 채널에는 제2드레인전류가 흐른다.
- [0031] 예를 들어, 제2스위치(Q2)가 네거티브(N) 타입 트랜지스터인 경우, 제2스위치(Q2)의 게이트는 제2게이트전압(Vg2)에 연결되고, 제2스위치(Q2)의 소스는 제1스위치(Q1)의 드레인, 제2자화인덕터(Lm2)의 제2단자, 제2변압기(T2)의 1차측의 제2단자에 연결되고, 제2스위치(Q2)의 드레인은 클램핑커패시터(Cc)의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0032] 클램핑커패시터(Cc)는, 누설인덕터(Lk)와 제2스위치(Q2) 사이에 연결되고, 누설인덕터(Lk)의 인덕터 에너지를 커패시터전압으로 저장하고, 저장된 커패시터전압에 대응되는 클램핑 에너지를 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)로 출력한다.
- [0033] 예를 들어, 클램핑커패시터(Cc)의 제1단자는 고전압 배터리(Bh)의 양극, 누설인덕터(Lk)의 제1단자에 연결되고, 클램핑커패시터(Cc)의 제2단자는 제2스위치(Q2)의 드레인에 연결될 수 있다.
- [0034] 누설인덕터(Lk)는, 고전압 배터리(Bh) 및 클램핑커패시터(Cc)와 제1자화인덕터(Lm1) 사이에 연결되는데, 제1변압기(T1)의 1차측에 연결되어 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 누설(leakage) 자속에 따른 누설 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0035] 예를 들어, 누설인덕터(Lk)의 제1단자는 클램핑커패시터(Cc)의 제1단자에 연결되고, 누설인덕터(Lk)의 제2단자는 제1자화인덕터(Lm1)의 제1단자, 제1변압기(T1)의 1차측의 제1단자에 연결될 수 있다.
- [0036] 제1자화인덕터(Lm1)는, 누설인덕터(Lk)와 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되는데, 제1변압기(T1)의 1차측 제1 및 제2단자에 연결되어 제1변압기(T1)의 상호(mutual) 자속에 따른 자화 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0037] 예를 들어, 제1자화인덕터(Lm1)의 제1단자는 누설인덕터(Lk)의 제2단자, 제1변압기(T1)의 1차측의 제1단자에 연결되고, 제1자화인덕터(Lm1)의 제2단자는 제2자화인덕터(Lm2)의 제1단자, 제1변압기(T1)의 1차측의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0038] 제2자화인덕터(Lm2)는, 제1자화인덕터(Lm1)와 제1 및 제2스위치(Q1, Q2) 사이에 연결되는데, 제2변압기(T2)의 1차측 제1 및 제2단자에 연결되어 제2변압기(T2)의 상호(mutual) 자속에 따른 자화 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0039] 예를 들어, 제2자화인덕터(Lm2)의 제1단자는 제1자화인덕터(Lm1)의 제2단자, 제2변압기(T)의 1차측의 제1단자에 연결되고, 제2자화인덕터(Lm2)의 제2단자는 제1스위치(Q1)의 드레인, 제2스위치(Q2)의 소스, 제2변압기(T2)의 1차측의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0040] 제1 및 제2변압기(T1, T2)는, 각각 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)와 제3 및 제4스위치(Q3, Q4) 사이에 연결되

고, 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)에 저장된 자화 에너지를 상이한 변압기전압으로 변환하여 출력한다.

- [0041] 예를 들어, 제1변압기(T1)의 1차측의 제1단자는 누설인덕터(Lk)의 제2단자, 제1자화인덕터(Lm1)의 제1단자에 연결되고, 제1변압기(T1)의 1차측의 제2단자는 제1자화인덕터(Lm1)의 제2단자, 제2자화인덕터(Lm2)의 제1단자에 연결되고, 제1변압기(T1)의 2차측의 제1단자는 제3스위치(Q3)의 드레인에 연결되고, 제1변압기(T1)의 2차측의 제2단자는 저전압 배터리(B1)의 양극에 연결될 수 있다.
- [0042] 제2변압기(T2)의 1차측의 제1단자는 제1자화인덕터(Lm1)의 제2단자, 제2자화인덕터(Lm2)의 제1단자에 연결되고, 제2변압기(T2)의 1차측의 제2단자는 제2자화인덕터(Lm2)의 제2단자, 제1스위치(Q1)의 드레인, 제2스위치(Q2)의 소스에 연결되고, 제2변압기(T2)의 2차측의 제1단자는 저전압 배터리(B1)의 양극에 연결되고, 제2변압기(T2)의 2차측의 제2단자는 제4스위치(Q4)의 드레인에 연결될 수 있다.
- [0043] 제3스위치(Q3)는, 제1변압기(T1)의 2차측과 저전압 배터리(B1)의 음극 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제3게이트전압(Vg3)에 따라 제1변압기(T1)와 저전압 배터리(B1)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제3드레인전압이 인가되는 제3스위치(Q3)의 채널에는 제3드레인전류(Id3)가 흐른다.
- [0044] 예를 들어, 제3스위치(Q3)가 네거티브(N) 타입 트랜지스터인 경우, 제3스위치(Q3)의 게이트는 제3게이트전압(Vg3)에 연결되고, 제3스위치(Q3)의 소스는 저전압 배터리(B1)의 음극에 연결되고, 제3스위치(Q3)의 드레인은 제1변압기(T1)의 2차측의 제1단자에 연결될 수 있다.
- [0045] 제4스위치(Q4)는, 제2변압기(T2)의 2차측과 저전압 배터리(B1)의 음극 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제4게이트전압(Vg4)에 따라 제2변압기(T2)와 저전압 배터리(B1)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제4드레인전압이 인가되는 제4스위치(Q4)의 채널에는 제4드레인전류(Id4)가 흐른다.
- [0046] 예를 들어, 제4스위치(Q4)가 네거티브(N) 타입 트랜지스터인 경우, 제4스위치(Q4)의 게이트는 제4게이트전압(Vg4)에 연결되고, 제4스위치(Q4)의 소스는 저전압 배터리(B1)의 음극에 연결되고, 제4스위치(Q4)의 드레인은 제2변압기(T2)의 2차측의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0047] 이러한 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터(110)는, 정방향 모드에서 고전압 배터리(Bh)의 고전압(Vh)을 이용하여 저전압 배터리(B1)의 저전압(V1)을 충전하고, 역방향 모드에서 저전압 배터리(B1)의 저전압(V1)을 이용하여 고전압 배터리(Bh)의 고전압(Vh)을 충전한다.
- [0048] 여기서, 정방향 모드에서는, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 순차적으로 턴-온(turn-on) 및 턴-오프(turn-off) 되고 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 순차적으로 턴-온 및 턴-오프 되어, 고전압 배터리(Bh)에 의하여 저전압 배터리(B1)가 충전된다.
- [0049] 반면에, 역방향 모드에서는, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)가 항상 턴-오프 되고 제3스위치(Q3)가 순차적으로 턴-온 및 턴-오프 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되고, 그 결과 동작하는 스위칭 소자의 개수가 감소되어 제어가 간소화 된다.
- [0050] 도 2a 및 도 2b는 각각 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 게이트신호를 도시한 파형도이고, 도 3a 및 도 3b는 각각 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 게이트신호를 도시한 파형도로서, 도 1을 함께 참조하여 설명한다. 여기서, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터는 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터와 동일한 구성일 수 있다.
- [0051] 도 2a에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터(110)의 정방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제1 및 제3게이트전압(Vg1, Vg3)이 각각 하이레벨을 갖고 제2 및 제4게이트전압(Vg2, Vg4)이 각각 로우레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제2 및 제4게이트전압(Vg2, Vg4)이 각각 하이레벨을 갖고 제1 및 제3게이트전압(Vg1, Vg3)이 각각 로우레벨을 갖는다.
- [0052] 이에 따라, 제1구간(T1) 동안 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 각각 턴-온 및 턴-오프 되고 제2구간(T2) 동안 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 각각 턴-오프 및 턴-온 되고, 제1구간(T1) 동안 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 각각 턴-온 및 턴-오프 되고 제2구간(T2) 동안 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 각각 턴-오프 및 턴-온 되어, 고전압 배터리(Bh)에 의하여 저전압 배터리(B1)가 충전된다.
- [0053] 여기서, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 상보적(complementary)으로 스위칭 되고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 각각 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)에 동기(synchronization)하여 스위칭 된다.

- [0054] 도 2b에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)의 역방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제3게이트전압(Vg3)이 하이레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제3게이트전압(Vg3)이 로우레벨을 갖고, 제1 및 제2구간(T1, T2) 동안 제1, 제2 및 제4게이트전압(Vg1, Vg2, Vg3)이 로우레벨을 갖는다.
- [0055] 이에 따라, 제1구간(T1) 동안 제3스위치(Q3)가 턴-온 되고, 제2구간(T2) 동안 제3스위치(Q3)가 턴-오프 되고, 제1 및 제2구간(T1, T2) 동안 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)가 각각 턴-오프 상태를 유지하여, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전된다.
- [0056] 여기서, 제3스위치(Q3)만 스위칭 되고, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)는 각각 항상 턴-오프 상태로 유지된다.
- [0057] 반면에, 도 3a에 도시한 바와 같이, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제1 및 제3게이트전압(Vg1, Vg3)이 각각 하이레벨을 갖고 제2 및 제4게이트전압(Vg2, Vg4)이 각각 로우레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제2 및 제4게이트전압(Vg2, Vg4)이 각각 하이레벨을 갖고 제1 및 제3게이트전압(Vg1, Vg3)이 각각 로우레벨을 갖는다.
- [0058] 이에 따라, 제1구간(T1) 동안 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 각각 턴-온 및 턴-오프 되고 제2구간(T2) 동안 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 각각 턴-오프 및 턴-온 되고, 제1구간(T1) 동안 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 각각 턴-온 및 턴-오프 되고 제2구간(T2) 동안 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 각각 턴-오프 및 턴-온 되어, 고전압 배터리(Bh)에 의하여 저전압 배터리(B1)가 충전된다.
- [0059] 여기서, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 상보적(complementary)으로 스위칭 되고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 각각 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)에 동기(synchronization)하여 스위칭 된다.
- [0060] 도 3b에 도시한 바와 같이, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 역방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제3게이트전압(Vg3)이 하이레벨을 갖고 제2게이트전압(Vg2)이 로우레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제2게이트전압(Vg2)이 하이레벨을 갖고 제3게이트전압(Vg3)이 로우레벨을 갖고, 제3구간(T3) 동안 제4게이트전압(Vg4)이 하이레벨을 갖고, 제1 및 제2구간(T1, T2) 동안 제1게이트전압(Vg1)이 로우레벨을 갖는다.
- [0061] 이에 따라, 제1구간(T1) 동안 제3스위치(Q3)가 턴-온 되고, 제2구간(T2) 동안 제2스위치(Q2)가 턴-온 되고, 제3구간(T3) 동안 제4스위치(Q4)가 턴-온 되고, 제1 및 제2구간(T1, T2) 동안 제1스위치(Q1)가 턴-오프 상태를 유지하여, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전된다.
- [0062] 여기서, 제2 및 제3스위치(Q2, Q3)는 상보적(complementary)으로 스위칭 되고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 동일한 듀티비(duty ratio)와 180도의 위상차를 갖도록 스위칭 되고, 제1스위치(Q1)는 항상 턴-오프 상태로 유지된다.
- [0063] 그리고, 듀티비는 1주기에 대한 턴-온 구간의 비율일 수 있고, 제1구간(T1)의 폭과 제3구간(T3)의 폭은 서로 동일할 수 있다.
- [0064] 이와 같이, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 역방향 모드에서는, 제2, 제3 및 제4스위치(Q2, Q3, Q4)가 스위칭 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되므로, 동작하는 스위칭 소자의 개수가 증가하여 변압기 제어가 복잡해질 수 있다.
- [0065] 반면에, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)의 역방향 모드에서는, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)가 항상 턴-오프 상태로 유지되고 제3스위치(Q3)만 스위칭 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되므로, 동작하는 스위칭 소자의 개수가 감소되어 변압기 제어가 간소화 된다.
- [0066] 이러한 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)와 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 다수의 파형을 도면을 참조하여 설명한다.
- [0067] 도 4a 및 도 4b는 각각 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 다수의 파형을 도시한 도면이고, 도 5a 및 도 5b는 각각 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드 및 역방향 모드의 다수의 파형을 도시한 도면으로, 도 1 내지 도 3b를 함께 참조하여 설명한다.
- [0068] 도 4a 및 도 4b에서, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)는, 약 650V의 고

전압(Vh), 약 100kHz의 스위칭 주파수, 약 14V의 저전압(V1), 약 1 μ F의 클램핑커패시터(Cc), 약 100 μ H의 제1자화인덕터(Lm1), 약 100 μ H의 제2자화인덕터(Lm2), 약 18:1의 제1변압기(T1)의 권선비, 약 18:1의 제2변압기(T2)의 권선비를 갖는다.

- [0069] 도 4a에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)의 정방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제1 및 제3게이트전압(Vg1, Vg3)이 각각 약 1V의 하이레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제2 및 제4게이트전압(Vg2, Vg4)이 각각 약 1V의 하이레벨을 갖는다.
- [0070] 이에 따라, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 상보적(complementary)으로 스위칭 되고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 각각 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)에 동기(synchronization)하여 스위칭 되어, 고전압 배터리(Bh)의 약 650V의 고전압(Vh)에 의하여 저전압 배터리(B1)가 약 14V의 저전압(V1)으로 충전된다.
- [0071] 여기서, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 각각 제1 및 제2드레인전압(Vd1, Vd2)에 대응되는 약 1000V의 전압 스트레스를 갖는다.
- [0072] 도 4b에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)의 역방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제3게이트전압(Vg3)이 약 1V의 하이레벨을 갖는다.
- [0073] 이에 따라, 제3스위치(Q3)만 스위칭 되고, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)는 각각 항상 턴-오프 상태로 유지되어, 저전압 배터리(B1)의 약 14V의 저전압(V1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 약 650V의 고전압(Vh)으로 충전된다.
- [0074] 여기서, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 각각 제1 및 제2드레인전압(Vd1, Vd2)에 대응되는 약 1100V의 전압 스트레스를 갖고, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)는 역방향 모드에서 플라이백 컨버터(flyback converter)와 유사하게 동작한다.
- [0075] 반면에, 도 5a 및 도 5b에서, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)는, 약 650V의 고전압(Vh), 약 100kHz의 스위칭 주파수, 약 14V의 저전압(V1), 약 1 μ F의 클램핑커패시터(Cc), 약 100 μ H의 제1자화인덕터(Lm1), 약 100 μ H의 제2자화인덕터(Lm2), 약 18:1의 제1변압기(T1)의 권선비, 약 18:1의 제2변압기(T2)의 권선비를 갖는다.
- [0076] 도 5a에 도시한 바와 같이, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 정방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제1 및 제3게이트전압(Vg1, Vg3)이 각각 약 1V의 하이레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제2 및 제4게이트전압(Vg2, Vg4)이 각각 약 1V의 하이레벨을 갖는다.
- [0077] 이에 따라, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)가 상보적(complementary)으로 스위칭 되고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)가 각각 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)에 동기(synchronization)하여 스위칭 되어, 고전압 배터리(Bh)의 약 650V의 고전압(Vh)에 의하여 저전압 배터리(B1)가 약 14V의 저전압(V1)으로 충전된다.
- [0078] 여기서, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 각각 제1 및 제2드레인전압(Vd1, Vd2)에 대응되는 약 1000V의 전압 스트레스를 갖는다.
- [0079] 도 5b에 도시한 바와 같이, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 역방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제3게이트전압(Vg3)이 약 1V의 하이레벨을 갖고, 제2구간(T2) 동안 제2게이트전압(Vg2)이 약 1V의 하이레벨을 갖고, 제3구간(T3) 동안 제4게이트전압(Vg4)이 약 1V의 하이레벨을 갖는다.
- [0080] 이에 따라, 제2 및 제3스위치(Q2, Q3)는 상보적(complementary)으로 스위칭 되고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 동일한 듀티비(duty ratio)와 180도의 위상차를 갖도록 스위칭 되고, 제1스위치(Q1)는 항상 턴-오프 상태로 유지되어, 저전압 배터리(B1)의 약 14V의 저전압(V1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 약 650V의 고전압(Vh)으로 충전된다.
- [0081] 여기서, 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 각각 제1 및 제2드레인전압(Vd1, Vd2)에 대응되는 약 1250V의 전압 스트레스를 갖는다.
- [0082] 이와 같이, 비교예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터의 역방향 모드에서는, 제2, 제3 및 제4스위치(Q2, Q3, Q4)가 스위칭 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되므로, 동작하는 스위칭 소자의 개수가 증가하여 변압기 제어가 복잡해지고, 스위치 소자의 전압 스트레스가 증가할 수 있다.
- [0083] 반면에, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)의 역방향 모드에서는, 제1,

제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)가 항상 턴-오프 상태로 유지되고 제3스위치(Q3)만 스위칭 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되므로, 동작하는 스위칭 소자의 개수가 감소되어 변압기 제어가 간소화 되고, 스위치 소자의 전압 스트레스가 감소될 수 있다.

- [0084] 다른 실시예에서는 역방향 모드에서 스위치를 추가하여 클램핑 커패시터의 제2단자를 고전압 배터리에 연결할 수도 있는데, 이를 도면을 참조하여 설명한다.
- [0085] 도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터를 도시한 회로도이고, 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터의 역방향 모드의 다수의 신호를 도시한 파형도로써, 제1실시예와 동일한 부분에 대한 설명은 생략한다.
- [0086] 도 6에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터(210)는, 고전압 배터리(Bh)의 고전압(Vh)을 이용하여 저전압 배터리(B1)를 저전압(V1)으로 충전하는 정방향 모드로 동작하거나, 저전압 배터리(B1)의 저전압(V1)을 이용하여 고전압 배터리(Bh)를 고전압(Vh)으로 충전하는 역방향 모드로 동작한다.
- [0087] 이를 위하여, 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터(210)는, 제1 내지 제5스위치(Q1 내지 Q5), 스트레스저항(Rs), 클램핑커패시터(Cc), 누설인덕터(Lk), 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2), 제1 및 제2변압기(T1, T2)를 포함하는데, 제1, 제2 및 제5스위치(Q1, Q2, Q5), 스트레스저항(Rs), 클램핑커패시터(Cc), 누설인덕터(Lk), 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)는 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 1차측을 구성하고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 2차측을 구성한다.
- [0088] 제1 내지 제5스위치(Q1 내지 Q5)는 트랜지스터(transistor) 일 수 있다.
- [0089] 메인스위치인 제1스위치(Q1)는, 고전압 배터리(Bh)의 음극과 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제1게이트전압(Vg1)에 따라 고전압 배터리(Bh)와 제2자화인덕터(Lm2)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제1드레인전압(Vd1)이 인가되는 제1스위치(Q1)의 채널에는 제1드레인전류가 흐른다.
- [0090] 여기서, 턴-오프 상태의 제1스위치(Q1)의 제1드레인전압(Vd1)은 고전압(Vh)과 커패시터전압의 합으로 유지(clamping)된다.
- [0091] 보조스위치 또는 클램핑스위치인 제2스위치(Q2)는, 클램핑커패시터(Cc)와 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제2게이트전압(Vg2)에 따라 클램핑커패시터(Cc)와 제2자화인덕터(Lm2)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제2드레인전압(Vd2)이 인가되는 제2스위치(Q2)의 채널에는 제2드레인전류가 흐른다.
- [0092] 스트레스스위치인 제5스위치(Q5)는, 클램핑커패시터(Cc)와 고전압 배터리(Bh) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제5게이트전압(Vg5)에 따라 클램핑커패시터(Cc)와 고전압 배터리(Bh)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제5드레인전압이 인가되는 제5스위치(Q5)의 채널에는 제5드레인전류가 흐른다.
- [0093] 예를 들어, 제5스위치(Q5)가 네거티브(N) 타입 트랜지스터인 경우, 제5스위치(Q5)의 게이트는 제5게이트전압(Vg5)에 연결되고, 제5스위치(Q5)의 소스는 클램핑커패시터(Cc)의 제2단자에 연결되고, 제5스위치(Q5)의 드레인 은 스트레스저항(Rs)의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0094] 스트레스저항(Rs)은 제5스위치(Q5)와 고전압 배터리(Bh) 사이에 연결되고, 고전압(Vh)을 클램핑커패시터(Cc)의 제2단자에 전달한다.
- [0095] 예를 들어, 스트레스저항(Rs)의 제1단자는 고전압 배터리(Bh)의 양극에 연결되고, 스트레스저항(Rs)의 제2단자는 제5스위치(Q5)의 드레인에 연결될 수 있다.
- [0096] 클램핑커패시터(Cc)는, 누설인덕터(Lk)와 제2스위치(Q2) 사이에 연결되고, 누설인덕터(Lk)의 인덕터 에너지를 커패시터전압으로 저장하고, 저장된 커패시터전압에 대응되는 클램핑 에너지를 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)로 출력한다.
- [0097] 누설인덕터(Lk)는, 고전압 배터리(Bh) 및 클램핑커패시터(Cc)와 제1자화인덕터(Lm1) 사이에 연결되는데, 제1변압기(T1)의 1차측에 연결되어 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 누설(leakage) 자속에 따른 누설 에너지를 저장하거나 출력한다.

- [0098] 제1자화인덕터(Lm1)는, 누설인덕터(Lk)와 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되는데, 제1변압기(T1)의 1차측 제1 및 제2단자에 연결되어 제1변압기(T1)의 상호(mutual) 자속에 따른 자화 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0099] 제2자화인덕터(Lm2)는, 제1자화인덕터(Lm1)와 제1 및 제2스위치(Q1, Q2) 사이에 연결되는데, 제2변압기(T2)의 1차측 제1 및 제2단자에 연결되어 제2변압기(T2)의 상호(mutual) 자속에 따른 자화 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0100] 제1 및 제2변압기(T1, T2)는, 각각 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)와 제3 및 제4스위치(Q3, Q4) 사이에 연결되고, 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)에 저장된 자화 에너지를 상이한 변압기전압으로 변환하여 출력한다.
- [0101] 제3스위치(Q3)는, 제1변압기(T1)의 2차측과 저전압 배터리(B1)의 음극 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제3게이트전압(Vg3)에 따라 제1변압기(T1)와 저전압 배터리(B1)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제3드레인전압이 인가되는 제3스위치(Q3)의 채널에는 제3드레인전류(Id3)가 흐른다.
- [0102] 제4스위치(Q4)는, 제2변압기(T2)의 2차측과 저전압 배터리(B1)의 음극 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제4게이트전압(Vg4)에 따라 제2변압기(T2)와 저전압 배터리(B1)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제4드레인전압이 인가되는 제4스위치(Q4)의 채널에는 제4드레인전류(Id4)가 흐른다.
- [0103] 도 7에서, 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(210)는, 약 650V의 고전압(Vh), 약 100kHz의 스위칭 주파수, 약 14V의 저전압(V1), 약 1 μ F의 클램핑커패시터(Cc), 약 100 μ H의 제1자화인덕터(Lm1), 약 100 μ H의 제2자화인덕터(Lm2), 약 18:1의 제1변압기(T1)의 권선비, 약 18:1의 제2변압기(T2)의 권선비를 갖는다.
- [0104] 그리고, 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(210)의 정방향 모드에서는, 제5게이트전압(Vg5)이 항상 로우레벨을 갖고 제5스위치(Q5)가 항상 턴-오프 되어, 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(210)의 정방향 모드는 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)의 정방향 모드와 동일하게 동작한다.
- [0105] 도 7에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(210)의 역방향 모드에서는, 제1구간(T1) 동안 제3게이트전압(Vg3)이 약 1V의 하이레벨을 갖고, 제1 및 제2구간(T1, T2) 동안 제5게이트전압(Vg5)이 약 1V의 하이레벨을 갖는다.
- [0106] 이에 따라, 제3스위치(Q3)만 스위칭 되고, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)는 각각 항상 턴-오프 상태로 유지되고, 제5스위치(Q5)는 항상 턴-온 상태로 유지되어, 저전압 배터리(B1)의 약 14V의 저전압(V1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 약 650V의 고전압(Vh)으로 충전된다.
- [0107] 여기서, 제5스위치(Q5) 및 스트레스저항(Rs)에 의하여 제1 및 제2스위치(Q1, Q2)는 각각 제1 및 제2드레인전압(Vd1, Vd2)에 대응되는 약 1000V의 전압 스트레스를 갖고, 본 발명의 제1실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(110)는 역방향 모드에서 플라이백 컨버터(flyback converter)와 유사하게 동작한다.
- [0108] 이와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(210)의 역방향 모드에서는, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)가 항상 턴-오프 상태로 유지되고 제5스위치(Q5)가 항상 턴-온 상태로 유지되고 제3스위치(Q3)만 스위칭 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되므로, 동작하는 스위칭 소자의 개수가 감소되어 변압기 제어의 간소화 되고, 스위칭 소자의 전압 스트레스가 감소될 수 있다.
- [0109] 또 다른 실시예에서는 역방향 모드에서 스위치를 추가하여 클램핑 커패시터의 제2단자를 고전압 배터리에 연결할 수도 있는데, 이를 도면을 참조하여 설명한다.
- [0110] 도 8은 본 발명의 제3실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터를 도시한 회로도로서, 제1 및 제2실시예와 동일한 부분에 대한 설명은 생략한다.
- [0111] 도 8에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(310)는, 고전압 배터리(Bh)의 고전압(Vh)을 이용하여 저전압 배터리(B1)를 저전압(V1)으로 충전하는 정방향 모드로 동작하거나, 저전압 배터리(B1)의 저전압(V1)을 이용하여 고전압 배터리(Bh)를 고전압(Vh)으로 충전하는 역방향 모드로 동작한다.
- [0112] 이를 위하여, 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(310)는, 제1 내지 제5스위치(Q1 내지 Q5), 스트레스저항(Rs), 클램핑커패시터(Cc), 누설인덕터(Lk), 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2), 제1 및 제2변압기(T1, T2)를 포함하는데, 제1, 제2 및 제5스위치(Q1, Q2, Q5), 스트레스저항(Rs), 클램핑커패시터(Cc), 누설인덕터(Lk), 제1

및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)는 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 1차측을 구성하고, 제3 및 제4스위치(Q3, Q4)는 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 2차측을 구성한다.

- [0113] 제1 내지 제5스위치(Q1 내지 Q5)는 트랜지스터(transistor) 일 수 있다.
- [0114] 메인스위치인 제1스위치(Q1)는, 고전압 배터리(Bh)의 음극과 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제1게이트전압(Vg1)에 따라 고전압 배터리(Bh)와 제2자화인덕터(Lm2)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제1드레인전압(Vd1)이 인가되는 제1스위치(Q1)의 채널에는 제1드레인전류가 흐른다.
- [0115] 여기서, 턴-오프 상태의 제1스위치(Q1)의 제1드레인전압(Vd1)은 고전압(Vh)과 커패시터전압의 합으로 유지(clamping)된다.
- [0116] 보조스위치 또는 클램핑스위치인 제2스위치(Q2)는, 클램핑커패시터(Cc)와 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제2게이트전압(Vg2)에 따라 클램핑커패시터(Cc)와 제2자화인덕터(Lm2)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제2드레인전압(Vd2)이 인가되는 제2스위치(Q2)의 채널에는 제2드레인전류가 흐른다.
- [0117] 스트레쓰스위치인 제5스위치(Q5)는, 클램핑커패시터(Cc)와 고전압 배터리(Bh) 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제5게이트전압(Vg5)에 따라 클램핑커패시터(Cc)와 고전압 배터리(Bh)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제5드레인전압이 인가되는 제5스위치(Q5)의 채널에는 제5드레인전류가 흐른다.
- [0118] 예를 들어, 제5스위치(Q5)가 네거티브(N) 타입 트랜지스터인 경우, 제5스위치(Q5)의 게이트는 제5게이트전압(Vg5)에 연결되고, 제5스위치(Q5)의 소스는 고전압 배터리(Bh)의 음극에 연결되고, 제5스위치(Q5)의 드레인은 클램핑커패시터(Cc)의 제2단자에 연결될 수 있다.
- [0119] 스트레쓰저항(Rs)은 제5스위치(Q5)와 클램핑커패시터(Cc) 사이에 연결되고, 고전압(Vh)을 클램핑커패시터(Cc)의 제2단자에 전달한다.
- [0120] 예를 들어, 스트레쓰저항(Rs)의 제1단자는 제5스위치(Q5)의 드레인에 연결되고, 스트레쓰저항(Rs)의 제2단자는 고전압 배터리(Bh)의 음극에 연결될 수 있다.
- [0121] 클램핑커패시터(Cc)는, 누설인덕터(Lk)와 제2스위치(Q2) 사이에 연결되고, 누설인덕터(Lk)의 인덕터 에너지를 커패시터전압으로 저장하고, 저장된 커패시터전압에 대응되는 클램핑 에너지를 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)로 출력한다.
- [0122] 누설인덕터(Lk)는, 고전압 배터리(Bh) 및 클램핑커패시터(Cc)와 제1자화인덕터(Lm1) 사이에 연결되는데, 제1변압기(T1)의 1차측에 연결되어 제1 및 제2변압기(T1, T2)의 누설(leakage) 자속에 따른 누설 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0123] 제1자화인덕터(Lm1)는, 누설인덕터(Lk)와 제2자화인덕터(Lm2) 사이에 연결되는데, 제1변압기(T1)의 1차측 제1 및 제2단자에 연결되어 제1변압기(T1)의 상호(mutual) 자속에 따른 자화 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0124] 제2자화인덕터(Lm2)는, 제1자화인덕터(Lm1)와 제1 및 제2스위치(Q1, Q2) 사이에 연결되는데, 제2변압기(T2)의 1차측 제1 및 제2단자에 연결되어 제2변압기(T2)의 상호(mutual) 자속에 따른 자화 에너지를 저장하거나 출력한다.
- [0125] 제1 및 제2변압기(T1, T2)는, 각각 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)와 제3 및 제4스위치(Q3, Q4) 사이에 연결되고, 제1 및 제2자화인덕터(Lm1, Lm2)에 저장된 자화 에너지를 상이한 변압기전압으로 변환하여 출력한다.
- [0126] 제3스위치(Q3)는, 제1변압기(T1)의 2차측과 저전압 배터리(B1)의 음극 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제3게이트전압(Vg3)에 따라 제1변압기(T1)와 저전압 배터리(B1)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제3드레인전압이 인가되는 제3스위치(Q3)의 채널에는 제3드레인전류(Id3)가 흐른다.
- [0127] 제4스위치(Q4)는, 제2변압기(T2)의 2차측과 저전압 배터리(B1)의 음극 사이에 연결되고, 게이트 및 소스 사이의 제4게이트전압(Vg4)에 따라 제2변압기(T2)와 저전압 배터리(B1)의 전기적 연결을 스위칭 하며, 드레인 및 소스 사이의 제4드레인전압이 인가되는 제4스위치(Q4)의 채널에는 제4드레인전류(Id4)가 흐른다.
- [0128] 본 발명의 제3실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(310)의 정방향 모드 및 역방향 모드는 각각 본 발명의 제2실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 포워드 컨버터(210)의 정방향 모드 및 역방향 모드와 동일

하게 동작한다.

[0129] 이와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터(310)의 역방향 모드에서는, 제1, 제2 및 제4스위치(Q1, Q2, Q4)가 항상 턴-오프 상태로 유지되고 제5스위치(Q5)가 항상 턴-온 상태로 유지되고 제3스위치(Q3)만 스위칭 되어, 저전압 배터리(B1)에 의하여 고전압 배터리(Bh)가 충전되므로, 동작하는 스위칭 소자의 개수가 감소되어 변압기 제어가 간소화 되고, 스위칭 소자의 전압 스트레스가 감소될 수 있다.

[0130] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0131] 110: 2 변압기 액티브 클램프 파워드 컨버터

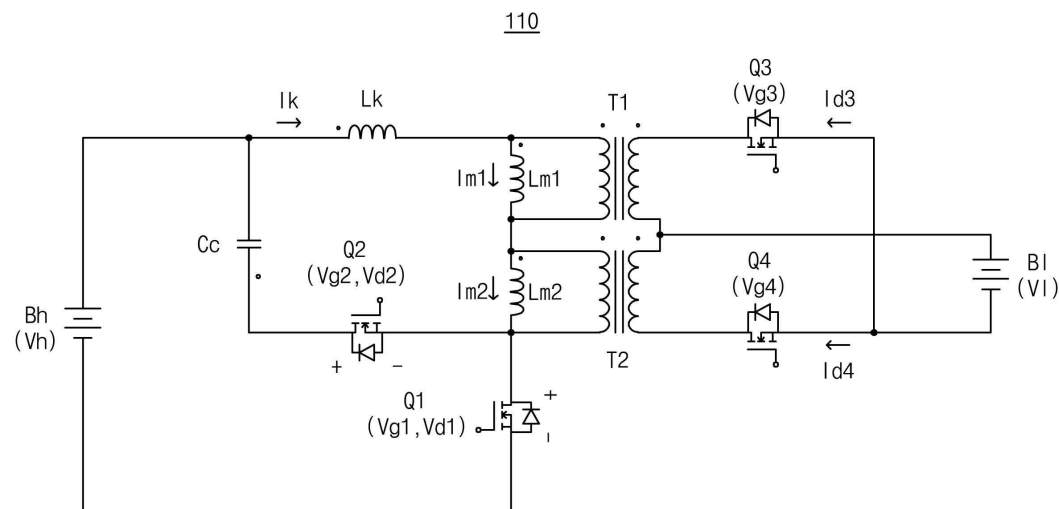
Bh: 고전압 배터리 B1: 저전압 배터리

Q1 내지 Q4: 제1 내지 제4스위치 Cc: 클램핑커패시터 Lk: 누설인덕터 Lm1, Lm2: 제1, 제2자화인덕터

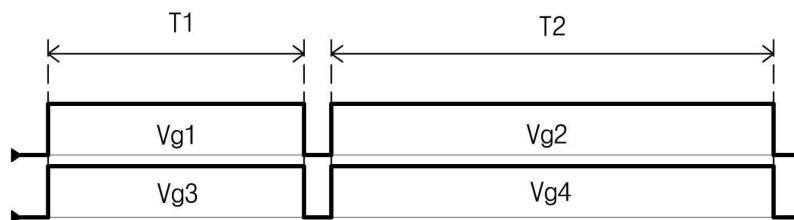
T1, T2: 제1, 제2변압기

도면

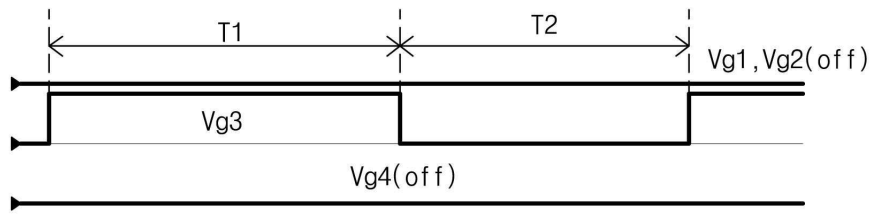
도면1



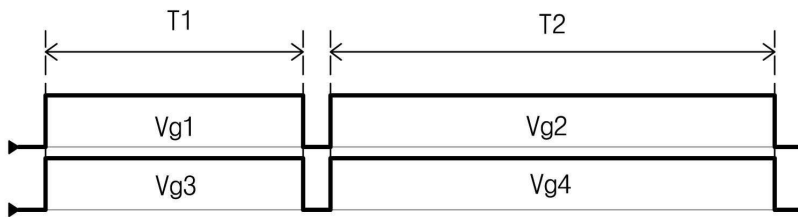
도면2a



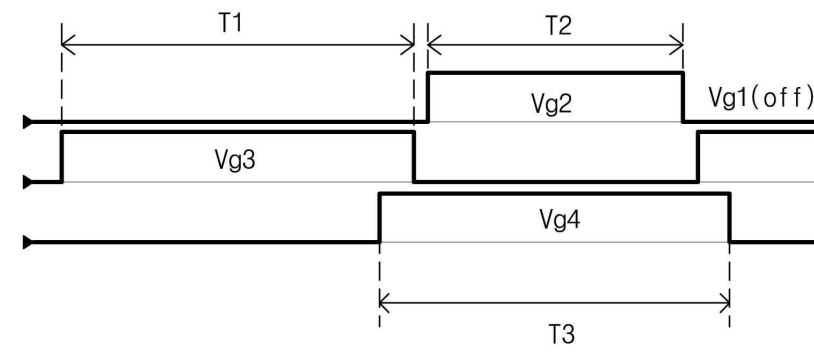
도면2b



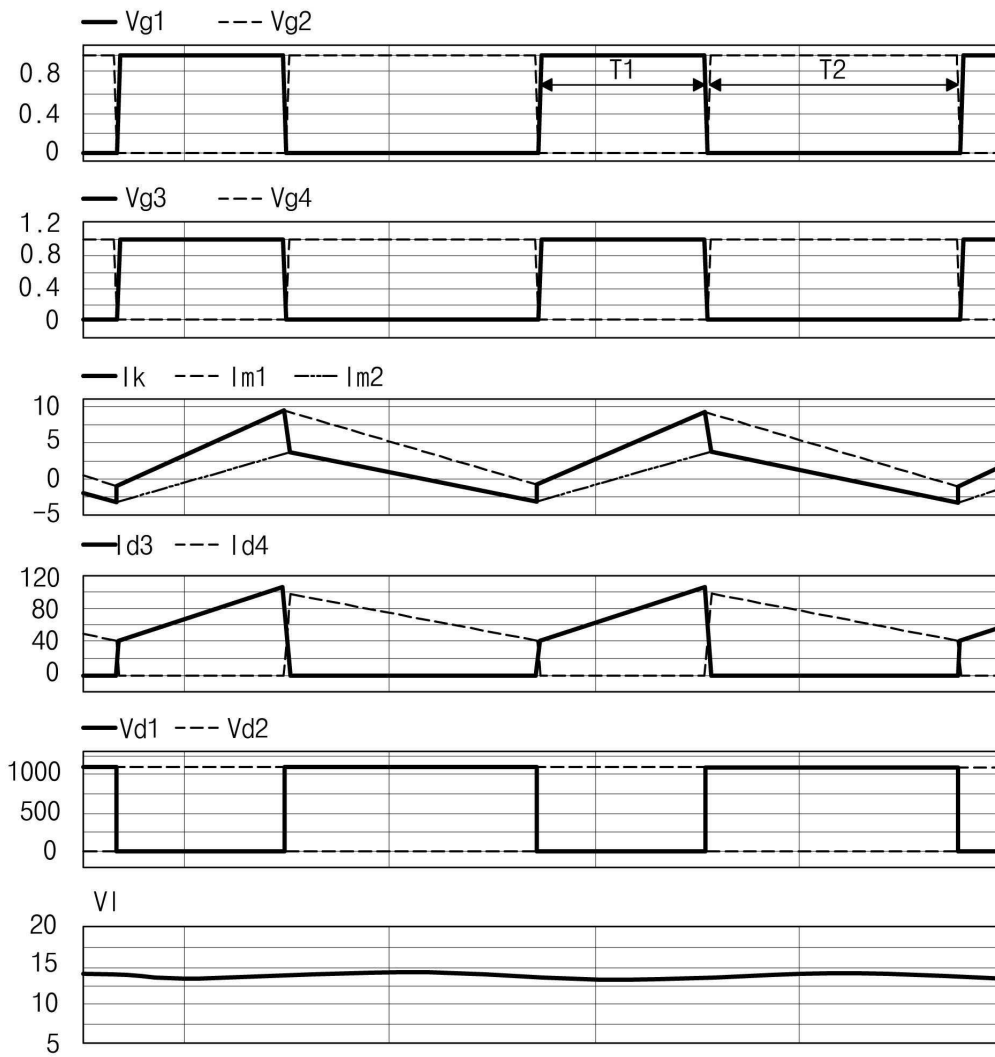
도면3a



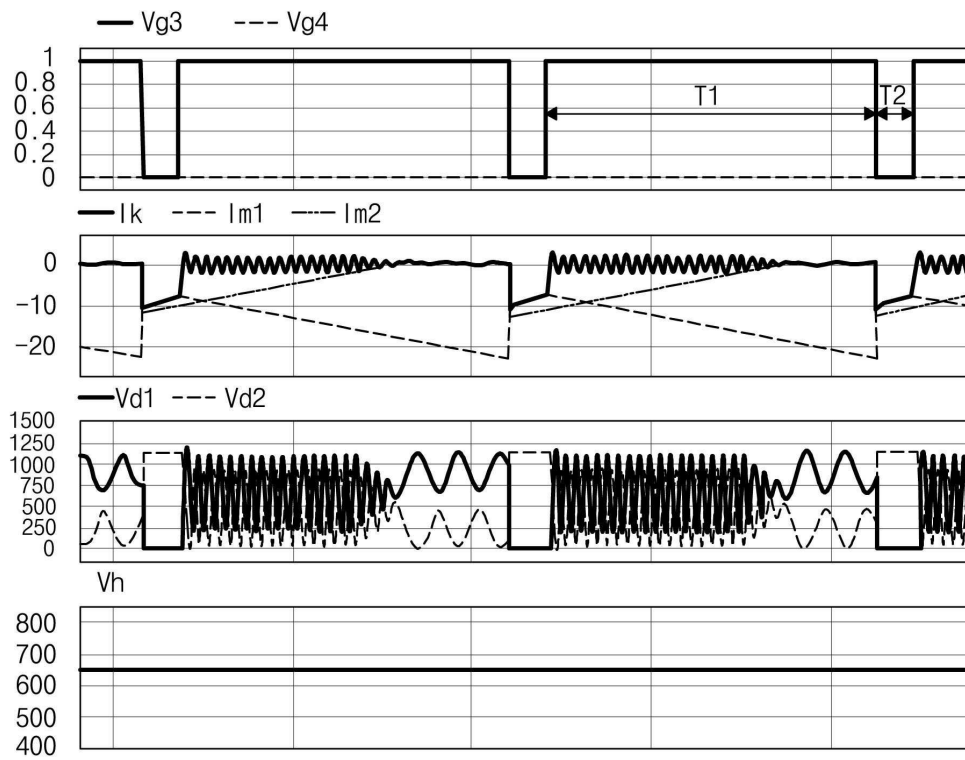
도면3b



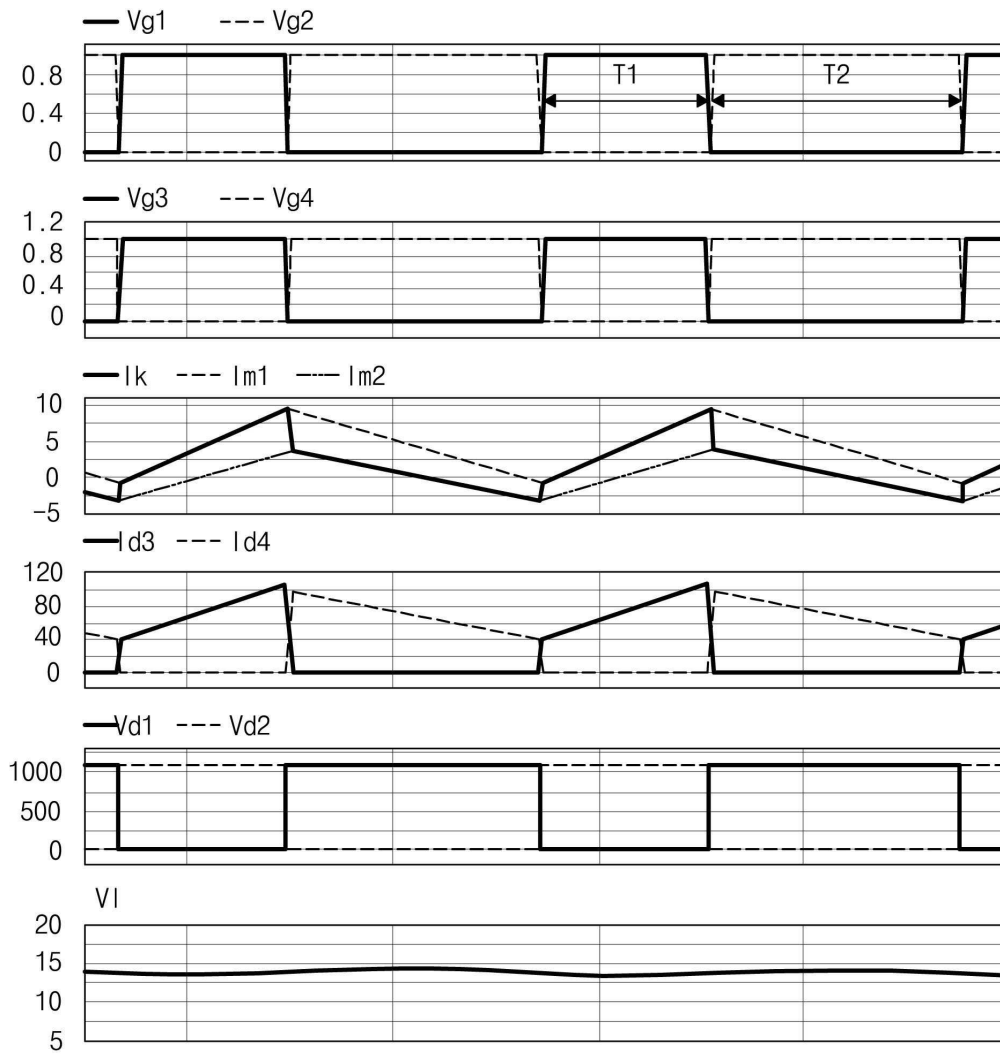
도면4a



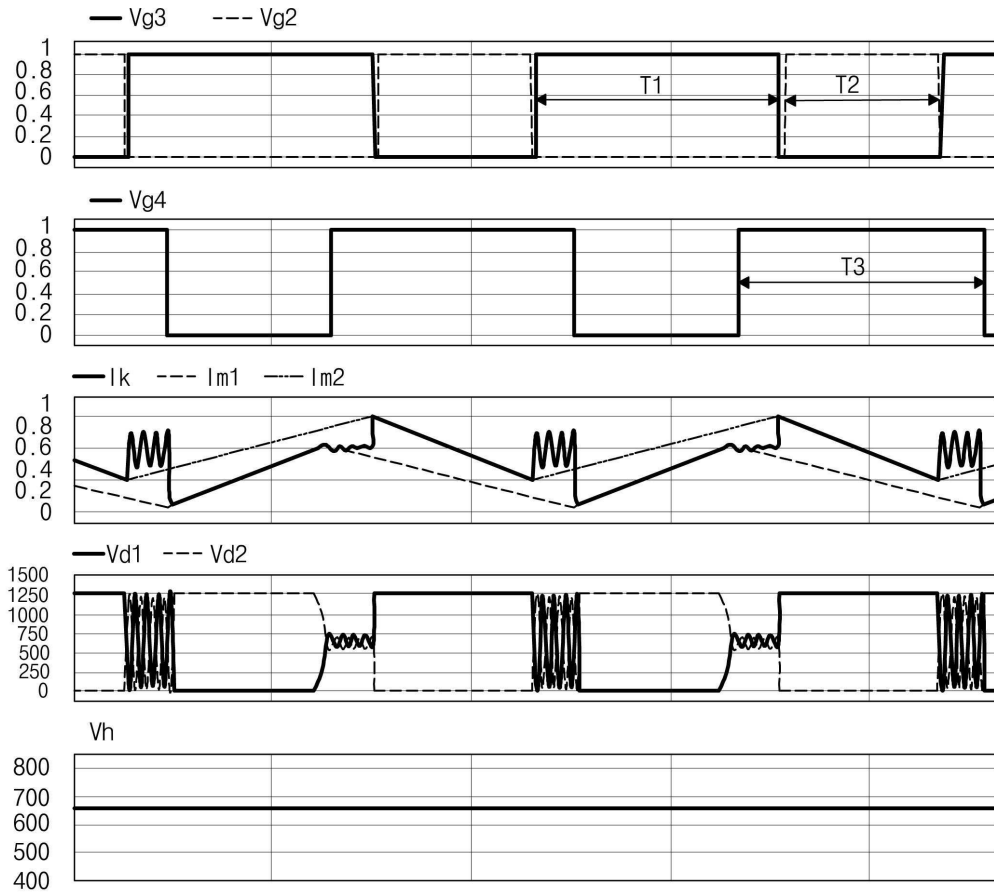
도면4b



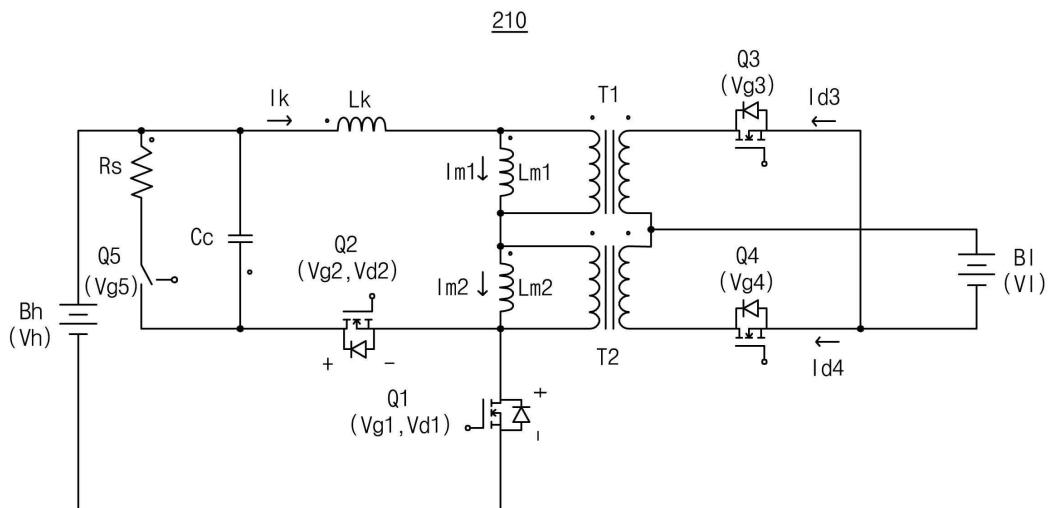
도면5a



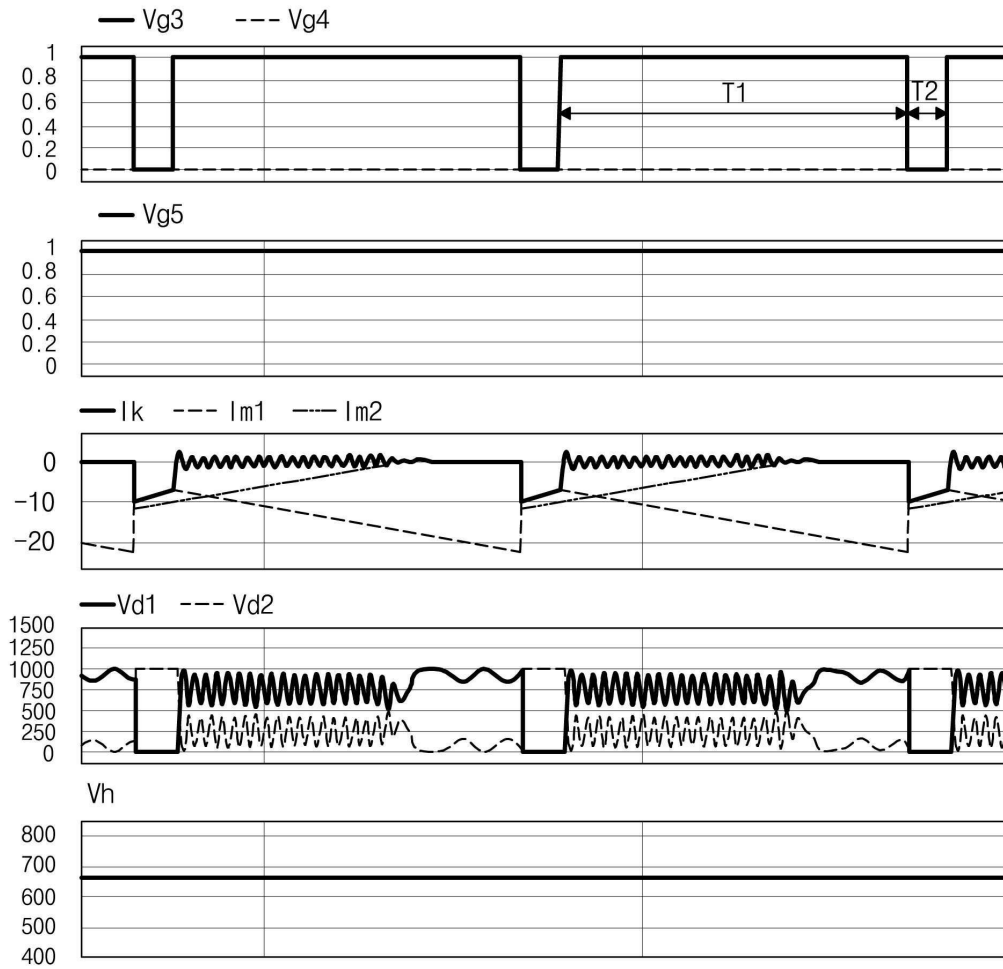
도면5b



도면6



도면7



도면8

