



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0101636
(43) 공개일자 2019년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/335 (2006.01) H02M 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/33592 (2013.01)
H02M 1/083 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0021857
(22) 출원일자 2018년02월23일
심사청구일자 2018년02월23일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김재국
인천광역시 남동구 소래역남로 39,501동 1802호
(논현동, 에코메트로5단지한화꿈에그린아파트)
이승훈
대구광역시 달서구 학산로2길 24, 102동 1301호
(월성동, 월성청구아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

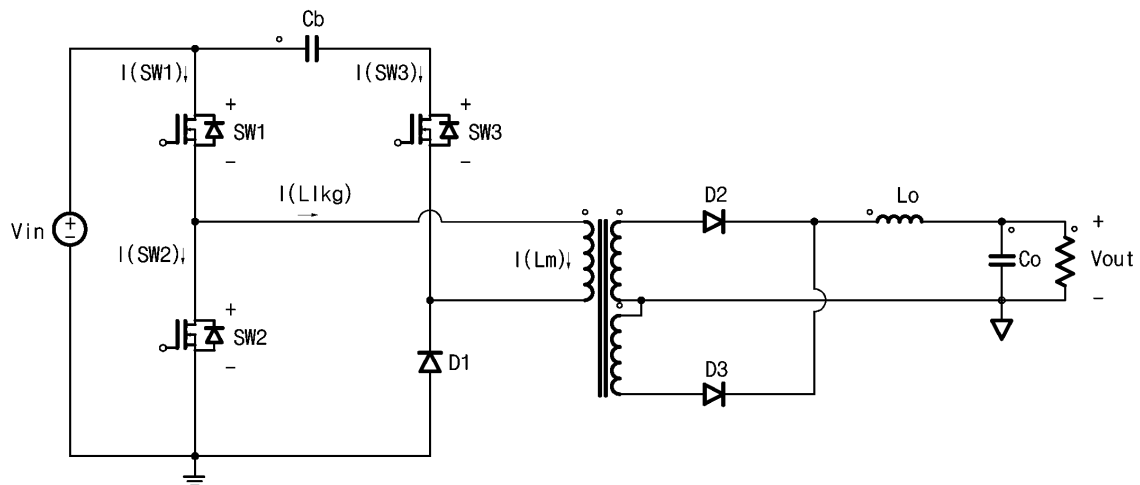
(54) 발명의 명칭 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터

(57) 요약

본 발명은 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 입력 전압이 인가되는 전원 입력부와, 상기 전원 입력부의 제1 및 제2 단 사이에 직렬 연결되며, 상호 비대칭 제어되는 제1 및 제2 스위치와, 제1 단이 상기 전원 입력부의 제1 단에 연결되는 커패시터와, 애노드가 상기 전원 입력부의 제2 단에 연

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5



결된 제1 다이오드와, 상기 커패시터의 제2 단과 상기 제1 다이오드의 캐소드 사이에 연결된 제3 스위치와, 상기 제1 및 제2 스위치 간 접점과 상기 캐소드 사이에 연결되고 상기 제1 내지 제3 스위치 중 적어도 하나에 의해 스위칭된 전압이 입력되는 1차측 코일, 그리고 입력된 전압을 변압하여 출력하는 2차측 코일을 구비한 변압기, 및 상기 제1 내지 제3 스위치의 온오프 동작을 제어하되 상기 제1 및 제2 스위치를 비대칭 제어하는 제어부를 포함하는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터를 제공한다.

본 발명에 의하면, 비대칭 하프 브리지 컨버터의 DC 오프셋을 감소시켜 변압기의 크기 및 전력 손실을 감소시키는 물론 전력 밀도 및 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류

Y02B 70/1491 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415151812

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 에너지인력양성(전력기금)

연구과제명 차세대 고분자전해질연료전지 부품소재 핵심기술 고급트랙

기 여 율 1/2

주관기관 인하대학교산학협력단

연구기간 2017.04.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711053264

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(미래부)

연구과제명 다양한 신재생 에너지를 입력으로 갖는 동시 전력 전달이 가능한 다중 입력 전력 변환 회

로 연구

기 여 율 1/2

주관기관 인하대학교

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

입력 전압이 인가되는 전원 입력부;

상기 전원 입력부의 제1 및 제2 단 사이에 직렬 연결되며, 상호 비대칭 제어되는 제1 및 제2 스위치;

제1 단이 상기 전원 입력부의 제1 단에 연결되는 커패시터;

애노드가 상기 전원 입력부의 제2 단에 연결된 제1 다이오드;

상기 커패시터의 제2 단과 상기 제1 다이오드의 캐소드 사이에 연결된 제3 스위치;

상기 제1 및 제2 스위치 간 접점과 상기 캐소드 사이에 연결되고 상기 제1 내지 제3 스위치 중 적어도 하나에 의해 스위칭된 전압이 입력되는 1차측 코일, 그리고 입력된 전압을 변압하여 출력하는 2차측 코일을 구비한 변압기; 및

상기 제1 내지 제3 스위치의 온오프 동작을 제어하되 상기 제1 및 제2 스위치를 비대칭 제어하는 제어부를 포함하는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 및 제2 스위치를 비대칭 제어하되, 상기 제1 및 제3 스위치가 동시 턴온된 시간 길이(T1)와 상기 제2 및 제3 스위치가 동시 턴온된 시간 길이(T2)가 같도록 상기 제3 스위치의 턴온 시간을 제어하는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 및 제2 스위치 간 데드 타임(dead time)을 가지도록 상기 제1 및 제2 스위치를 상기 비대칭 제어하는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제어부의 제어에 따라, 상기 제1 및 제3 스위치만 턴온되는 제1 모드, 상기 제2 및 제3 스위치만 턴온되는 제2 모드, 그리고 상기 제2 스위치만 턴온되는 제3 모드가 순차적으로 진행되는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1 모드일 때, 상기 제1 스위치, 상기 1차측 코일, 상기 제3 스위치 및 상기 커패시터를 포함하는 전류 경로가 생성되어, 상기 제1 및 제3 스위치에 의해 스위칭된 전압이 변압 출력되는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 제2 모드일 때, 상기 제2 스위치, 상기 전원 입력부, 상기 캐패시터, 상기 제3 스위치 및 상기 1차측 코일을 포함하는 전류 경로가 생성되어, 상기 제2 및 제3 스위치에 의해 스위칭된 전압이 변압 출력되는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 제3 모드일 때, 상기 제2 스위치, 상기 제1 다이오드 및 상기 1차측 코일을 포함하는 전류 경로가 생성되어, 상기 제2 스위치에 의해 스위칭된 전압이 변압 출력 되는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 8

청구항 4에 있어서,

상기 입력 전압은 460V 내지 820V의 크기를 가지는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 제1 내지 제3 스위치는 인가되는 전압의 크기가 0V가 되면 턴온되는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

청구항 10

청구항 1 또는 청구항 4에 있어서,

애노드가 상기 2차측 코일의 제1 단과 연결된 제2 다이오드;

애노드가 상기 2차측 코일의 제2 단과 연결되고 캐소드가 상기 제2 다이오드의 캐소드와 연결된 제3 다이오드;

제1 단이 상기 제2 다이오드의 캐소드와 연결된 인덕터; 및

제1 단이 상기 인덕터의 제2 단과 연결되고, 제2 단이 상기 2차측 코일의 제1 및 제2 단 사이 형성된 제3 단(tap)과 연결된 부하 캐패시터를 더 포함하는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 비대칭 하프 브리지 컨버터의 DC 오프셋을 감소시켜 전력 밀도 및 효율을 높일 수 있는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 네트워크 및 전기 통신의 성장과 함께 네트워크와 전기 통신 서버를 위한 Power System의 중요성이 점점 주목받고 있다. 서버 시스템의 에너지 소비는 IT 장치들의 전체 에너지 소비 중에서 매우 큰 비중을 차지한다. 또한 서버 시스템의 전력 손실(Power Loss) 중에 전력 변환 손실(Power Conversion Loss)이 큰 비중을 차지한다.

[0003] 따라서 Server Power Supply 시장에서 전력 변환 효율이 중요시되고 있으며, 이를 위해 고효율의 컨버터(Converter)들이 Server Power Supply의 DC-DC 단에 제안되고 있다.

[0004] 그 중에서 비대칭 하프 브리지 컨버터(AHB Converter; Asymmetric Half Bridge Converter)가 주목받고 있다. 그 이유는 AHB Converter는 적은 소자 수로 구현되고, 간단한 제어 및 스위치들의 영전압 스위칭(ZVS; Zero Voltage Switching)이 가능하며, 1차측 스위치들의 전압 스트레스를 입력 전압만큼 가지는 장점이 있기 때문이다.

[0005] 하지만, AHB Converter의 가장 큰 단점은 비대칭 동작으로 인해 Transformer(변압기)의 DC Offset 전류가 매우 크다는 것이다. Transformer의 큰 DC Offset 전류는 Transformer의 크기 및 Power Loss를 증가시키며, 전력 밀

도 및 전력 변환 효율을 감소시킨다.

- [0006] 도 1은 종래의 비대칭 하프 브리지 컨버터의 구조를 나타낸 도면이다. 도 1에서 컨버터의 1차측은 입력 전압(V_{in})이 인가되는 입력단, 제1 및 제2 스위치(SW1, SW2), 캐패시터(C_b)로 이루어지고, 2차측은 제1 및 제2 다이오드(D1, D2), 인덕터(L_o), 캐패시터(C_o), 부하(R)로 구성된다. 도 1의 구조에 따르면, 1차측이 적은 소자 수로 구성되고, 스위치(SW1, SW2)의 전압 스트레스가 낮으며, 간단한 제어 및 영전압 스위칭이 가능한 장점이 있다.
- [0007] 비대칭 제어는 하프 브리지 컨버터의 두 스위치의 듀티비를 비대칭으로 제어하는 방식으로, SW1 및 SW2는 각각 D 및 1-D의 듀티비를 가지며 서로 상보적으로 턴온 및 턴오프되는 구조를 가진다. 따라서, 도 1의 1차측 회로에서, SW1이 온 상태일 때 SW2이 오프 상태이고, SW1이 오프 상태일 때 SW2는 온 상태를 가지며, SW1과 SW2의 듀티비가 비대칭 제어되므로 SW1의 듀티비가 D이면 SW2의 듀티비가 1-D이 된다.
- [0008] 도 2는 도 1의 동작을 설명하는 도면이다. 도 2에서 실선은 제1 스위치(SW1)만 턴 온되었을 때의 전류 흐름을 나타내고, 점선은 제2 스위치(SW2)만 턴온 되었을 때의 전류 흐름을 나타낸다. SW1의 턴 온 시에 SW1에 의해 스위칭된 전압이 Transformer에서 변압되어 부하로 전달되고, 마찬가지로 SW2의 턴 온 시에 SW2에 의해 스위칭된 전압이 Transformer에서 변압되어 부하로 전달된다.
- [0009] 도 3 및 도 4는 도 1에서 입력 전압이 각각 460V 및 820V일 때의 동작 파형을 나타낸 도면이다.
- [0010] 먼저, 도 3은 $V_{in}=460V$, 스위칭 주파수=100kHz, $V_{out}=14V$, $C_b=450nF$, $L_m=800\mu H$, $L_o=0.7\mu H$, $C_o=100\mu F$, Turns ratio=14:1일 때 주요 파형을 나타낸다. 여기서, L_m 은 Transformer의 1차측 코일에 대한 등가 인덕터를 나타내고, Turns ratio는 턴비를 나타낸다.
- [0011] PWM_SW1, PWM_SW2는 각각 SW1, SW2의 gate 파형이며, V_{SW1} , V_{SW2} 는 SW1과 SW2에 인가된 전압 파형, $I(SW1)$, $I(SW2)$ 는 SW1과 SW2의 전류 파형이다.
- [0012] SW1, SW2의 gate, 전압, 전류 파형을 보면, 두 스위치 SW1, SW2는 6:4의 듀티비로 서로 비대칭 동작하는 것을 알 수 있다. 또한, 모든 스위치는 0V 인가 시에 턴 온되는데, 즉 영전압 스위칭(Zero Voltage Switching) 함을 알 수 있다.
- [0013] $I(L_{lk})$ 는 Transformer의 Leakage Inductor에 흐르는 전류이며, $I(L_m)$ 과 $AVG(I(L_m))$ 은 각각 L_m 의 전류 파형과 Transformer의 DC Offset 전류 파형이다. 직류 오프셋인 $AVG(I(L_m))$ 은 $I(L_m)$ 의 평균값을 나타낸다.
- [0014] $AVG(I(L_m))$ 파형을 보면, Transformer의 DC Offset 전류가 0.62A 임을 알 수 있다. 그리고, V_{out} 은 출력 전압 파형으로 14V가 출력됨을 알 수 있다.
- [0015] 도 4는 $V_{in}=820V$, 스위칭 주파수=100kHz, $V_{out}=14V$, $C_b=450nF$, $L_m=800\mu H$, $L_o=0.7\mu H$, $C_o=100\mu F$, Turnsratio=14:1일 때 주요 파형을 나타낸다. 이러한 도 4의 경우 입력 전압(V_{in})만 도 3과 상이하하며, 소자들의 값과 컨버터의 최종 출력 전압(V_{out})은 앞서 도 3과 동일하다.
- [0016] SW1, SW2의 gate, 전압, 전류 파형을 보면, 두 스위치 SW1, SW2는 9:1의 듀티비로 비대칭 동작하는 것을 알 수 있으며, 모든 스위치는 0V 인가 시에 턴 온 즉, 영전압 스위칭 함을 알 수 있다. 또한, gate 파형을 보면, 두 스위치 SW1, SW2는 도 3에서보다 더 비대칭 동작하는 것을 알 수 있는데, 이는 입력 전압이 높을수록 비대칭 정도가 커짐을 의미한다.
- [0017] $AVG(I(L_m))$ 파형을 보면 Transformer의 DC Offset 전류가 4.69A 임을 알 수 있다. V_{out} 은 출력 전압 파형이며, 앞서와 마찬가지로 14V가 출력됨을 알 수 있다.
- [0018] 도 3과 도 4의 파형의 예로부터, 입력 전압 범위를 460~820 V로 가정할 때 모든 입력 전압 범위에서 스위치들이 영전압 스위칭하고 있으며, 입력 전압이 클수록 SW1과 SW2 동작이 더욱 더 비대칭적임을 확인할 수 있다.
- [0019] 또한, 비대칭 정도가 커질수록 Transformer의 DC Offset이 커짐을 알 수 있다. 하지만, Transformer의 DC Offset 증가는 Transformer의 크기를 증가시켜 전력 밀도를 감소시키며, Transformer의 전체 Power Loss를 증가시켜 효율을 감소시키는 문제가 있다.
- [0020] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제2007-0120265호(2007.12.24 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0021] 본 발명은, 비대칭 하프 브리지 컨버터의 DC 오프셋을 감소시켜 전력 밀도 및 효율을 높일 수 있는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0022] 본 발명은, 입력 전압이 인가되는 전원 입력부와, 상기 전원 입력부의 제1 및 제2 단 사이에 직렬 연결되며, 상호 비대칭 제어되는 제1 및 제2 스위치와, 제1 단이 상기 전원 입력부의 제1 단에 연결되는 커패시터와, 애노드가 상기 전원 입력부의 제2 단에 연결된 제1 다이오드와, 상기 커패시터의 제2 단과 상기 제1 다이오드의 캐소드 사이에 연결된 제3 스위치와, 상기 제1 및 제2 스위치 간 접점과 상기 캐소드 사이에 연결되고 상기 제1 내지 제3 스위치 중 적어도 하나에 의해 스위칭된 전압이 입력되는 1차측 코일, 그리고 입력된 전압을 변압하여 출력하는 2차측 코일을 구비한 변압기, 및 상기 제1 내지 제3 스위치의 온오프 동작을 제어하되 상기 제1 및 제2 스위치를 비대칭 제어하는 제어부를 포함하는 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터를 제공한다.

[0023] 또한, 상기 제어부는, 상기 제1 및 제2 스위치를 비대칭 제어하되, 상기 제1 및 제3 스위치가 동시 턴온된 시간 길이(T1)와 상기 제2 및 제3 스위치가 동시 턴온된 시간 길이(T2)가 같도록 상기 제3 스위치의 턴온 시간을 제어할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 제어부는, 상기 제1 및 제2 스위치 간 데드 타임(dead time)을 가지도록 상기 제1 및 제2 스위치를 상호 비대칭 제어할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 제어부의 제어에 따라, 상기 제1 및 제3 스위치만 턴온되는 제1 모드, 상기 제2 및 제3 스위치만 턴온되는 제2 모드, 그리고 상기 제2 스위치만 턴온되는 제3 모드가 순차적으로 진행될 수 있다.

[0026] 또한, 상기 제1 모드일 때, 상기 제1 스위치, 상기 1차측 코일, 상기 제3 스위치 및 상기 커패시터를 포함하는 전류 경로가 생성되어, 상기 제1 및 제3 스위치에 의해 스위칭된 전압이 변압 출력될 수 있다.

[0027] 또한, 상기 제2 모드일 때, 상기 제2 스위치, 상기 전원 입력부, 상기 커패시터, 상기 제3 스위치 및 상기 1차측 코일을 포함하는 전류 경로가 생성되어, 상기 제2 및 제3 스위치에 의해 스위칭된 전압이 변압 출력될 수 있다.

[0028] 또한, 상기 제3 모드일 때, 상기 제2 스위치, 상기 제1 다이오드 및 상기 1차측 코일을 포함하는 전류 경로가 생성되어, 상기 제2 스위치에 의해 스위칭된 전압이 변압 출력될 수 있다.

[0029] 또한, 상기 입력 전압은 460V 내지 820V의 크기를 가질 수 있다.

[0030] 또한, 상기 제1 내지 제3 스위치는 인가되는 전압의 크기가 0V가 되면 턴온될 수 있다.

[0031] 또한, 상기 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터는, 애노드가 상기 2차측 코일의 제1 단과 연결된 제2 다이오드와, 애노드가 상기 2차측 코일의 제2 단과 연결되고 캐소드가 상기 제2 다이오드의 캐소드와 연결된 제3 다이오드와, 제1 단이 상기 제2 다이오드의 캐소드와 연결된 인덕터, 및 제1 단이 상기 인덕터의 제2 단과 연결되고, 제2 단이 상기 2차측 코일의 제1 및 제2 단 사이 형성된 제3 단(tap)과 연결된 부하 커패시터를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명에 의하면, 비대칭 하프 브리지 컨버터의 DC 오프셋을 감소시켜 변압기의 크기 및 전력 손실을 감소시키는 물론 전력 밀도 및 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 종래의 비대칭 하프 브리지 컨버터의 구조를 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1의 동작을 설명하는 도면이다.

도 3 및 도 4는 도 1에서 입력 전압이 각각 460V 및 820V일 때의 동작 파형을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터의 구조를 나타낸 도면이다.

도 6은 도 5의 회로를 등가적으로 나타낸 도면이다.

도 7은 도 6의 동작을 설명하는 도면이다.

도 8 및 도 9는 도 5의 입력 전압이 각각 460V 및 820V일 때의 스위칭 신호를 나타낸 도면이다.

도 10 및 도 11은 도 5의 입력 전압이 각각 460V 및 820V일 때의 동작 파형을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0035] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0036] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 영전압 스위칭이 가능한 하프 브리지 컨버터의 구조를 나타낸 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 하프 브리지 컨버터는 변압기(Transformer)의 1차측과 2차측 회로, 그리고 1차측의 스위치를 제어하기 위한 제어부(미도시)를 포함한다.
- [0037] 변압기의 1차측 회로는 입력 전원(Vin), 제1 내지 제3 스위치(SW1, SW2, SW3), 커패시터(Cb), 그리고 제1 다이오드(D1)를 포함하고, 2차측 회로는 제2 및 제3 다이오드(D2, D3), 인덕터(Lo), 부하 커패시터(Co)를 포함한다.
- [0038] 전원 입력부에 인가되는 입력 전압(Vin)은 직류 전압 또는 정류된 전압에 해당할 수 있다.
- [0039] 제1 스위치(SW1) 및 제2 스위치(SW2)는 전원 입력부의 제1 단(+ 단) 및 제2 단(- 단) 사이에 직렬 연결된다. 여기서, 제1 스위치(SW1)의 제1 단(드레인 단)은 전원 입력부의 제1 단(+ 단)과 연결되고, 제2 스위치(SW2)의 제2 단(소스 단)은 전원 입력부의 제2 단(- 단)과 연결된다.
- [0040] 두 스위치(SW1, SW2)는 제어부(미도시)에 의해 상호 비대칭 제어되며, 비대칭 제어에 따라 서로 상보적으로 턴온 및 턴오프 된다. 제1 스위치(SW1)가 온 상태 일 때 제2 스위치(SW2)는 오프 상태가 되고, 제1 스위치(SW1)가 오프 상태 일 때 제2 스위치(SW2)는 온 상태가 되도록 제어되며, 또한 제1 스위치(SW1)의 듀티비가 D이면 제2 스위치(SW2)의 듀티비는 1-D이 된다.
- [0041] 커패시터(Cb)는 제1 단이 전원 입력부의 제1 단(+ 단)과 제2 단이 제3 스위치(SW3)의 제1 단(ex, 드레인 단)과 연결된다. 커패시터(Cb)는 1차측 코일에 대한 등가 인덕터(Lm)와 공진함으로써 1차측 회로 내 각 스위치들(SW1, SW2, SW3)의 영전압 스위칭이 가능하게 한다.
- [0042] 제1 다이오드(D1)는 애노드가 전원 입력부의 제2 단(- 단)에 연결되고 캐소드가 제3 스위치(SW3)의 제2 단(ex, 소스 단)과 연결된다.
- [0043] 제3 스위치(SW3)는 커패시터(Cb)의 제2 단과 제1 다이오드(D1)의 캐소드 사이에 연결된다. 여기서 제3 스위치(SW3)의 제1 단(드레인 단)이 커패시터(Cb)와 연결되고 제2 단(소스 단)이 제1 다이오드(D1)와 연결된다.
- [0044] 제1 내지 제3 스위치(SW1, SW2, SW3)는 자신의 제3 단(게이트 단)을 통해 제어 신호가 인가되며, 인가된 제어 신호에 따라 턴 온 또는 턴 오프 제어될 수 있다. 또한, 제1 내지 제3 스위치(SW1, SW2, SW3)는 영전압 스위칭이 가능한데, 즉 인가되는 전압의 크기가 0V가 되면 턴 온된다.
- [0045] 제1 내지 제3 스위치(SW1, SW2, SW3)는 트랜지스터로 구현될 수 있다. 도 5는 트랜지스터에 역병렬 다이오드가 연결된 구조를 예시한 것인데, 도 6의 경우와 같이 역병렬 다이오드에 대해 스너버 커패시터가 추가로 더 연결될 수도 있다.
- [0046] 변압기(Transformer)는 1차측 코일 및 2차측 코일을 포함한다. 이때, 1차측 코일은 하나의 코일로 구현되고, 2차측 코일은 센터 탭(center tap) 타입의 구조로 구현된다.
- [0047] 여기서, 1차측 코일은 제1 및 제2 스위치(SW1, SW2) 간의 접점과 제1 다이오드(D1)의 캐소드 사이에 연결되며, 제1 내지 제3 스위치(SW1, SW2, SW3) 중 적어도 하나에 의해 스위칭된 전압이 입력된다. 2차측 코일은 1차측 코일에 입력된 전압을 변압하여 부하 측으로 출력한다.
- [0048] 제어부(미도시)는 제1 내지 제3 스위치(SW1, SW2, SW3)의 온오프 동작을 제어하되, 제1 및 제2 스위치(SW1, SW2)를 상호 비대칭 제어한다. 물론, 제어부는 각 스위치의 제3 단(게이트 단)을 통해 제어 신호를 인가하여 각 스위치의 온오프 동작을 제어한다.

- [0049] 제2 및 제3 다이오드(D2,D3)는 2차측 코일의 양단부 사이에 배치되어 출력 전압을 정류한다. 2차측 코일의 양단부 중 제1 단은 제2 다이오드(D2)의 애노드와 연결되고 제2 단은 제3 다이오드(D3)의 애노드와 연결된다. 제2 및 제3 다이오드(D2,D3)는 캐소드 간에 접점을 형성한다.
- [0050] 인덕터(Lo)는 제1 단이 제2 다이오드(D2)의 캐소드와 연결되고, 제2 단이 부하 커패시터(Co)의 제1 단과 연결된다. 인덕터(Lo)는 다이오드를 통해 정류된 전원을 평활화한다.
- [0051] 부하 커패시터(Co)는 제1 단이 인덕터(Lo)의 제2 단과 연결되고, 제2 단이 2차측 코일의 제1 및 제2 단 사이 형성된 제3 단(tap)과 연결된다. 부하 커패시터(Co)는 부하(R)와 병렬 연결되어, 컨버터의 최종 출력 전압을 부하에 제공할 수 있다.
- [0052] 다음은 제어부에 의한 각 스위치의 제어 동작을 더욱 상세히 설명한다.
- [0053] 본 발명의 실시예의 경우, 제어부의 제어에 따라 제1 및 제3 스위치(SW1,SW3)만 턴온되는 제1 모드, 제2 및 제3 스위치(SW2,SW3)만 턴온되는 제2 모드, 그리고 제2 스위치(SW2)만 턴온되는 제3 모드가 순차적으로 진행될 수 있다.
- [0054] 도 6은 도 5의 회로를 등가적으로 나타낸 도면이고, 도 7은 도 6의 동작을 설명하는 도면이다.
- [0055] 도 6 및 도 7에서 Q1 내지 Q3는 도 5에 도시된 SW1 내지 SW3와 대응되며, 나머지 소자들 역시 도 5와 대응되는 소자를 의미한다. 도 7의 (a), (b), (c)는 각각 제1, 제2, 제3 모드를 의미한다.
- [0056] 먼저, 도 7의 (a)를 참조하면, Q1과 Q3만 턴온된 제1 모드일 때는, 제1 스위치(Q1), 1차측 코일, 제3 스위치(Q3) 및 커패시터(Cb)를 포함하는 전류 경로가 생성됨에 따라, 제1 및 제3 스위치(Q1,Q3)에 의해 스위칭된 전압이 변압기를 통해 변압 출력된다. 변압기의 2차측을 통해 출력된 전력은 제2 다이오드(D2)를 통해 정류되어 부하 커패시터(Co)에 제공된다.
- [0057] 다음, 도 7의 (b)를 참조하면, Q2와 Q3만 턴온된 제2 모드일 때는, 제2 스위치(Q2), 전원 입력부, 캐패시터(Cb), 제3 스위치(Q3) 및 1차측 코일을 포함하는 전류 경로가 생성됨에 따라, 제2 및 제3 스위치(Q2,Q3)에 의해 스위칭된 전압이 변압기를 통해 변압 출력된다. 이때, 변압기의 출력 전력은 제3 다이오드(D3)를 통해 정류되어 부하 커패시터(Co)에 제공된다.
- [0058] 다음, 도 7의 (c)와 같이, Q2만 턴온된 제3 모드일 때는, 제2 스위치(Q2), 제1 다이오드(D1) 및 1차측 코일을 포함하는 전류 경로가 생성되어, 제2 스위치(Q2)에 의해 스위칭된 전압이 변압기를 통해 변압 출력된다. 이때, 변압기의 출력 전력은 제3 다이오드(D3)를 통해 정류되어 부하 커패시터(Co)에 제공된다.
- [0059] 또한, 본 발명의 실시예의 경우, 제어부는 상술한 각 모드의 구동 시에, 제1 및 제2 스위치(SW1,SW2)를 비대칭 제어하되, 제1 및 제3 스위치(SW1,SW3)가 동시 턴온된 시간 길이(T1)와 제2 및 제3 스위치(SW2,SW3)가 동시 턴온된 시간 길이(T2)가 같도록 제3 스위치(SW3)의 턴온 시간을 제어한다.
- [0060] 그리고, 본 발명의 실시예에서, 1차측의 입력 전압(Vin)은 460V 내지 820V의 크기를 가질 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해, 입력 전압(Vin)이 각각 460V 및 820V일 때의 각 스위치에 대한 스위칭 동작을 상세히 설명한다.
- [0061] 도 8은 도 5의 입력 전압이 460V일 때의 스위칭 신호를 나타낸 도면이고, 도 9는 도 5의 입력 전압이 840V일 때의 스위칭 신호를 나타낸 도면이다.
- [0062] 도 8 및 도 9를 참조하면, 입력 전압이 높을수록, 두 스위치(SW1,SW2)의 듀티비의 비대칭 정도가 높아진 것을 알 수 있다. 물론, 입력 전압에 따라 비대칭 정도만 상이하며 각 스위치에 대한 실질적인 제어 원리는 동일하다.
- [0063] 즉, SW1이 온 상태일 때는 SW2는 오프 상태이며, SW1이 오프 상태일 때는 SW2는 온 상태를 가진다. SW3의 턴온 시점은 SW1이 턴온된 뒤 약간의 시간 후 턴온된다. 여기서, SW3의 턴오프 시점의 경우 SW1이 턴오프 및 SW2가 턴온된 이후, SW2와 SW3이 동시에 온 상태인 구간(T2)이 SW1과 SW3이 동시에 온 상태인 시간(T1)과 동일하게 되는 시점이 되면 턴 오프 된다.
- [0064] 이와 같이, 제1 및 제3 스위치(SW1,SW3)가 동시 턴온된 T1과, 제2 및 제3 스위치(SW2,SW3)가 동시 턴온된 T2가 동일하게끔, 제3 스위치(SW3)의 온오프 시간이 제어된 것을 알 수 있고, 제1 및 제2 스위치(SW1,SW2) 간 데드타임(dead time;Td)을 갖도록 비대칭 제어된 것을 확인할 수 있다.

- [0065] 또한, 도 8 및 도 9에서, T1의 경우 SW1과 SW3만 동시 턴온된 구간이므로 제1 모드에 대응하고, T2의 경우 SW2와 SW3만 동시 턴온된 구간이므로 제2 모드에 대응한다. 물론, T2 다음에 SW2만 턴온되는 구간이 존재하는데 이는 제3 모드에 대응한다. 해당 구간의 경우 도 9가 도 8보다 긴 시간 동안 발생한 것을 알 수 있다.
- [0066] 도 10은 도 5의 입력 전압이 460V일 때의 동작 파형을 나타낸 도면이고, 도 11은 도 10은 도 5의 입력 전압이 820V일 때의 동작 파형을 나타낸 도면이다.
- [0067] 도 10에서 PWM_SW1, PWM_SW2, PWM_SW3 각각은 도 8의 각 파형과 동일하며, 이는 도 11의 경우도 마찬가지이다. 다만, 도 10 및 도 11는 SW1과 SW2의 비대칭 동작의 확인이 용이하도록, PWM_SW1과 PWM_SW2를 겹쳐 도시하고 있다.
- [0068] 먼저, 도 10은 도 5의 AHB Converter에 대해, $V_{in}=460V$, 스위칭 주파수=100kHz, $V_{out}=14V$, $C_b=450nF$, $L_m=800\mu H$, $L_o=0.7\mu H$, $C_o=100\mu F$, Turnsratio=14:1 일때의 주요 파형을 나타낸다. L_m 은 Transformer의 1차측 코일에 대한 등가 인덕터, Turnsratio는 턴비를 나타낸다.
- [0069] PWM_SW1, PWM_SW2, PWM_SW3는 각각 SW1, SW2, SW3의 gate 파형이며, V_{SW1} , V_{SW2} , V_{SW3} 는 SW 각각에 인가된 전압, $I(SW1)$, $I(SW2)$, $I(SW3)$ 는 SW 각각에 인가되는 전류 파형이다. SW1, SW2, SW3의 gate, 전압, 전류 파형을 보면, 두 스위치 SW1, SW2는 서로 비대칭 동작하는 것을 알 수 있다. 또한, 모든 스위치는 0V 인가 시에 턴온, 즉 영전압 스위칭(Zero Voltage Switching) 함을 알 수 있다.
- [0070] $I(L_{lk})$ 는 Transformer의 Leakage Inductor에 흐르는 전류이며, $I(L_m)$ 과 $AVG(I(L_m))$ 은 각각 L_m 의 전류 파형과 Transformer의 DC Offset 전류 파형이다. 직류 오프셋인 $AVG(I(L_m))$ 은 $I(L_m)$ 의 평균값을 나타낸다.
- [0071] $AVG(I(L_m))$ 파형을 보면, Transformer의 DC Offset 전류가 0.59A 임을 알 수 있다. V_{out} 은 출력 전압 파형으로 14V가 출력됨을 알 수 있다
- [0072] 도 11은 $V_{in}=820V$, 스위칭 주파수=100kHz, $V_{out}=14V$, $C_b=450nF$, $L_m=800\mu H$, $L_o=0.7\mu H$, $C_o=100\mu F$, Turnsratio=14:1 일때의 주요 파형이다. 도 11의 경우 입력 전압(V_{in})만 도 10과 상이하며, 소자들의 값과 컨버터의 최종 출력 전압(V_{out})은 14V로 동일하다.
- [0073] SW1, SW2, SW3의 gate, 전압, 전류 파형을 보면, 두 스위치 SW1, SW2는 서로 비대칭 동작하며, 모든 스위치는 영전압 스위칭 함을 알 수 있다. 또한, gate 파형을 보면, SW1, SW2는 도 10 보다 더욱 더 비대칭 동작하는 것을 알 수 있다. 이는 입력 전압이 높을수록 비대칭 정도가 커짐을 의미한다.
- [0074] $AVG(I(L_m))$ 파형을 보면 Transformer의 DC Offset 전류가 0.10A 임을 알 수 있다. V_{out} 은 출력 전압 파형이며, 14V가 출력됨을 알 수 있다.
- [0075] 도 10 및 도 11의 파형들을 통해, 본 발명의 실시예에 따른 AHB Converter(Proposed AHB)는 입력 전압 범위를 460~820V로 가정하였을 때, 입력 전압 범위에서 모든 스위치들이 영전압 스위칭을 하며 변압기의 DC Offset이 매우 작음을 알 수 있다.
- [0076] DC Offset을 종래의 도 1에 따른 AHB Converter(Conventional AHB)의 경우와 비교하면 아래 표 1과 같다.

표 1

V_{in}	Conventional AHB	Proposed AHB
460 V	0.62 A	0.59 A
820 V	4.69 A	0.10 A

- [0078] 표 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 AHB Converter는 종래의 AHB Converter보다 DC Offset이 매우 작은 것을 확인할 수 있다. 특히, 본 발명의 실시예는 종래와는 달리, 입력 전압이 높아져 두 스위치 간 비대칭 정도가 커진 경우에도 변압기의 DC Offset 값이 전혀 상승하지 않고 오히려 감소한 것을 알 수 있다.
- [0079] 따라서, 본 발명에 의하면, 비대칭 하프 브리지 컨버터의 DC 오프셋을 감소시켜 변압기의 설계 시에 변압기의 크기를 줄일 수 있어 전력 밀도를 높일 수 있으며, 변압기에서 발생하는 전력 손실을 감소시킬 수 있어 전력 변환 효율을 높일 수 있다.
- [0080] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서,

본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0081]

SW1: 제1 스위치 SW2: 제2 스위치

SW3: 제3 스위치 D1: 제1 다이오드

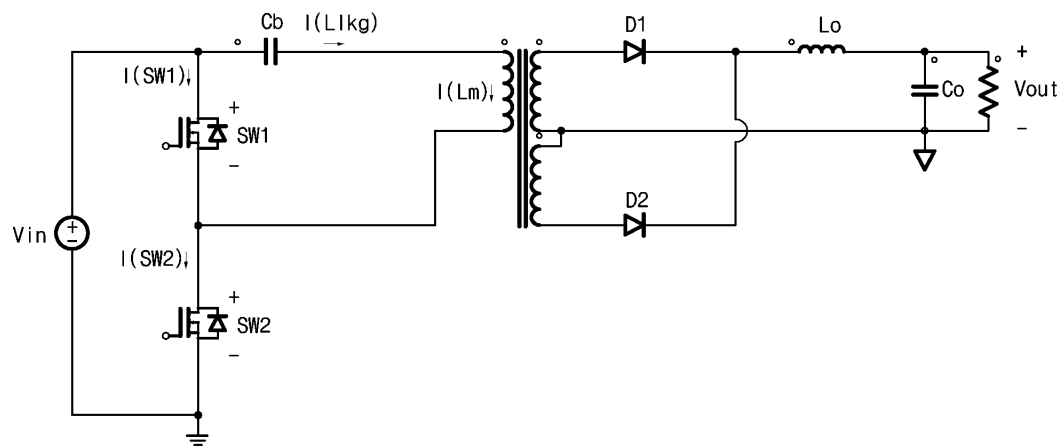
Cb: 커패시터 D2: 제2 다이오드

D3: 제3 다이오드 Lo: 인덕터

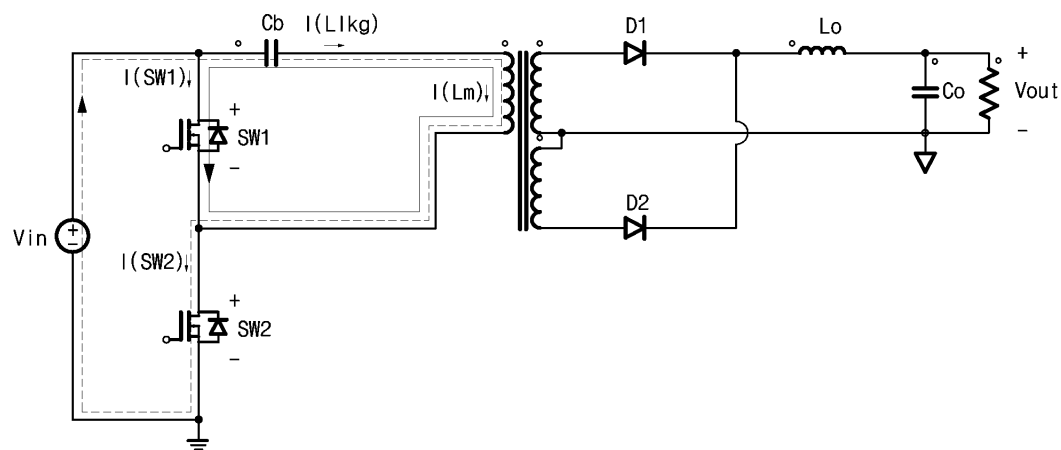
Co: 부하 캐패시터

도면

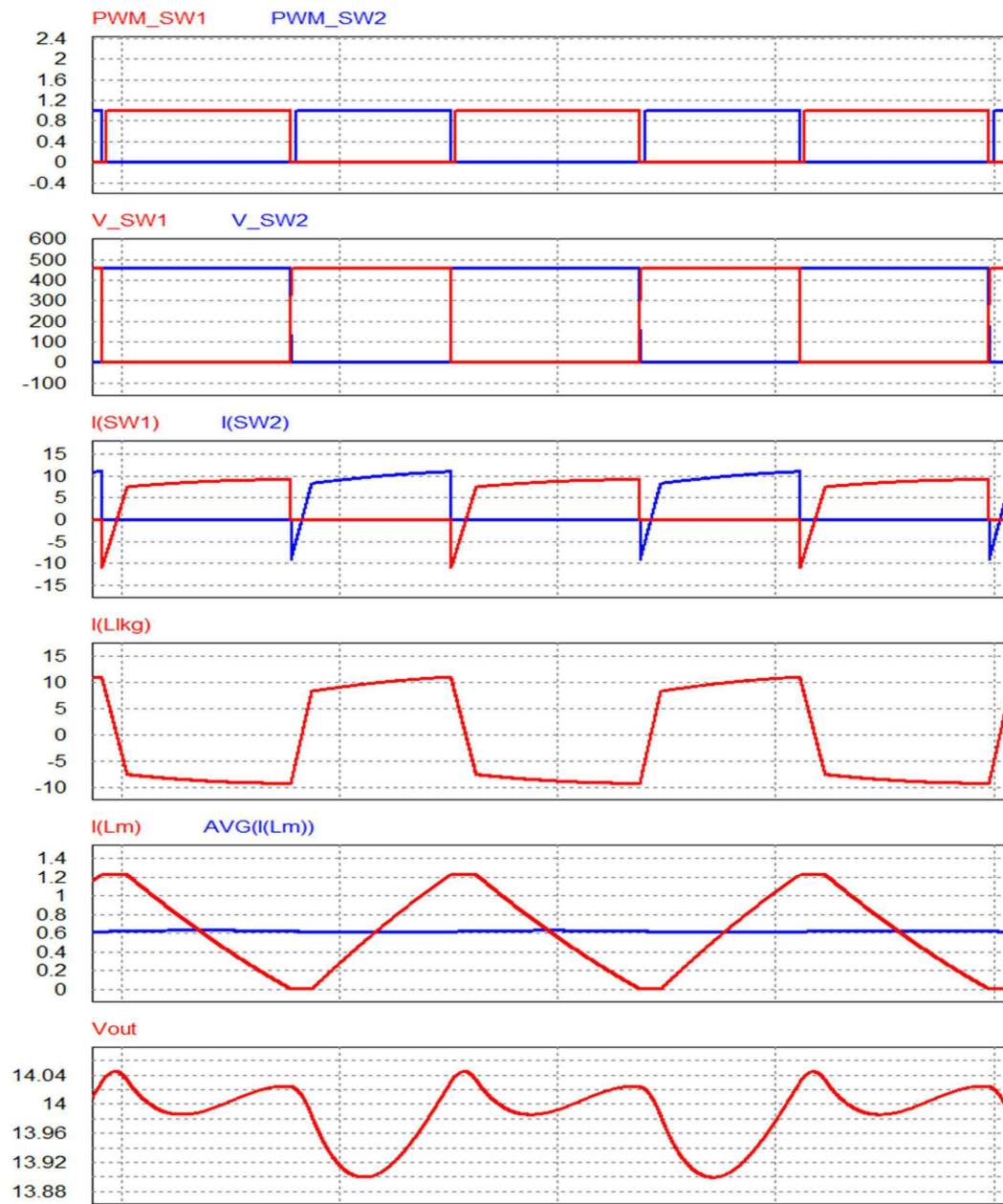
도면1



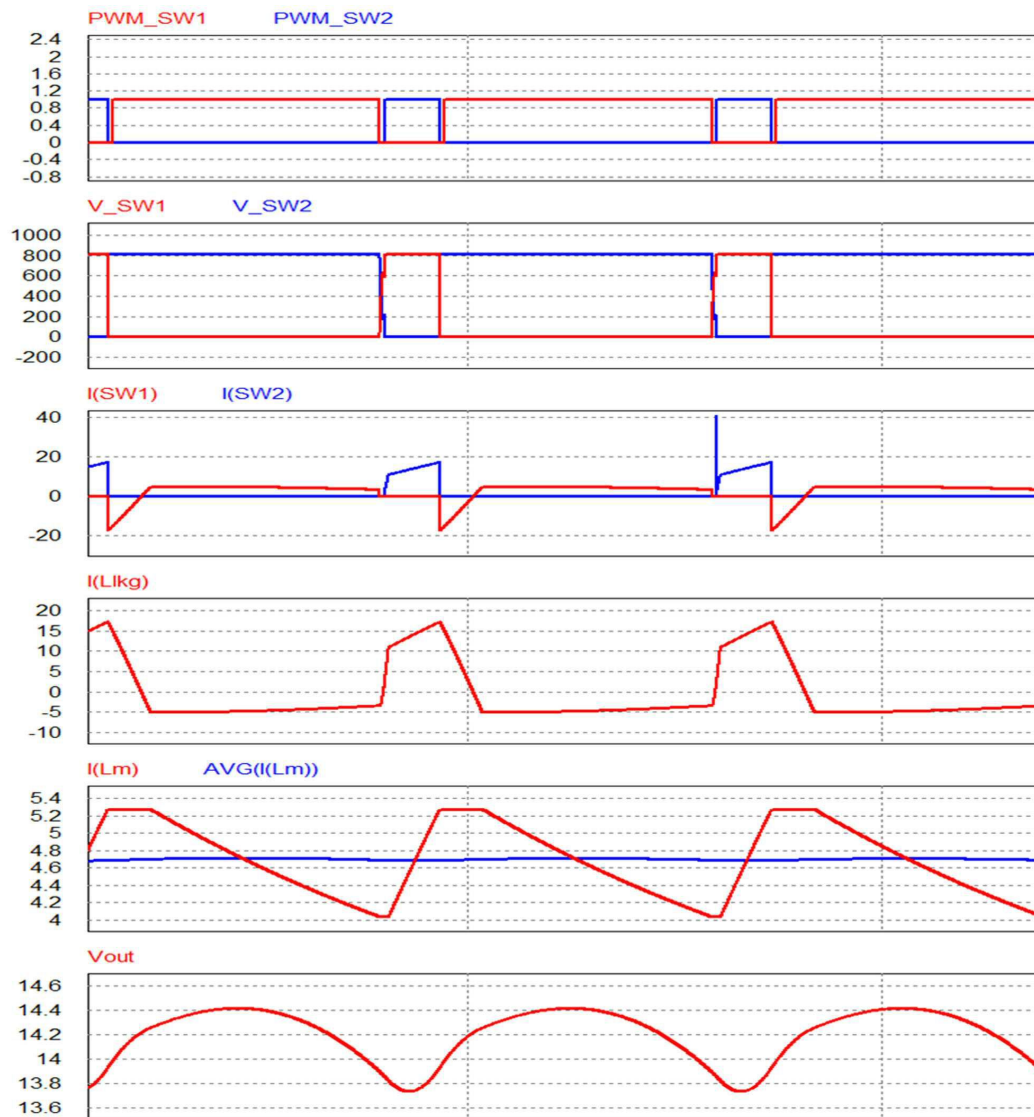
도면2



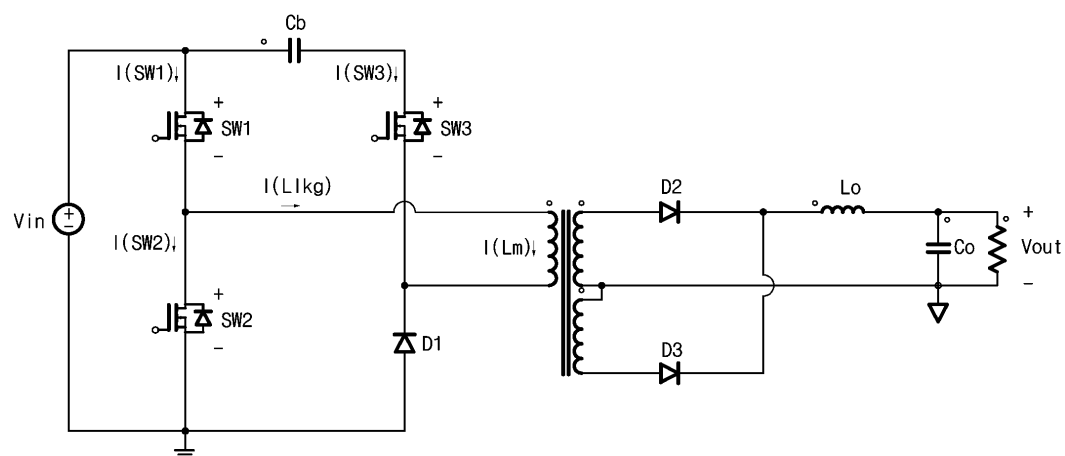
도면3



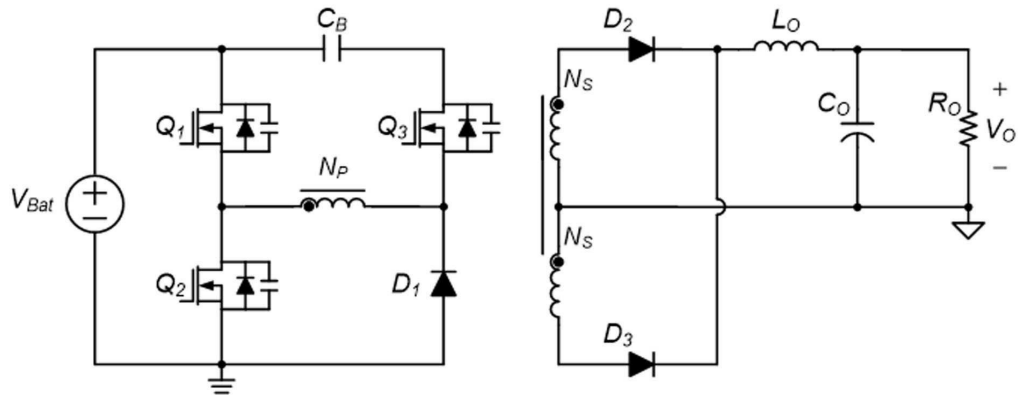
도면4



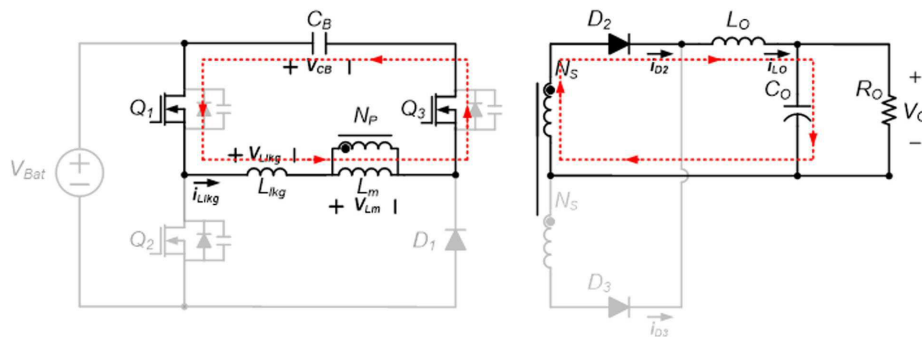
도면5



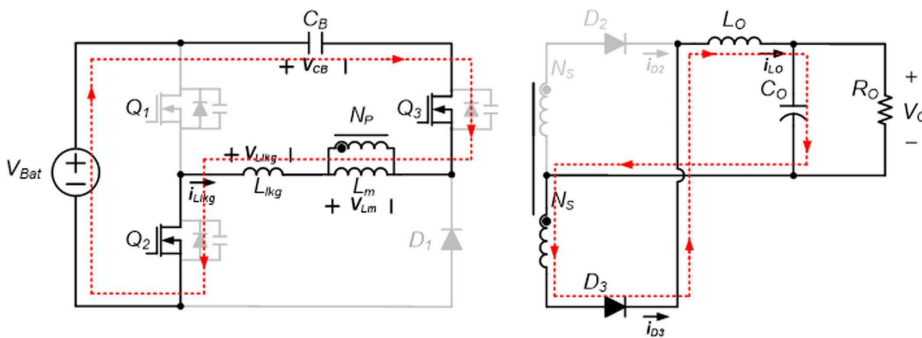
도면6



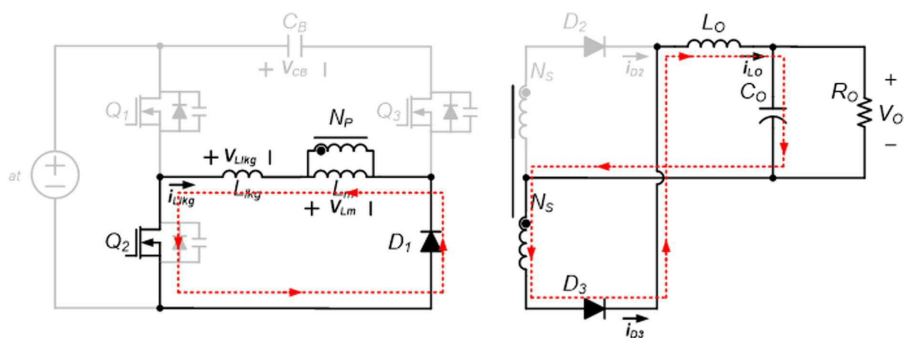
도면7



(a) Q1, Q3 가 동시에 턴온된 경우

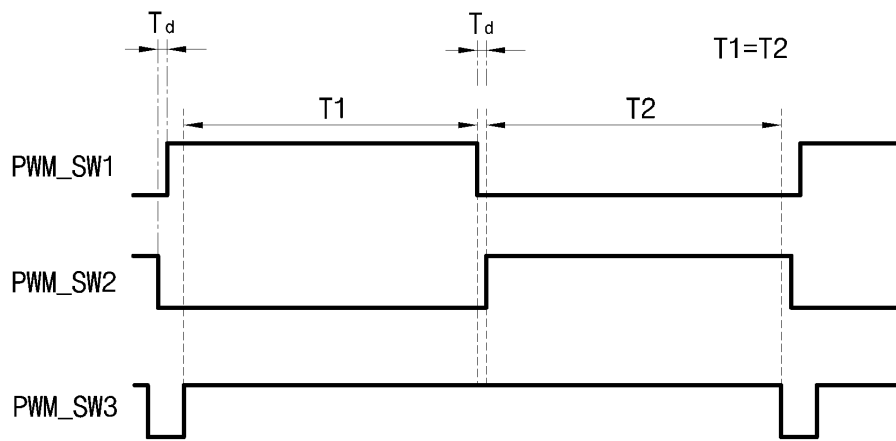


(b) Q2, Q3 가 동시에 턴온된 경우

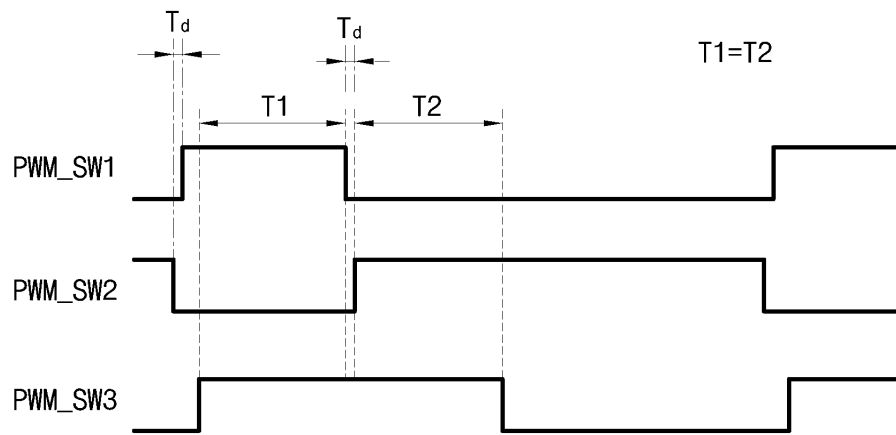


(c) Q2만 턴온된 경우

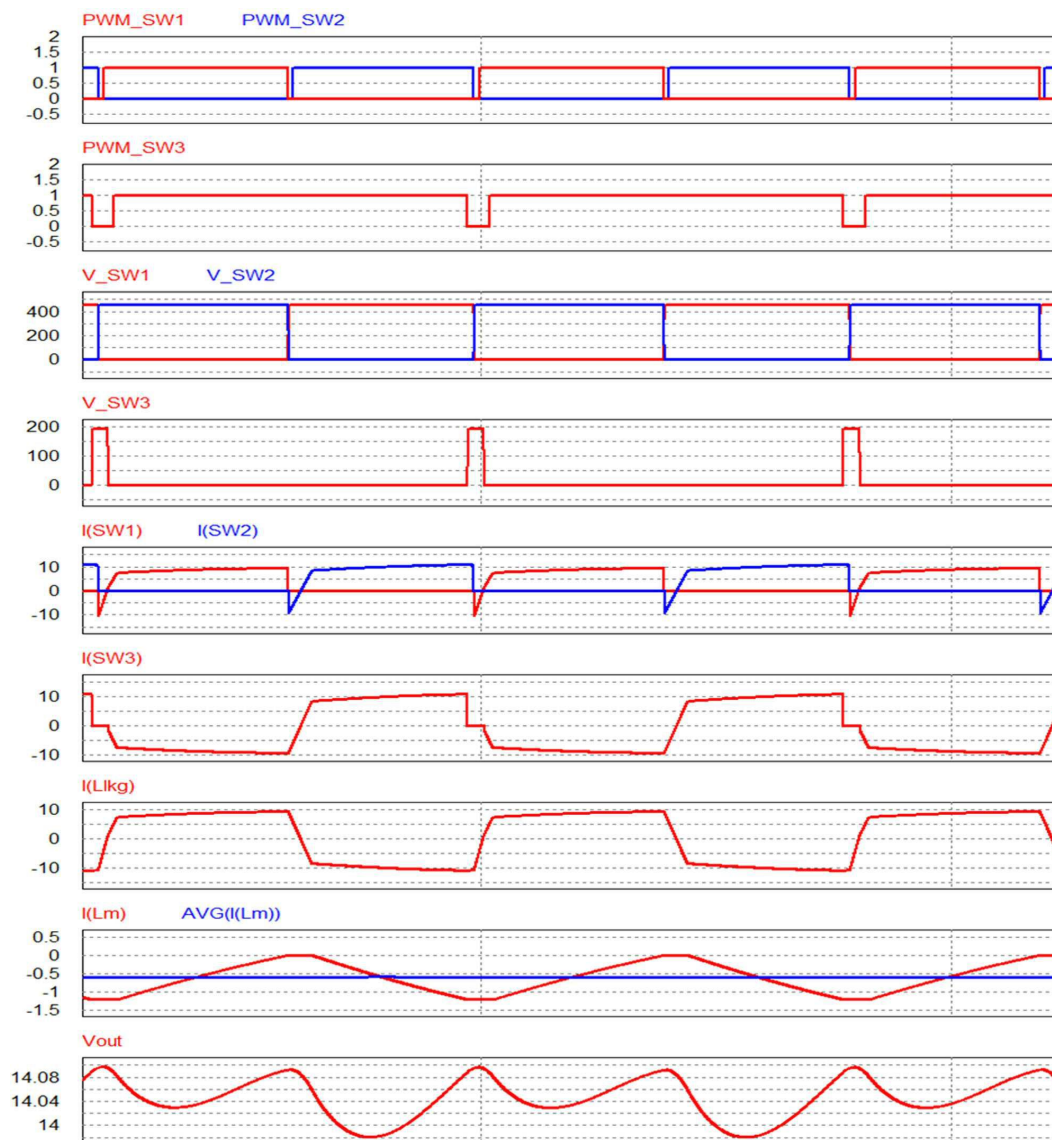
도면8



도면9



도면10



도면11

