



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월04일
(11) 등록번호 10-1662360
(24) 등록일자 2016년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/158 (2006.01) H02M 3/335 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7018938
(22) 출원일자(국제) 2011년01월16일
심사청구일자 2015년11월02일
(85) 번역문제출일자 2012년07월18일
(65) 공개번호 10-2012-0107119
(43) 공개일자 2012년09월28일
(86) 국제출원번호 PCT/IL2011/000049
(87) 국제공개번호 WO 2011/089593
국제공개일자 2011년07월28일
(30) 우선권주장
12/692,597 2010년01월23일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US06271651 B1*
US06522108 B2*
US06822427 B2
USRE040072 E1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
케일쉬타인, 모셰
이스라엘, 텔 아비브 69413, 아비그도르 하메이리 9
(72) 발명자
케일쉬타인, 모셰
이스라엘, 텔 아비브 69413, 아비그도르 하메이리 9
(74) 대리인
강명구, 김현석

전체 청구항 수 : 총 11 항

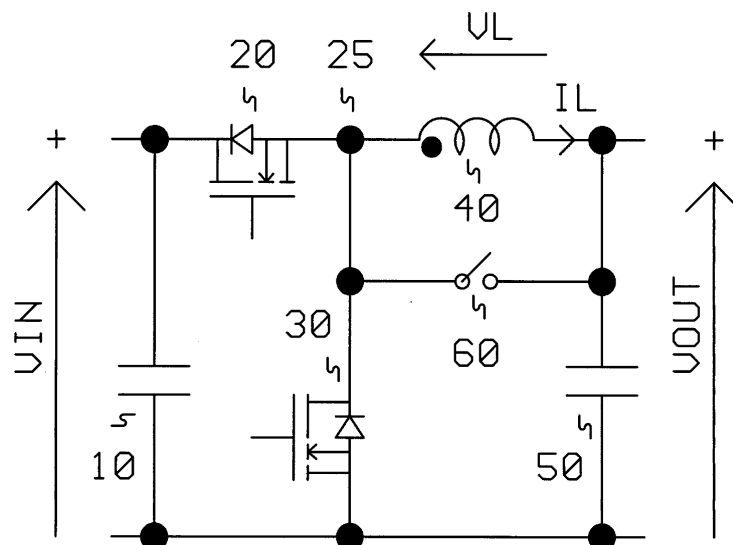
심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 0 전압 스위칭을 이용하는 전력 변환

(57) 요약

제어 회로와, 제 1 전기 코일과, 상기 제 1 전기 코일과 연결되며, 상기 제어 회로에 반응하는 제 1 전자 제어식 스위치로서, 상기 제 1 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여 상기 제 1 전기 코일을 충전하도록 배열되는 상기 제 1 전자 제어식 스위치와, 제 2 전자 제어식 스위치로서, 상기 제 2 전자 제어식 스위치는 폐쇄될 때 상기 제 1 전기 코일 양단에 실질적인 단락 회로를 제공하도록 배열되고, 상기 제어 회로에 반응하며, 상기 제 1 전기 코일을 충전하거나 방전하도록 배열되지 않는 상기 제 2 전자 제어식 스위치를 포함하는 전력 변환기.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

전력 변환기로서, 상기 전력 변환기는

고정 주파수로 전력 변환기를 제어하도록 구성된 제어 회로,

제1 전기 코일 - 상기 제1 전기 코일의 제1 단부가 전력 변환기의 입력으로 연결되고 상기 제1 전기 코일의 제2 단부가 상기 전력 변환기의 출력으로 연결되며, 상기 입력으로의 연결 및 상기 출력으로의 연결 중 적어도 한 가지는 비-스위칭 가능형(non-switchable)임 - ,

상기 제1 전기 코일과 연관되며 상기 제어 회로에 반응하는 제1 전자 제어식 스위치 - 상기 제1 전자 제어식 스위치는 상기 제1 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태(closed state)에 반응하여, 입력 전압과 함께, 상기 제1 전기 코일에서 제1 방향으로 흐르는 전류를 생성하여 제1 방향으로 상기 제1 전기 코일을 충전하도록 구성됨 - ,

상기 제1 전기 코일과 연관되고 상기 제어 회로에 반응하는 제2 전자 제어식 스위치 - 상기 제2 전자 제어식 스위치는 상기 제2 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 상기 제1 전기 코일이 상기 제1 방향으로 흐르는 전류를 보일 때 상기 제1 전기 코일을 방전시키고, 상기 제1 방향의 반대인 제2 방향으로 상기 제1 전기 코일을 연속적으로 충전시켜, 상기 제1 전기 코일에서 상기 제2 방향으로 흐르는 전류를 생성하도록 항상 구성됨 - , 및

상기 제1 전기 코일과 연관되고 상기 제어 회로에 반응하는 제3 전자 제어식 스위치 - 상기 제3 전자 제어식 스위치는, 상기 제3 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 상기 제1 전기 코일 양단에 단락을 제공하도록 구성되고, 상기 제3 전자 제어식 스위치는 상기 제1 전기 코일을 충전 또는 방전하도록 구성되지 않음 - 을 포함하며,

상기 제어 회로는

상기 제1 방향으로 흐르는 전류가 부하에 반응하여 결정된 값보다 크지 않게 상기 제1 전기 코일에서 생성되도록 제1 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하고,

상기 제2 방향으로 흐르는 전류가 상기 제1 전기 코일에서 생성되고 상기 제2 전자 제어식 스위치가 개방될 때 상기 제1 전자 제어식 스위치 양단의 전압을 0으로 설정하도록 상기 제2 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하며,

상기 제1 전자 제어식 스위치 및 제2 전자 제어식 스위치 각각의 폐쇄되는 시간 길이에 무관하게 전력 변화기의 고정 주파수를 유지하도록 상기 제3 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하도록 구성되며,

상기 제1 전자 제어식 스위치, 제2 전자 제어식 스위치, 및 제3 전자 제어식 스위치 각각은 상기 제1 전자 제어식 스위치, 제2 전자 제어식 스위치, 및 제3 전자 제어식 스위치 양단에 0 전압이 제공될 때에만 폐쇄되는, 전력 변환기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 전기 코일에 자기 결합된 제2 전기 코일

을 더 포함하며,

상기 제3 전자 제어식 스위치는 상기 제2 전기 코일에 연결되고, 상기 제3 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여 상기 제2 전기 코일 양단에 단락을 제공하며, 상기 제2 전기 코일 양단의 상기 단락이 상기 제2 전기 코일에 반영되어, 상기 제1 전기 코일 양단에 단락을 제공하는, 전력 변환기.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제어 회로에 반응하는 제4 전자 제어식 스위치를 더 포함하고, 상기 제4 전자 제어식 스

위치는 상기 제3 전자 제어식 스위치와 협업하여 제2 전기 코일에 단락을 제공하도록 구성되며, 상기 제어 회로는 상기 제4 전자 제어식 스위치 양단에 0 전압이 제공될 때에만 상기 제4 전자 제어식 스위치를 폐쇄하도록 구성되는, 전력 변환기.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 제1 전기 코일을 통해 흐르는 전류의 지정된 비-0(non-zero) 값에 반응하여 상기 단락을 제공하도록 구성되는, 전력 변환기.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제어 회로는 주기(period)를 나타내는 펄스 폭 변조 기능부를 포함하고, 상기 제어 회로는 상기 주기 내 지정 시점까지 상기 단락을 유지하도록 구성되는, 전력 변환기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 전력 변환기는 벡 변환기(buck converter), 부스트 변환기(boost converter), 플라이백 변환기(flyback converter), 포워드 변환기(forward converter), 푸시-풀 변환기(push-pull converter), 및 하프 브리지 변환기(half bridge converter) 중 하나인, 전력 변환기.

청구항 7

전력 변환 방법으로서, 상기 방법은

제1 전기 코일을 제공하는 단계 - 제공된 제1 전기 코일의 제1 단부는 부하로 연결된 제공된 제1 전기 코일의 제2 단부로 연결되며, 입력 전압으로의 연결과 부하로의 연결 중 적어도 하나는 비-스위칭 가능 연결임 - ,

제1 전자 제어식 스위치를 제공하는 단계 - 제공된 제1 전자 제어식 스위치는, 제공된 제1 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 상기 제공된 제1 전기 코일에서 제1 방향으로 흐르는 전류를 생성하여 입력 전압과 협업하여 제1 방향으로 상기 제1 전기 코일을 충전하도록 구성됨 - ,

제2 전자 제어식 스위치를 제공하는 단계 - 제공된 제2 전자 제어식 스위치는 항상, 제2 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 제공된 제 전기 코일이 제1 방향으로 흐르는 전류를 나타낼 때 제공된 제1 전기 코일을 방전하고, 상기 제1 방향에 반대인 제2 방향으로 제1 전기 코일을 연속으로 충전하여, 제공된 제1 전기 코일에서 제2 방향으로 흐르는 전류를 생성하도록 구성됨 - ,

제3 전자 제어식 스위치를 제공하는 단계 - 제공된 제3 전자 제어식 스위치는, 상기 제3 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 제공된 제1 전기 코일 양단에 단락을 제공하도록 구성되고, 상기 제공된 제3 전자 제어식 스위치는 제공된 제1 전기 코일을 충전 또는 방전하도록 구성되지 않음 - ,

부하에 의해 결정된 값보다 크지 않게 제공된 제1 전기 코일에서 제1 방향으로 흐르는 전류가 생성되도록 제1 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하는 단계,

제2 방향으로 흐르는 전류가 제1 전기 코일에서 생성되고 제2 전자 제어식 스위치가 개방될 때 제1 전자 제어식 스위치 양단의 전압을 0으로 설정하도록 제2 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하는 단계, 및

제1 전자 스위치 및 제2 전자 제어식 스위치 각각의 폐쇄된 시간에 무관하게, 전력 변환의 고정된 주파수를 유지하도록 제3 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하는 단계

를 포함하며, 제1 전자 제어식 스위치, 제2 전자 제어식 스위치 및 제3 전자 제어식 스위치 각각의 폐쇄는, 상기 제1 전자 제어식 스위치, 제2 전자 제어식 스위치 및 제3 전자 제어식 스위치 양단에 0 전압이 제공될 때만 이뤄지는, 전력 변환 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 전기 코일에 자기 결합된 제2 전기 코일을 제공하는 단계

를 더 포함하며,

제3 전자 제어식 스위치는 제3 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 제2 전기 코일 양단에 단락을 제공

하도록 구성되며,

상기 제1 전기 코일 양단의 상기 단락이 상기 제2 전기 코일 양단에 제공되는 단락을 반영하여 제공되는, 전력 변환 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

제4 전자 제어식 스위치를 제공하는 단계

를 더 포함하며, 제2 전기 코일 양단에 제공된 상기 단락은 제4 전자 제어식 스위치의 폐쇄된 상태에 적어도 부분적으로 반응하며,

상기 제4 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태는 0 전압이 제4 전자 제어식 스위치 양단에 제공될 때만 이뤄지는, 전력 변환 방법.

청구항 10

제7항에 있어서, 전력 변환의 고정 주파수를 유지하는 것은 상기 고정 주파수의 시간 주기 내 지정 시점까지 상기 단락을 유지하는 것을 포함하는, 전력 변환 방법.

청구항 11

전력 변환기로서, 상기 전력 변환기는

고정 주파수에서 전력 변환기를 제어하도록 구성된 제어 회로,

에너지 전달용 유도 수단(inductive means) - 상기 에너지 전달용 유도 수단의 제1 단부가 전력 변환기의 입력으로 연결되고 상기 에너지 전달용 유도 수단의 제2 단부는 전력 변환기의 출력으로 연결되며, 입력으로의 연결 및 출력으로의 연결 중 적어도 하나는 비-스위칭 가능(non-switchable) 연결임 - ,

상기 에너지 전달용 유도 수단과 연관되고 상기 제어 회로에 반응하는 제1 전자 제어식 스위치 - 상기 제1 전자 제어식 스위치는, 상기 제1 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 상기 에너지 전달용 유도 수단에서 제1 방향으로 흐르는 전류를 생성하여, 입력 전압과 협업하여, 제1 방향으로 상기 에너지 전달용 유도 수단을 충전하도록 구성됨 - ,

상기 에너지 전달용 유도 수단과 연관되고 상기 제어 회로에 반응하는 제2 전자 제어식 스위치 - 상기 제2 전자 제어식 스위치는 항상, 상기 제2 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 상기 에너지 전달용 유도 수단이 상기 제1 방향으로 흐르는 전류를 나타낼 때 상기 에너지 전달용 유도 수단을 방전하고 상기 에너지 전달용 유도 수단을 상기 제1 방향에 반대인 제2 방향으로 지속적으로 충전하여, 상기 에너지 전달용 유도 수단에서 제2 방향으로 흐르는 전류를 생성하도록 구성됨 - , 및

상기 에너지 전달용 유도 수단과 연관되며 상기 제어 회로에 반응하는 제3 전자 제어식 스위치 - 상기 제3 전자 제어식 스위치는, 상기 제3 전자 제어식 스위치의 폐쇄 상태에 반응하여, 상기 에너지 전달용 유도 수단 양단에 단락을 제공하도록 구성되고, 상기 제3 전자 제어식 스위치는 상기 에너지 전달용 유도 수단을 충전 또는 방전하도록 구성되지 않음 - 을 포함하며,

상기 제어 회로는

제1 방향으로 흐르는 전류가 부하에 의해 결정된 값보다 크지 않게 상기 에너지 전달용 유도 수단에서 생성되도록 제1 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄되며,

제2 방향으로 흐르는 전류가 상기 에너지 전달용 유도 수단에서 생성되고, 상기 제2 전자 제어식 스위치가 개방될 때 상기 제1 전자 제어식 스위치 양단의 전압을 0으로 설정하도록 상기 제2 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하고,

제1 전자 제어식 스위치 및 제2 전자 제어식 스위치 각각이 폐쇄되는 시간 길이에 무관하게, 전력 변환기의 고정 주파수를 유지하도록 제3 전자 제어식 스위치를 교대로 개방 및 폐쇄하도록

구성되며, 제1 전자 제어식 스위치, 제2 전자 제어식 스위치, 및 제3 전자 제어식 스위치 각각은 0 전압이 상기 제1 전자 제어식 스위치, 제2 전자 제어식 스위치, 및 제3 전자 제어식 스위치 양단에 제공될 때만 폐쇄되는,

전력 변환기.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전력 변환기(power converter)의 분야와 관련이 있으며, 더 구체적으로, 전력 변환기의 전기 코일 양단의 스위치가능한 회로(switchable circuit)를 갖는 전력 변환기와 관련이 있다.

배경 기술

[0002] 전력 변환 시스템은 입력되는 직류(DC) 또는 교류(AC) 전력을 수신하고, 이를 DC 또는 AC 출력 전력으로 변환하며, 일반적으로 이러한 출력 전력은 입력 전력과 상이한 전압을 나타낸다. 출력 전력의 제어는 출력 전압 또는 출력 전류에 따라 이뤄질 수 있다.

[0003] 스텝-업 변환기(step-up converter)라고도 알려진 부스트 변환기(boost converter)는, 입력 전압보다 큰 출력 전압을 갖는 전력 변환기이다. 이 변환기는, 일종의 스위칭-모드 전력 공급기이며, 적어도 제 1 전자 제어식 스위치(가령, 트랜지스터), 적어도 제 1 에너지 저장 요소(가령, 전기 코일), 및 추가적인 요소(가령, 다이오드 또는 제 2 전자 제어식 스위치)를 포함한다. 일반적으로, 전자 제어식 스위치 및 다이오드는 전기 코일과 출력 사이에 배열되며, 이때, 제 1 전자 제어식 스위치의 폐쇄에 반응하여 전류가 교번 인출되어, 전기 코일을 충전하며, 반면에 제 1 전자 제어식 스위치의 개방에 반응하여 전류가 부하로 전달된다. 전류가 부하로 전달될 때 다이오드나 제 2 전자 제어식 스위치를 통과한다.

- [0004] 스텝-다운 변환기(step-down converter)라고도 알려진 벡 변환기(buck converter)는 입력 전압보다 출력 전압이 더 작은 전력 변환기이다. 이 변환기는, 일종의 스위칭-모드 전력 공급기이며, 적어도 제 3 전자 제어식 스위치(가령, 트랜지스터), 적어도 제 2 에너지 저장 요소(가령, 전기 코일), 및 추가적인 요소(가령, 다이오드 또는 제 4 전자 제어식 스위치)를 포함한다. 일반적으로, 전자 제어식 스위치 및 다이오드는 입력 전압과 전기 코일 사이에 배열되며, 이때, 제 3 전자 제어식 스위치의 폐쇄에 반응하여 전류는 교번하여 인출되어 부하를 통해 전기 코일을 충전하며, 제 3 전자 제어식 스위치의 개방에 반응하여 전류는 부하로 연결되어 전기 코일을 방전한다. 전기 코일이 부하로 방전되는 중일 때, 다이오드 또는 제 4 전자 제어식 스위치는 전기 코일과 직렬로 연결되어 있다.
- [0005] 플라이백 변환기(flyback converter)는, 입력 전압보다 클 수도 있고 작을 수도 있는 출력 전압을 갖는 변환기이다. 이 변환기는 일종의 스위칭 모드 전력 공급기이며, 적어도 하나의 전자 제어식 스위치와, 적어도 하나의 전기 코일(구체적으로, 변압기)를 포함하여 전압 비에 추가 절연 어드밴티지가 곁해지는 에너지 저장 요소와, 적어도 하나의 추가 요소(가령 다이오드 및/또는 추가 전자 제어식 스위치)를 포함한다. 일반적으로, 변압기의 1차 전기 코일은 전자 제어식 스위치와 입력 전압 사이에 연결되고, 변압기의 2차 전기 코일은 추가 요소와 출력 사이에 연결된다.
- [0006] 앞서 나열된 전력 변환기들은 많은 토폴로지를 설명하기 위한 것이지, 어떠한 식으로든 한정을 의미하지는 않는다.
- [0007] 고밀도 설비에 대한 수가 증가할수록, 더 높은 스위칭 주파수를 갖는 전력 공급기가 계속 필요하다. 스위칭 주파수가 높아질수록, 지정 정격에 대한 전력 공급기는 더 작아지고, 전력 공급기의 동적 응답이 더 빨라진다. 다양한 스위칭 토폴로지의 손실은 적어도 부분적으로 스위칭 손실 때문인데, 즉, 전자 제어식 스위치들 중 하나가 오프(off) 상태(즉, 스위치 개방)에서 온(on) 상태(즉, 스위치 폐쇄)로, 그리고 온(on) 상태에서 오프(off) 상태로 상태를 변경할 때, 발생한다. 전자 제어식 스위치의 스위칭 과도 현상(switching transient)의 유한한 지속시간뿐 아니라, 스위치 양단의 0 아닌 전압값과, 스위치를 통과하여 흐르는 전류가, 스위치에서 스위칭 손실을 초래한다. 스위칭 주파수가 증가할수록, 스위칭과 관련된 손실 중 관련 부분도 증가한다.
- [0008] 스위치 양단의 전압이 0 또는 거의 0일 때 스위치의 상태를 오프(off) 상태에서 온(on) 상태로 변화시키는 것으로, 0 전압 스위칭(ZVS: zero voltage switching)이 정의된다. ZVS는 스위치의 폐쇄 동안 스위칭 손실의 크기를 상당히 감소시킨다.
- [0009] 1987년06월09일자로 뉴턴(Newton)에게 허여된 미국 특허 제4,672,303호(전체 내용이 본원에서 참조로서 포함됨)는, 벡 변환기 인-라인 스위치의 0 전압 스위칭을 제공함으로써, 높은 주파수에서 감소된 스위칭 손실을 갖는 DC/DC 변환기에 대한 것이다. 불행히도, 상기 장치는 부하가 감소함에 따라 DC/DC 변환기의 동작 주파수가 증가할 것을 요구하며, 그렇지 않을 경우, 전기 코일의 피크간 전류(peak to peak current)가 부하에 독립적일 것이며, 작은 부하의 경우라도 입력과 출력 사이에서 높은 전류가 순환될 수 있다. 2006년12월26일자로 빈치아렐리(Vinciarelli)에게 허여된 미국 특허 7,154,250호(참조로서 본원에 포함됨)는 클램프(clamp) 상태를 갖는 벡-부스트 DC-DC 스위칭 전력 변환 장치를 개시한다. 불행하게도, 빈치아렐리의 방법은, 전기 코일을 충전 및 방전하도록 사용되는 스위칭 장치의 특정 장치와 타이밍에 의해 클램프 상태가 제공될 것을 필요로 하기 때문에, 다양한 변환기에 적용될 수 없다.
- [0010] 기존 기술에 의해서는 제공되지 않는, 다양한 부하 및 입력 전압 조건에서 고정 동작 주파수를 가능하게 하는 0 전압 스위칭을 이루는 방법이 바람직하다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0011] 따라서, 본원의 실시예의 주요 목적은 기존 기술의 단점들 중 적어도 일부를 극복하는 것이다. 이는 특정 실시예에서, 전기 코일 저장 요소(특정 실시예에서 변압기의 권선)의 전류 흐름이, 전기 코일 저장 요소와 연계된 단락 상태에 의해 유지됨으로써, 시간의 흐름에 따른 전기 코일에 대한 전류 변화가 0에 가깝도록 설정되는 배열에 의해 제공되고, 여기서 단락 회로 상태는 전력 변환기의 에너지 전달 기능을 수행하도록 사용되는 스위치와 무관하게 이뤄진다. 이 상태는 0 전압 스위칭 상태를 얻기 위해 유지된다. 바람직하게도, 0 전압 스위칭 상태는, 입력 전압과 출력 부하와 무관하게, 고정 변환기 스위칭 주파수에서 얻어진다. 예시적 실시예에서, 제 1

전기 코일과 자기 결합된 추가 전기 코일이 제공되고, 하나의 실시예에서 상기 추가 전기 코일은 변압기의 추가 권선이며, 상기 추가 전기 코일 양단에 단락 상태가 만들어진다.

[0012] 하나의 특정 실시예에서, 저장 요소를 통과하여 흐르는 전류를 스위칭 온될 스위치와 연계되는 커패시턴스를 방전시키기에 충분히 크도록 조정함으로써, 0 전압 스위칭 상태가 얻어진다. 하나의 바람직한 실시예에서, 배열은 비-산일적(non-dissipative)이다. 즉, 연계된 커패시턴스로부터 방전되는 에너지가 회로 재활용된다. 하나의 바람직한 실시예에서, 0 전압 스위칭 상태를 얻기 위해 형성되는 전류 크기는, ZVS를 얻기 위해 실제로 필요한 최대 전류를 초과하지 않도록 제어된다. 하나의 바람직한 실시예에서, 이러한 배열은 대역폭에 어떠한 추가적인 제약도 가하지 않고 0 전압 스위칭 상태를 제공하기 위한 것이다. 본 발명의 추가적인 특징 및 이점은 다음의 도면 및 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 발명을 더 잘 이해하고, 실제 적용되는 방식을 보여주기 위해, 첨부되는 도면을 예로서 참조할 수 있으며, 여기서 유사한 도면부호는 대응하는 요소나 섹션을 나타낸다.

도면을 구체적으로 참조하면, 나타난 상세사항은 본 발명의 바람직한 실시예의 예시이자 설명을 위한 것이며, 가장 유용하며 본 발명의 원리와 개념적 양태에 대한 설명을 쉽게 이해시킬 수 있다고 여겨지는 것을 제공하기 위함이다. 이와 관련해, 본 발명의 구조적 상세사항을 본 발명을 근본적으로 이해하기 위해 필요한 것보다 구체적으로 나타내기 위한 어떠한 시도도 이뤄지지 않으며, 도면과 함께 이뤄지는 설명에 의해, 본 발명의 여러 가지 형태가 실제로 구현될 수 있는 방식이 해당업계 종사자에게 명백해진다.

첨부된 도면 중,

도 1A는 종래 기술에서 알려진 동기식 벽 변환기의 하이 레벨 개략도이다.

도 1B는 종래 기술에 따르는 동기식 벽 변환기인 도 1A의 벽 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 1C는 종래 기술에 따라, 전기 코일 전류가 음의 모든 사이클이 되는 도 1A의 벽 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 2A는 단락 상태를 만들기 위한 전기 코일과 연계된 양방향 스위치를 포함하는 특정 실시예에 따르는 동기식 벽 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 2B는 특정 실시예에 따라, 도 2A의 동기식 벽 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 3A는 특정 실시예에 따라, 자기 결합된 전기 코일의 쌍을 포함하는 동기식 벽 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 3B는 특정 실시예에 따라, 도 3A의 동기식 벽 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 3C는 특정 실시예에 따라, 자기 결합된 전기 코일의 쌍을 포함하고, 단락 회로 루프에 커패시터는 없는 동기식 벽 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 3D는 특정 실시예에 따라, 도 3C의 동기식 벽 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 4A는 특정 실시예에 따라, 자기 결합된 전기 코일의 쌍을 갖는 동기식 부스트 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 4B는 특정 실시예에 따라, 도 4A의 동기식 부스트 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 4C는 특정 실시예에 따라, 자기 결합된 전기 코일의 쌍을 포함하고, 단락 회로 루프에 커패시터는 없는 동기식 부스트 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 4D는 특정 실시예에 따라, 도 4C의 동기식 부스트 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 5A는 특정 실시예에 따라, 복수의 자기 결합된 전기 코일을 포함하는 동기식 플라이백 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 5B는 특정 실시예에 따라, 도 5A의 동기식 플라이백 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 5C는 특정 실시예에 따라, 복수의 자기 결합된 전기 코일을 포함하고, 단락 회로 루프에 저장 커패시터는 없는 동기식 플라이백 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 5D는 특정 실시예에 따라, 도 5C의 동기식 플라이백 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 6A는 특정 실시예에 따라, 복수의 자기 결합된 전기 코일을 갖는 단일 단자 포워드 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 6B는 특정 실시예에 따라, 도 6A의 단일 단자 포워드 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 7은 종래 기술에 따르는, 풀 브리지 위상 편이 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 8A는 특정 실시예에 따라, 복수의 자기 결합된 전기 코일을 갖는 푸시-풀 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 8B는 특정 실시예에 따라, 도 8A의 푸시-풀 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 9A는 특정 실시예에 따라, 복수의 자기 결합된 전기 코일을 갖는 하프 브리지 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 9B는 특정 실시예에 따라, 도 9A의 하프 브리지 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 10A는 복수의 자기 결합된 전기 코일을 포함하고, 출력단에서 동기식 정류기를 갖는 푸시-풀 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 10B는 특정 실시예에 따라, 도 10A의 푸시-풀 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 11A는 특정 실시예에 따라, 복수의 자기 결합된 전기 코일을 갖고, 출력단에 동기식 정류기를 갖는 하프 브리지 변환기의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

도 11B는 특정 실시예에 따라, 도 11A의 하프 브리지 변환기의 동작의 그래프를 도시한다.

도 12는 도 3A의 동기식 벡 변환기에 적합한, 특정 실시예에 따르는 제어 회로의 하이 레벨 개략도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명의 적어도 하나의 실시예를 상세히 설명하기에 앞서서, 본 발명은 이하에서 기재되거나 도면에 도시되는 구성요소의 구성 및 배치에 대한 상세 사항에 한정되지 않음을 말해 둔다. 본 발명은 그 밖의 다른 실시예에 적용되거나, 다양한 방식으로 실시 또는 수행된다. 또한, 본원에서 사용되는 구문과 용어는 설명을 위한 것이며, 한정으로 간주되지 않는다.

[0015] 본 발명은 복수의 변환기(구체적으로, 벡 변환기(buck converter), 부스트 변환기(boost converter), 플라이백 변환기(flyback converter), 싱글 단자 포워드 변환기(single 단자ed forward converter), 푸시-풀 변환기(push-pull converter), 및 하프-브리지 변환기(half-bridge converter))와 관련하여 기재되지만, 어떠한 식으로도 이에 한정되지 않으며, 본 발명은 임의의 전력 변환기 구성에 동일하게 적용 가능하다.

[0016] 도 1A는 공기 기술에서 알려진 동기식 벡 변환기(synchronous buck converter)의 하이 레벨 개략도를 도시하며, 상기 동기식 벡 변환기는 입력 커패시터(10)와, 제 1 전자 제어식 스위치(20)와, 제 2 전자 제어식 스위치(30)와, 전기 코일(40)과, 출력 커패시터(50)를 포함한다. 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20 및 30)는 n-채널 금속-산화막-반도체 전계-효과 트랜지스터(NMOSFET)로 도시되었지만, 이에 국한되는 것은 아니다. 입력 커패시터(10)가 입력 전압(VIN) 양단에 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 1 단자는 VIN의 양(+)의 측과 연계되며, 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 드레인(drain)으로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자는 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 소스(source)로 연결되어 있으며, 출력 커패시터(50)의 제 1 단자로 연결된다. 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 소스는 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 드레인, 전기 코일(40)의 제 1 단자로 연결되고, 접합점(junction)은 접합점(25)으로 표시된다. 전기 코일(40)의 제 2 단자가 출력 커패시터(50)의 제 2 단자로 연결된다. 출력 커패시터(50) 양단에 출력 전압(VOUT)이 형성되는데, 이때 양극(positive polarity)은 전기 코일(40)의 제 2 단자와 연계된다. 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20 및 30)의 게이트는, 종래 기술에서 알려진 제어 회로(도면에 도시되지 않음)로 연결된다. VOUT과 관련하여 접합점(25)으로부터 측정된 전기 코일(40) 양단의 전압이 VL로 표시되고, 접합점(25)으로부터 상기 코일을 통과하여 흐르는 전류가 IL이라고 표시된다.

[0017] 도 1B는, 종래 기술에 따르는 동기식 벡 변환기로서 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20, 30)를 구동시키도록

배열된 제어 회로와 협업하는 도 1A의 벡 변환기의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고, y축은 전압과 전류를 각각 임의의 단위(arbitrary unit)로 나타낸다. 도 1C는 종래 기술에 따르는 동기식 벡 변환기로서, 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20, 30)를 구동시키도록 배열된 제어 회로와 협업하는 도 1A의 벡 변환기의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서, x축은 시간을 나타내고, y축은 전압과 전류를 각각 임의의 단위로 나타낸다. 도 1B와 1C의 그래프는 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20 및 30)의 게이트-소스 전압, 전기 코일(40) 양단의 전압(VL), 및 전기 코일(40)의 전류(IL)를 도시한다. 간결성을 위해, 도 1B 및 1C 각각은 도 1A와 함께 설명될 것이다.

[0018]

도 1B에 도시된 동작에서, 시점(T1)에서 전기 코일(40) 양단의 전압(VL)은 -VOUT과 동일하며, 따라서 접합점(25)에서의 전위는 0이 된다. 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온(on)되며, 따라서, 접합점(25)에서의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온이 0 전압 스위칭(ZVS: zero voltage switching)으로 발생하지 않는다. 시

점(T1) 이후, 제 1 전자 제어식 스위치(20)에 의해 VIN이 접합점(25)으로 연결되기 때문에, $\frac{dIL}{dt} = \frac{VL}{L}$ 에 따라, 전기 코일(40)의 전류(IL)가 증가하며, 여기서, L은 전기 코일(40)의 인덕턴스이다. 시점(T2)에서, 제 1 전자 제어식 스위치(20)는 스위칭 오프(off)된다. 접합점(25)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, (일반적으로 ZVS인) 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 폐쇄되는 시점(T3)까지, 접합점(25)에서의 전압이 강해지기 시작한다. 접합점(25)에서의 전압이 VOUT 이하로 강해질 때, 즉, 전기 코일(40) 전압(VL)이 음의 값이 될 때, 전기 코일(40)의 전류(IL)가 감소하기 시작하고, 시점(T4)에서 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프할 때까지 계속 감소한다. 전기 코일의 전류(IL)가 전자 제어식 스위치(30)의 바디 다이오드를 통과하여 흐르기 때문에, 접합점(25)에서의 전압이 0으로 유지된다. 시점(T5)에서, 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온(on)되며, T1과 관련하여 앞서 기재된 바와 같이, 제 1 전자 제어식 스위치(20) 양단의 전압이 VIN이 아니기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS가 아니다.

[0019]

도 1C에 도시된 동기식 벡 변환기 실시예에서, 시점(T1)에서 전기 코일(40) 양단의 전압(VL)이 VIN-VOUT과 동일하며, 따라서 접합점(25)에서의 전위가 VIN이 된다. 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되며, 접합점(25)에서의 전압이 VIN이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS이다. 시점(T1) 이후, 제 1 전자 제어식 스위치(20)에

의해, VIN이 접합점(25)으로 연결되기 때문에, 수학적 $\frac{dIL}{dt} = \frac{VL}{L}$ 에 따라, 전기 코일(40)의 전류(IL)가 증가하며, 여기서 L은 전기 코일(40)의 인덕턴스이다. 시점(T2)에서, 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프(off)된다. 접합점(25)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, 일반적으로 ZVS인 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 폐쇄되는 시점(T3)이 될 때까지, 접합점(25)에서의 전압이 강해지기 시작한다. 접합점(25)에서의 전압이 VOUT 이하로 강해질 때, 즉, 전기 코일(40)의 전압(VL)이 음의 값이 될 때, 전기 코일(40)의 전류(IL)는 감소하기 시작하고, 시점(T4)에서 전류가 0으로 강해질 때까지 계속 감소한다. 시점(T4) 이후 전기 코일(40)의 전류(IL)는, 시점(T5)에서 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프(off)될 때까지, 반전된다. 전기 코일(40)의 전류(IL)가 음의 값이기 때문에, 상기 전류(IL)는 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 바디 다이오드를 통해 흐르지 않고, 접합점(25)의 커패시턴스의 충전에 반응하여, 일반적으로 ZVS인 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되는 시점(T6)일 때까지, 접합점(25)에서의 전압은 상승하기 시작한다. 하나의 구체적 실시예에서, 전기 코일(40)의 전류(IL)에 의해 도달하는 최소 전류 포인트(IMIN)는, 접합점(25)에서의 전압이 VIN까지 상승하도록 선택됨으로써, 포인트(T1)에서 0 전압 스위칭이 보장된다. 불리하게도, 시점(T5)은 L과 IMIN의 값의 함수이기 때문에, 제어될 수 없다. 따라서, 사이클 시간(T)이 변하지 않는 한, 출력 전류가 변하기 때문에 ZVS가 유지되지 않는다.

[0020]

도 2A는 특정 실시예에 따르는 동기식 벡 변환기(55)의 하이 레벨 개략도를 도시하며, 상기 변환기는 입력 커패시터(10)와, 제 1 전자 제어식 스위치(20)와, 제 2 전자 제어식 스위치(30)와, 전기 코일(40)과, 출력 커패시터(50)와, 제 3 전자 제어식 스위치(60)를 포함한다. 하나의 실시예에서, 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20 및 30)는 NMOSFET들로 구성된다. 제 3 전자 제어식 스위치(60)는 양방향 전자 제어식 스위치이다. 입력 커패시터(10)의 제 1 단자는 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 드레인과 입력 전압(VIN)의 양극(positive polarity)으로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자가 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 소스와, 출력 커패시터(50)의 제 1 단자로 연결된다. 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 소스는 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 드레인과, 전기 코일(40)의 제 1 단자와, 제 3 전자 제어식 스위치(60)의 제 1 단자로 연결되고, 접합점은 25로 표시된다. 저장 요소 전기 코일(40)의 제 2 단자는 출력 커패시터(50)의 제 2 단자와, 제 3 전자 제어식 스위치(60)의 제 2 단자로 연결된다. 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20 및 30)의 게이트와, 제 3 전자 제어식 스위치(60)의 제어 입력이 제어 회로(도면에 도시되지 않음)로 연결되며, 이는 도 12와 관련하여 이하에서 설명될 것이다. 출력 커패

시터(50) 양단의 전압은 VOUT이라고 표시되며, 상기 전압의 양극(positive polarity)은 전기 코일(40)의 제 2 단부와 연결된다. 출력 VOUT과 관련된 접합점(25)으로부터 측정된 전기 코일(40) 양단의 전압은 VL이라고 표시되며, 접합점(25)으로부터 흘러 상기 전기 코일을 통과하는 전류는 IL이라고 표시된다.

[0021] 도 2B는 도 2A의 동기식 벽 변환기(55)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고, y축은 전압과 전류를 임의의 단위로 나타낸다. 도 2B의 그래프는, 제 1 및 제 2 전자 제어식 스위치(20 및 30)의 게이트-소스 전압, 제 3 전자 제어식 스위치(60)의 게이트 또는 제어 신호, 전압(VL), 및 전류(IL)를 도시한다. 간결함을 위해, 도 2A와 2B는 함께 설명될 것이다.

[0022] 동작 중에, 시점(T1)에서, 전기 코일(40)의 전압(VL)은 VIN-VOUT와 동일하다. 즉, 접합점(25)에서의 전위가 VIN이다. 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온(on)되며, 접합점(25)에서의 전압이 전압(VIN)과 동일하기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS이다. 전기 코일(40) 양단의 양의 전압에 반응하여, 도 1A-1C와 관련하여 앞서 설명된 바와 같이 전기 코일(40)의 전류(IL)가 증가한다. 시점(T2)에서, 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프된다. 시점(T2) 이후, 접합점(25)의 커패시턴스의 방전에 반응하여 접합점(25)에서의 전압이 강하하기 시작하고, 전기 코일(40)의 전류(IL)의 변화율이 강해지기 시작하며, 접합점(25)에서의 전압이 VOUT 이하로 강해질 때, 즉, 전기 코일(40)의 전압(VL)이 음의 값이 될 때 전기 코일(40)의 전류(IL)가 감소하기 시작한다. 한 가지 바람직한 실시예에서, 전기 코일(40)의 전류(IL)에 의해 도달되는 최댓값이 출력에서 필요한 최소 전류이도록, 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임(on time)이 선택된다. 시점(T3)에서, 전기 코일(40)의 전압(VL)이 -VOUT으로 강하하고, 따라서 제 2 전자 제어식 스위치(30) 양단의 전압이 0이 되며, 제어 회로에 의해 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 ZVS에서 켜진다.

[0023] 시점(T3) 이후의 전기 코일(40)의 전류(IL)가 선형으로 감소하는 진폭으로 제 2 전자 제어식 스위치(30)를 통과하여 흐른다. 시점(T4)에서, 전기 코일(40)의 전류(IL)의 진폭은 0이며, 그 후, 전기 코일(40)의 전류(IL)의 진폭은 계속 감소하고, 음의 값이 되며, 이때, 에너지는 출력 커패시터(50)에 의해 공급된다. 전기 코일(40)의 전류(IL)가 계속 감소하고, 시점(T5)에서 전류가 IMIN에 도달하는 것에 반응하여, 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프된다. 접합점(25)의 커패시턴스가 충전됨에 따라 접합점(25)에서의 전압이 상승하고, 따라서 전기 코일(40)의 전류(IL)의 변화율이 하강하기 시작한다. 시점(T6)에서, 접합점(25)에서의 전압은 값(VOUT)까지 상승한다. 즉, 전기 코일(40) 양단의 전압이 강하하지 않는다. 이하에서 더 설명되겠지만, 제어 회로는 제 3 전자 제어식 스위치(60)를 폐쇄하고, 전기 회로(40) 양단에 유효한 단락 회로(short circuit)를 생성할 수 있다. 단락 회로의 경우 저장 요소 전기 코일(40) 양단의 전압이 0을 유지하기 때문에, 전류 변화율 di/dt 도 역시 0이고, 시점(T6)에서부터 전류 진폭 및 방향이 유지된다. 시점(T7)에서 스위치(60)가 개방되고, 전기 코일(40)의 전압(VL)이 다시, 값 VIN-VOUT까지 상승하며, 전기 코일(40)의 전류(IL)가 상승하기 시작한다. 사이클의 끝 부분인 시점(T8)에서, 앞서 언급된 시점(T1)과 동등하게, 제 1 전자 제어식 스위치 양단의 전압이 다시 0이 되고, 즉, 접합점(25)에서의 전압이 VIN에 도달하며, ZVS 상태에서 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 다시 폐쇄된다.

[0024] 하나의 바람직한 실시예에서, VIN의 최대 값 및 최대 설계 부하 조건 하에서, 시점(T8)에서 접합점(25)에서의 전위가 VIN에 도달함을 보장하기 위해, 시점(T6)에서 전기 코일(40) 전류(IL) 값이 최소 값(IMIN)이도록 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 온 타임(on time)이 선택된다. 한 가지 추가 바람직한 실시예에서, IMIN이 VIN의 함수이도록 제 2 전자 제어식 스위치(30)의 온 타임이 선택된다. 제 3 전자 제어식 스위치(60)의 동작은 전기 코일(40)의 충전, 또는 방전과 관련이 없지만, 사이클을 T까지 연장하는 것을 가능하게 한다. 앞서 설명된 바와 같이, 제 3 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압은 전압(VL)이며, 따라서 제 3 전자 제어식 스위치(60)는 양의 전압과 음의 전압 모두 하에서 동작할 수 있어야 한다.

[0025] 도 3A는 특정 실시예에 따라, 한 쌍의 자기 결합된(magnetically coupled) 전기 코일 동기식 벽 변환기(155)의 하이 레벨 개략도를 도시한다. 동기식 벽 변환기(155)는, 입력 커패시터(10)와, 복수의 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)와, 제 1 전기 코일(40)과, 출력 커패시터(50)와, 복수의 추가 커패시터(80, 90, 및 100)와, 제 2 전기 코일(190)을 포함한다. 하나의 실시예에서, 각각의 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)는 NMOSFET이다.

[0026] 입력 커패시터(10)의 제 1 단자는 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 드레인으로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자는 커패시터(100)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(30)의 소스, 전자 제어식 스위치(70)의 소스, 커패시터(90)의 제 1 단자, 커패시터(80)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(60)의 소스, 출력 커패시터(50)의 제 1 단자, 및 공통점(common point)(하나의 실시예에서, 상기 공통점은 접지)으로 연결된다. 전자 제어식 스위치

(20)의 소스는 전자 제어식 스위치(30)의 드레인으로 연결되고, 커패시터(100)의 제 2 단자와, 제 1 전기 코일(40)의 제 1 단자로 연결되며, 접합점은 25로 표시된다. 제 1 전기 코일(40)의 제 2 단자는 출력 커패시터(50)의 제 2 단자로 연결된다. 전자 제어식 스위치(70)의 드레인은 커패시터(90)의 제 2 단자와 제 2 전기 코일(190)의 제 1 단자로 연결된다. 상기 제 2 전기 코일(190)의 제 2 단자는 커패시터(80)의 제 2 단자와 전자 제어식 스위치(60)의 드레인으로 연결된다. 전자 제어식 스위치(20, 30, 60, 및 70)의 게이트가 제어 회로(도면에 도시되지 않음)로 연결되며, 이는 도 12와 관련해 이하에서 설명될 것이다. 제 1 및 제 2 전기 코일(40 및 190)은 서로 자기 결합되어 있으며, 전기 코일(40 및 190)의 제 1 단자에서의 극성이 서로 동일하도록 배열된다. 입력 커패시터(10) 양단의 전압이 VIN으로 표시되고, 출력 커패시터(50) 양단의 전압이 VOUT으로 표시된다. 제 1 단자와 제 2 단자 사이에서 측정된 제 1 전기 코일(40) 양단의 전압은 VL로 표시되고, 접합점(25)으로부터 흘러나와 상기 전기 코일을 통과하는 전류는 IL로 표시된다. 간결함을 위해, 제 1 전기 코일(40)과 제 2 전기 코일(190)이 1:1의 권선비를 나타내고, 따라서 제 2 전기 코일(190) 양단의 전압 역시 VL인 동기식 벡 변환기(155)가 기재될 것이다.

[0027] 도 3B는 동기식 벡 변환기(155)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고, y축은 전압과 전류를 임의의 단위로 나타낸다. 도 3B의 그래프는, 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)의 게이트-소스 전압, 전압(VL), 및 전류(IL)를 도시한다. 간결함을 위해, 도 3A 및 3B가 함께 설명될 것이다.

[0028] 동작 중에, 시점(T1)에서 전기 코일(40)의 전압(VL)이 VIN-VOUT과 동일하다. 즉, 접합점(25)에서의 전위는 VIN이다. 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되고, 접합점(25)에서의 전압이 전압(VIN)과 동일하며, 전자 제어식 스위치(60)가 온(on) 상태이고, 전자 제어식 스위치(70)가 오프(off) 상태이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS이다. 마찬가지로, 제 2 전기 코일(190)이 저장 요소 전기 코일(40)과 자기 결합하기 때문에, 제 2 전기 코일(190) 양단의 전압도 VIN-VOUT이며, 전자 제어식 스위치(60)가 온 상태, 즉, 폐쇄되기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압도 VIN-VOUT이다.

[0029] 도 1A-1C와 관련해 앞서 기재된 바와 같이, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)의 양(+)의 값에 반응하여, 전류(IL)가 선형으로 증가한다. 시점(T2)에서, 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프되고, 전자 제어식 스위치(60)가 마찬가지로 스위칭 오프된다. 시점(T2) 이후로, 접합점(25)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, 접합점(25)에서의 전압이 강하한다. 제 1 전기 코일(40)을 통과하는 전류(IL)의 변화율은 강하되기 시작하며, 접합점(25)에서의 전압이 VOUT 이하로 강하될 때, 즉, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 음의 값이 될 때, 전류(IL)는 감소하기 시작한다. 하나의 바람직한 실시예에서, 제 1 전기 코일(40)을 통과하는 전류(IL)에 의해 도달되는 최대 값이, 필요한 부하 전류를 공급하기에 충분하도록 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임이 선택된다. 시점(T3)에서, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)은 -VOUT까지 떨어지고, 따라서 제 2 전자 제어식 스위치(30) 양단의 전압이 0이 되며, 제어 회로에 의해 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 ZVS에서 켜진다. 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 제 2 전기 코일(190)에 유사하게 반영되고, 따라서 시점(T2) 이후로 인덕터(inductor, 190) 양단의 전압이 강하된다. 커패시터(80)는 충전하기 시작하고, 커패시터(90)는 방전하기 시작하며, 시점(T2)에서 커패시터(90)에 저장된 에너지가 시점(T3)에서의 커패시터(80)에 저장된 에너지보다 작고, 따라서 시점(T3)에서의 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이고, 따라서 스위치(70)가 ZVS에서 스위칭 온되도록, 커패시터(80 및 90)의 값이 선택된다.

[0030] 제 1 전기 코일(40)을 통과하는 전류(IL)가, 시점(T3) 이후, 선형으로 감소하는 진폭에서 제 2 전자 제어식 스위치(30)를 통해 흐른다. 시점(T4)에서, 제 1 전기 코일(40)을 통과하는 전류(IL)의 진폭이 0이며, 전류(IL)의 진폭이 계속 감소하여 음의 값이 되는데, 이때, 에너지는 출력 커패시터(50)에 의해 공급된다. 시점(T5)에서, 전류가 IMIN에 도달하는 것에 반응하여, 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프된다. 이하에서 설명될 바와 같이, 최대 입력 전압 및 최대 출력 전류 한계 하에서, 시점(T8)에서 접합점(25)에 의해 도달되는 전압이 VIN과 동일하도록, 상기 IMIN은 설정되어야 한다. 하나의 바람직한 실시예에서, IMIN은 VIN의 함수이도록 설정된다. 충전되는 접합점(25)의 커패시턴스에 반응하여 접합점(25)의 전압이 상승하고, 제 1 전기 코일(40)의 전류(IL)의 변화율이 감소하기 시작하여, 접합점(25)에서의 전압이 VOUT까지로 상승되는, 즉, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 0이 되는 시점(T6)에서, 0 전압 강하가 제 2 전기 코일(190)에 반영되고, 따라서 전자 제어식 스위치(70)가 온(on) 상태이기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압 강하가 0이 된다. 이하에서 더 설명될 제어 회로는 ZVS 하에서 전자 제어식 스위치(60)를 폐쇄하고, 따라서 제 2 전기 코일(190) 양단에 유효한 단락 회로를 형성하고, 이는 전기 코일(40)에 반영된다. 단락 회로의 경우, 제 2 전기 코일(190) 양단의 전압이 0을 유지하기 때문에, 전류 변화율 di/dt 이 또한 0이고, 이는 코일(190)로 우회되는 전류를 갖는 제 1 전기 코일(40)에 반영된다. 시점(T7)에서 스위치(70)가 개방되어, 전류를 코일(40)로 다시 우회시키고, 제

2 전기 코일(190) 및 제 1 전기 코일(40)로부터의 단락 회로를 제거하며, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 다시 값(VIN-VOUT)으로 상승하고, 제 1 전기 코일의 전류(IL)가 다시 상승하기 시작한다. 사이클의 종료 부분인 시점(T8)에서, 앞서 기재된 바와 같이, 시점(T1)과 동등하게, 제 1 전자 제어식 스위치 양단의 전압이 다시 0이 된다. 즉, 접합점(25)에서의 전압이 VIN에 도달했으며, 제 1 전자 제어식 스위치(20)가 ZVS 하에서 다시 폐쇄된다. 제 1 전기 코일(40)의 충전 또는 방전과 관련된 전자 제어식 스위치(60 및 70)의 동작이 사이클을 T까지로 연장하는 것을 가능하게 한다.

[0031] 도 3C는 특정 실시예에 따라, 한 쌍의 자기 결합된 전기 코일들을 갖고, 단락 회로 경로 내에 추가 커패시터는 없는 동기식 벡 변환기(165)의 하이 레벨 개략도를 도시하며, 도 3D는 도 3C의 동기식 벡 변환기(165)의 동작에 대한 그래프를 도시하며, 여기서, x축은 시간을 나타내고, y축은 전압과 전류를 임의의 값으로 나타낸다. 간결함을 위해, 도 3C 및 3D는 함께 설명될 것이다. 커패시터(80 및 90)가 제공되지 않는다는 것을 제외하고, 동기식 벡 변환기(165)의 구성은 도 3A의 동기식 벡 변환기(155)의 구성과 모든 면에서 유사하다. 도 3D의 그래프는 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)의 게이트-소스 전압, 전압(VL), 및 전류(IL)를 도시한다.

[0032] 동작 중에, 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프되지 않고, 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되지 않는다는 점을 제외하고 동기식 벡 변환기(165)는 모든 면에서 동기식 벡 변환기(155)의 동작과 유사하다. 앞서 기재된 바와 같이, 시점(T2)에서, 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프됨으로써, 전압(VL)은 시점(T3)에서 -VOUT에 도달할 때까지 강하된다. 동기식 벡 변환기(165)에서, 전압(VL)이 0에 도달할 때 전자 제어식 스위치(60)는 스위칭 오프되고, 전자 제어식 스위치(70)는 스위칭 온된다. 전압(VL)이 0이고, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압도 역시 0이다. 따라서 전자 제어식 스위치(70)의 스위칭 온이 ZVS 하에서 이뤄진다.

[0033] 도 4A는 특정 실시예에 따르는 동기식 부스트 변환기(200)의 하이 레벨 개략도이며, 도 4B는 도 4A의 동기식 부스트 변환기(200)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고 y축은 전압을 나타낸다. 간결성을 위해, 도 4A 및 4B는 함께 설명될 것이다. 커패시터(10)가 출력 커패시터이며, 상기 커패시터 양단의 전압이 VIN으로 표시되고, 전기 코일(40 및 190)의 극들이 반전되는 것을 제외하고, 동기식 부스트 변환기(200)의 구성은 도 3A의 동기식 벡 변환기(155)의 구성과 모든 면에서 유사하다. 도 4B의 그래프는, 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)의 게이트-소스 전압, 전압(VL), 및 전류(IL)를 도시한다.

[0034] 동작 중에, 시점(T1)에서, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 VIN이고, 따라서 접합점(25)에서의 전위는 0이다. 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 온되며, 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄지고, 전자 제어식 스위치(60)는 오프(off) 상태이고 전자 제어식 스위치(70)는 온(on) 상태이다. 제 2 전기 코일(190)이 제 1 전기 코일(40)로 자기 결합되기 때문에, 마찬가지로, 제 2 전기 코일(190) 양단의 전압이 VIN이고, 전자 제어식 스위치(70)가 온(on) 상태, 즉, 폐쇄되기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 VIN이다.

[0035] 제 1 전기 코일(40)의 양의 전압에 반응하여, 전류(IL)가 선형으로 증가한다. 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프되고, 마찬가지로, 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 오프된다. 시점(T2) 이후, 접합점(25)의 커패시턴스의 변화에 반응하여 접합점(25)에서의 전압이 상승하기 시작한다. 제 1 전기 코일(40)의 전류(IL)의 변화율이 강해지기 시작하며, 접합점(25)에서의 전압이 VIN에 도달할 때, 즉, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 음의 값이 될 때, 전류는 감소하기 시작한다. 하나의 바람직한 실시예에서, 전류(IL)에 의해 도달되는 최대값이, 필요한 부하 전류를 공급하기에 충분하도록, 제 1 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임(on time)이 선택된다. 시점(T3)에서, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 -(VOUT-VIN)까지로 강하되고, 따라서 전자 제어식 스위치(20) 양단의 전압이 0이 되며, 제어 회로에 의해 ZVS에서 전자 제어식 스위치(20)가 켜진다. 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 제 2 전기 코일(190)에 유사하게 반영되며, 따라서, 시점(T2) 이후로 인덕터(190) 양단의 전압이 강해진다. 커패시터(90)가 충전되기 시작하고 커패시터(80)가 방전되기 시작하며, 커패시터(80 및 90)의 값들은, 시점(T2)에서 커패시터(80)에서 저장되는 에너지가 시점(T3)에서 커패시터(90)에 저장되는 에너지보다 작도록, 선택되고, 따라서, 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이며, 따라서 ZVS 하에서 스위치(60)는 스위칭 온된다. 제 1 전기 코일을 통과하는 전류(IL)는, 시점(T3) 이후, 선형으로 감소하는 진폭으로, 전자 제어식 스위치(20)를 통과한다. 시점(T4)에서, 제 1 전기 코일(40)을 통과하는 전류(IL)의 진폭은 0이고, 그 후, 전류(IL)의 진폭은 계속 감소되어, 음의 값이 되며, 이때, 에너지는 출력 커패시터(10)에 의해 공급된다. 시점(T5)에서, 제 1 전기 코일(40)을 통과하는 전류(IL)가 IMIN에 도달하는 것에 반응하여 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프된다. 최대 입력 전압 및 최대 출력 전류 한계 하에서, 시점(T8)에서 접합점(25)에 의해 도달되는 전압이 0이 되도록 IMIN은 설정되는 것이 바람직하며, 이는 이하에서 설명될 것이다. 하나의 바람직한 실시예에서, IMIN은 VIN의 함수이도록 설정된다. 접합점(25)의 커패시턴스가 방전됨에 따라 접합점(25)에

서의 전압이 강해지고, 제 1 전기 코일(40)의 전류(IL)의 변환율이 감소하기 시작하여, 접합점(25)에서의 전압이 시점(T6)에서 VIN로 강해질 때(즉, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)이 0이 될 때), 0이 된다. 0 전압 강하(zero voltage drop)는 제 2 전기 코일(190)로 반영되고, 따라서, 전자 제어식 스위치(60)가 온 상태이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압 강하가 0이다. 이하에서 더 설명될 제어 회로는 ZVS 하에서 전자 제어식 스위치(70)를 폐쇄하고, 따라서 제 2 전기 코일(190) 양단에 유효한 단락 회로를 형성하며, 이는 제 1 전기 코일(40)에 반영된다. 단락 회로의 경우, 제 2 전기 코일(190) 양단의 전압이 0으로 유지되기 때문에, 전류 변화율 di/dt 가 또한 0이다. 시점(T7)에서 스위치(60)가 개방되고, 따라서 제 2 전기 코일(190) 및 제 1 전기 코일(40)로부터 단락 회로가 제거되고, 전압(VL)이 다시 값(VIN)으로 상승되고, 전류(IL)가 상승하기 시작한다. 사이클의 끝 부분인 시점(T8)에서, 앞서 언급된 바와 같이 시점(T1)과 동등하게, 전자 제어식 스위치(30) 양단의 전압이 다시 0이 되고, 즉, 접합점(25)에서의 전압이 0에 도달하며, 전자 제어식 스위치(30)이 ZVS 하에서 다시 폐쇄된다. 제 1 전기 코일(40)의 충전 또는 방전과 관련이 없는 전자 제어식 스위치(60 및 70)의 동작에 의해, 사이클이 T까지로 연장되는 것이 가능하다.

[0036] 도 4C는 특정 실시예에 따라, 단락 회로 루프 내에 저장 커패시터가 없는 동기식 부스트 변환기(210)의 하이 레벨 개략도를 도시하고, 도 4D는 도 4C의 동기식 부스트 변환기(210)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고, y축은 전압 및 전류를 임의의 단위로 나타낸다. 간결함을 위해 도 4C 및 4D는 함께 설명될 것이다. 커패시터(80 및 90)가 제공되지 않는 것을 제외하고 동기식 부스트 변환기(210)의 구성은 도 4A의 동기식 부스트 변환기(200)의 구성과 모든 면에서 유사하다. 도 4D의 그래프는, 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)의 게이트-소스 전압, 전압(VL), 및 전류(IL)를 도시한다.

[0037] 동작 동안, 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 오프되지 않고 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 온되지 않는다는 점을 제외하고, 동기식 부스트 변환기(210)는 도 4A 및 4b와 관련하여 앞서 기재된 바 있는 동기식 부스트 변환기(200)의 동작과 모든 면에서 유사하다. 앞서 기재된 바와 같이, 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프됨으로써, 제 1 전기 코일(40)의 전압(VL)은 시점(T3)에서 $-(V_{OUT}-V_{IN})$ 에 도달할 때까지 강해진다. 동기식 부스트 변환기(210)에서, 전압(VL)이 0이 될 때 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 오프되고, 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 온된다. 전압(VL)이 0이고, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압도 역시 0이다. 따라서 전자 제어식 스위치(60)의 스위칭 온은 ZVS로 이뤄진다.

[0038] 도 5A는 동기식 플라이백 변환기(300)의 하이 레벨 개략도를 도시하며, 상기 동기식 플라이백 변환기(300)는 입력 커패시터(10)와, 복수의 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)와, 복수의 전기 코일(40, 180 및 190)과, 출력 커패시터(50)와, 복수의 추가 커패시터(80, 90, 100 및 110)를 포함한다. 하나의 실시예에서, 각각의 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)은 NMOSFET들로 구성된다.

[0039] 입력 커패시터(10)의 제 1 단자가 전기 코일(40)의 제 1 단자로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자가 커패시터(100)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(20)의 소스, 및 공통점(common point)으로 연결되며, 하나의 실시예에서, 상기 공통점은 접지이다. 커패시터(100)의 제 2 단자가 전기 코일(40)의 제 2 단자 및 전자 제어식 스위치(20)의 드레인으로 연결되고, 접합점은 25로 표시된다. 출력 커패시터(50)의 제 1 단자는 전기 코일(180)의 제 1 단자로 연결된다. 출력 커패시터(50)의 제 2 단자는 전자 제어식 스위치(30)의 소스, 커패시터(110)의 제 1 단자, 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(180)의 제 2 단자가 커패시터(110)의 제 2 단자와 전자 제어식 스위치(30)의 드레인으로 연결되며, 접합점은 35로 표시된다. 전기 코일(190)의 제 1 단자는 커패시터(90)의 제 1 단자와 전자 제어식 스위치(70)의 드레인으로 연결된다. 커패시터(90)의 제 2 단자는 전자 제어식 스위치(70)의 소스, 커패시터(80)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(60)의 소스, 및 공통점으로 연결된다. 커패시터(80)의 제 2 단자는 전기 코일(190)의 제 2 단자와 전자 제어식 스위치(60)의 드레인으로 연결된다. 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)의 게이트들은 제어 회로(도면에 도시되지 않음)에 연결되며, 이는 도 12와 관련하여 이하에서 설명될 것이다. 전기 코일(40, 180 및 190)은 서로 자기 결합되어 있으며, 간결함을 위해, 동기식 플라이백 변환기(300)가 기재될 것이며, 여기서 전기 코일(40, 180 및 190)은 1:1:1의 권선비를 나타내고, 전기 코일(40)의 제 1 단자, 전기 코일(180)의 제 2 단자, 및 전기 코일(190)의 제 1 단자에서의 극성들이 모두 동일하도록 배열된다. 입력 커패시터(10) 양단의 전압이 VIN으로 표시되며, 출력 커패시터(50) 양단의 전압이 VOUT으로 표시된다. 제 1 단자와 제 2 단자 사이에서 측정된 전기 코일(40) 양단의 전압이 VL로 표시된다. 전기 코일(40)을 통과하여 흐르는 전류가 IP로 표시되며, 전기 코일(180)을 통과하여 흐르는 전류가 IS로 표시된다.

[0040] 도 5B는 도 5A의 동기식 플라이백 변환기(300)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고, y축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 도 5B의 그래프는, 전자 제어식 스위치(20, 30, 60, 및 70)의 게이트-소

스 전압과, 전압(VL)을 도시한다. 간결함을 위해, 도 5A 및 5B의 동작이 함께 설명될 것이다.

- [0041] 시점(T1)에서, 전기 코일(40)의 전압(VL)이 VIN이며, 따라서 접합점(25)에서의 전위가 0이다. 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS 하에서 이뤄진다. 전자 제어식 스위치(60)가 온 상태이고, 전자 제어식 스위치(70)가 오프 상태이다. 전기 코일(190)이 전기 코일(40)에 자기 결합되기 때문에, 마찬가지로, 전기 코일(190) 양단의 전압은 VIN이고, 전자 제어식 스위치(60)가 온 상태, 즉, 폐쇄되기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 VIN이다. 마찬가지로, 전기 코일(180) 양단의 전압이 VIN이다.
- [0042] 전기 코일(40)의 양의 전압에 반응하여, 전기 코일(40)의 전류(IP)가 선형으로 증가한다. 시점(T2)에서 제 2 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프되고, 마찬가지로 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프된다. 하나의 바람직한 실시예에서, 전기 코일(40)의 전류(IP)가, 시점(T2)에서 원하는 출력 전압(VOUT)을 제공하기 위해 필요한 최소값까지 상승하도록 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임이 배열된다. 따라서 전기 코일(40)의 전류(IP)가 전류(IS)로서 전기 코일(180)로 우회되고, 이에 따라서, 커패시터(110)가 방전되며, 전압(VL)이 -VOUT까지로 강아됨에 따라, 접합점(35)에서의 전위가 강아되어, 시점(T3)에서 0이 된다. 커패시터(80)가 충전되기 시작하고, 커패시터(90)가 방전되기 시작하며, 시점(T2)에서 커패시터(90)에 저장된 에너지가 시점(T3)에서 커패시터(80)에 저장된 에너지보다 낮도록 커패시터(80 및 90)의 값이 선택됨으로써, 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이고, 따라서 스위치(70)가 ZVS에서 스위칭 온된다.
- [0043] 시점(T3) 후의 전기 코일(180)의 전류(IS)가, 선형으로 감소하는 진폭으로, 전자 제어식 스위치(30)를 통해 흐른다. 시점(T4)에서, 전기 코일(180)의 전류(IS)의 진폭이 0이고, 계속 감소하여, 음의 값이 되며, 이때, 에너지는 출력 커패시터(50)에 의해 공급된다. 시점(T5)에서, 전류가 IMIN에 도달하는 것에 반응하여 제 2 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 오프된다. 최대 입력 전압 및 최대 출력 전류 한계 하에서, 시점(T8)에서 도달되는 접합점(25)에서의 전압이 0이도록 IMIN이 설정되어야 한다. 하나의 바람직한 실시예에서, IMIN이 VIN의 함수이도록 설정된다. 접합점(35)의 커패시턴스의 충전에 반응하여, 접합점(35)에서의 전압이 상승하고, 전기 코일(180)의 전류(IS)의 변화율은, 감소하기 시작하여, 시점(T6)에서 접합점(35)에서의 전압이 VOUT까지 상승할 때, 즉, 전기 코일(180)의 전압(VL)이 0이 될 때, 0이 된다. 0 전압 강아가 전기 코일(190)에 반영되며, 따라서 전자 제어식 스위치(70)가 온 상태이기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압 강아가 0이 된다. 이하에서 더 설명되겠지만, 제어 회로는 ZVS 하에서 전자 제어식 스위치(60)를 폐쇄하고, 전기 코일(190) 양단에 유효 단락 회로를 생성하며, 이는 전기 코일(40)과 전기 코일(180)에 반영된다. 단락 회로의 경우, 전기 코일(190) 양단의 전압이 0으로 유지되기 때문, 전류 변화율 di/dt 가 또한 0이다. 시점(T7)에서, 스위치(70)가 개방되고, 따라서 전기 코일(190, 180 및 40)로부터 단락 회로가 제거되며, 전류(IP)가 접합점(25)에서의 커패시턴스(커패시터(100))를 방전시킴으로써, 전기 코일(40)의 전압(VL)이 다시 값(VIN)으로 상승된다. 사이클의 끝 부분인 시점(T8)에서, 앞서 언급된 시점(T1)과 동등하게, 전자 제어식 스위치(20) 양단의 전압이 다시 0이 되며, 즉, 접합점(25)에서의 전압이 0이 되고, 전자 제어식 스위치(20)가 ZVS 하에서 다시 폐쇄된다. 전기 코일(40)의 충전 또는 방전과 관련되지 않은 전자 제어식 스위치(60 및 70)의 동작에 의해, 사이클이 T까지로 연장될 수 있다.
- [0044] 도 5C는 특정 실시예에 따라 단락 회로 루프에 커패시터가 없는 동기식 플라이백 변환기(310)의 하이 레벨 개략도를 도시하고, 도 5D는 도 5C의 동기식 플라이백 변환기(310)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서, x축은 시간을 나타내고 y축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 간결함을 위해, 도 5C 및 5D가 함께 설명될 것이다. 커패시터(80 및 90)가 제공되지 않는다는 것을 예외로 동기식 플라이백 변환기(310)의 구성은 도 5A의 동기식 플라이백 변환기(300)의 구성과 모든 면에서 유사하다. 도 5D의 그래프는 전자 제어식 스위치(20, 30, 60 및 70)의 게이트-소스 전압과, 전압(VL)을 도시한다.
- [0045] 동작 중에, 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(0)가 스위칭 오프되지 않고, 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되지 않는 것을 제외하고, 동기식 플라이백 변환기(310)는 도 5A 및 5B와 관련하여 앞서 설명된 바와 같은 동기식 플라이백 변환기(300)의 동작과 모든 면에서 유사하다. 앞서 설명된 바와 같이, 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프됨으로써, 전압(VL)이 시점(T3)에서 -VOUT에 도달할 때까지 강아될 수 있다. 동기식 플라이백 변환기(310)에서, 전압(VL)이 0에 도달할 때까지, 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프되고, 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온된다. 전압(VL)이 0이고, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압도 역시 0이다. 따라서 전자 제어식 스위치(70)의 스위칭 온은 ZVS 하에서 이뤄진다.
- [0046] 도 6A는 특정 실시예에 따르는 복수의 자기 결합된 전기 코일을 갖는 단일 단자 포워드 변환기(400)의 하이 레

벨 개략도를 도시하며, 여기서 상기 단일 단자 포워드 변환기는 입력 커패시터(10)와, 복수의 전자 제어식 스위치(20, 60, 70 및 200)와, 전기 코일(150) 및 복수의 전기 코일(40, 160, 170 및 190)과, 출력 커패시터(50)와, 커패시터(100)와, 한 쌍의 다이오드(130 및 140)를 포함한다. 하나의 실시예에서, 전자 제어식 스위치(20, 60, 70 및 200)는 NMOSFET이다.

[0047] 입력 커패시터(10)의 제 1 단자는 전기 코일(40)의 제 1 단자와 전기 코일(160)의 제 1 단자로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자는 커패시터(100)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(20)의 소스, 전자 제어식 스위치(200)의 소스, 및 공통점으로 연결되며, 하나의 실시예에서, 공통점은 접지이다. 커패시터(100)의 제 2 단자가, 전기 코일(40)의 제 2 단자와, 전자 제어식 스위치(20)의 드레인으로 연결되며, 접합점은 25로 표시된다. 전기 코일(160)의 제 2 단자가 전자 제어식 스위치(200)의 드레인으로 연결된다. 전기 코일(170)의 제 1 단자가 다이오드(130)의 애노드로 연결된다. 전기 코일(170)의 제 2 단자는 다이오드(140)의 애노드, 출력 커패시터(50)의 제 1 단자, 및 공통점으로 연결된다. 다이오드(140)의 캐소드가 다이오드(130)의 캐소드와, 전기 코일(150)의 제 1 단자로 연결된다. 전기 코일(150)의 제 2 단자가 출력 커패시터(50)의 제 2 단자로 연결된다. 전기 코일(190)의 제 1 단자가 전자 제어식 스위치(70)의 드레인으로 연결되고, 전기 코일(190)의 제 2 단자가 전자 제어식 스위치(60)의 드레인으로 연결된다. 전자 제어식 스위치(60)의 소스는 전자 제어식 스위치(70)의 소스 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(40, 160, 170 및 190)이 자기 결합되며, 전기 코일(40)의 제 1 단자, 전기 코일(160)의 제 2 단자, 전기 코일(170)의 제 1 단자, 및 전기 코일(190)의 제 1 단자에서의 극성들이 동일하도록 배열된다. 제 1 단자와 제 2 단자 사이에 측정된 전기 코일(40) 양단의 전압이 VL로 표시된다. 간결함을 위해, 전기 코일(40, 160, 170 및 190)이 1:1:1:1의 권선비를 나타내는 포워드 변환기(400)가 기재될 것이지만, 여기에 한정되는 것을 의미하지는 않는다.

[0048] 도 6B는 도 6A의 단일 단자 포워드 변환기(400)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고 y 축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 도 6B의 그래프는, 전자 제어식 스위치(20, 60, 70 및 200)의 게이트-소스 전압과, 전압(VL)을 도시한다. 간결함을 위해, 도 6A 및 6B의 동작이 함께 설명될 것이다.

[0049] 동작 중에, 시점(T1)에서 전압(VL)이 VIN이며, 따라서 접합점(25)에서의 전위가 0이다. 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다. 전자 제어식 스위치(60)가 온 상태이고, 전자 제어식 스위치(70)가 오프 상태이다. 덧붙이자면, 전자 제어식 스위치(200)가 오프 상태이며, 따라서 이 스테이지에서의 단일 단자 포워드 변환기(300)의 동작은 종래 기술에서 알려진 표준 단일 단자 포워드 변환기의 동작과 유사하다.

[0050] 시점(T2)에서, 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프된다. 접합점(25)의 커패시턴스의 충전 및 이에 따른 전압(VL)의 강하 시작에 반응하여, 접합점(25)에서의 전압이 상승한다. 전압(VL)이 0이 될 때, 전기 코일(190) 양단의 전압이 또한 0이다. 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압도 역시 0이다. 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다. 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프된다. 접합점(25)의 커패시턴스가 계속 충전되어, 시점(T3)에서 $2 \cdot VIN$ 에 도달하고, 그 후, 전압(VL)이 $-VIN$ 이 되며, 전자 제어식 스위치(200)의 드레인에서의 전위가 0이 된다. 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(200)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다.

[0051] 해당업계 종사자라면 알다시피, 단일 단자 포워드 변환기에서, 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임 동안 저장되는 자기 에너지(magnetic energy)는 사이클의 단자에 의해 방전되어야 한다. 이를 수행하기 위한 방법이 많은 문헌, 가령, 1984년04월03일자로 빈치아렐리(Vinciarelli)에게 허여된 미국 특허 4,441,146에 기재되어 있으며, 상기 미국 특허의 전체 내용이 본원에서 참조로서 포함된다. 본 발명의 실시예에서, 전기 코일(160)을 통해 저장된 에너지가 방전되고, 전기 코일(160)을 통과하는 전류가 시간의 흐름에 따라 선형으로 감소하여, 시점(T4)에서 0이 된다. 전류가 계속 감소하여, 시점(T4) 이후, 음의 수가 된다. 접합점(25)에서의 전위가 시점(T8)에서 0에 도달하기에 충분하도록 시점(T5)에서 도달되는 전류 수준이 접합점(25)의 커패시턴스를 방전시키기 위해 필요한 최소의 음의 전류이도록, 전자 제어식 스위치(200)의 온 타임이 선택되며, 이는 이하에서 더 설명될 것이다. 시점(T5)에서 전자 제어식 스위치(200)가 스위칭 오프되고, 접합점(25)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, 접합점(25)에서의 전압이 강하되기 시작하고, 시점(T6)에서 VIN에 도달한다. 따라서 전압(VL)이 상승하여, 시점(T6)에서 0에 도달한다. 따라서 전기 코일(190) 양단의 전압이 또한 0이 되고, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 역시 0이다.

[0052] 이제 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온이 ZVS에

서 이뤄진다. 전기 코일(160)을 통과하여 흐르는 전류가 전기 코일(190)로 우회되며, 이때 전압(VL)이 0인 한 전류가 고정된 값을 유지한다. 시점(T7)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 오프됨으로써, 전기 코일(190)을 통과하여 흐르는 전류가 전기 코일(40)로 우회된다. 접합점(25)의 커패시턴스가 방전하는 것과 시점(T8)에서 0에 도달하는 것에 반응하여, 접합점(25)에서의 전압이 계속 강해진다. 따라서 전압(VL)이 상승하여, 시점(T8)에서 VIN에 도달한다. 이제 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS이다.

[0053] 다이오드(130 및 140)와 협업하는 전기 코일(150 및 170)의 동작이 해당업체 종사자에게 잘 알려져 있다. 전기 코일(170) 양단의 전압은 VL이다. 전압(VL)이 VIN일 때, 다이오드(130)가 전도 상태가 되고, 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 상승한다. 전압(VL)이 -VIN인 때, 다이오드(130)는 전도 상태가 아니고, 다이오드(140)가 전도 상태이며, 따라서 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 감소한다.

[0054] 도 7은 종래 기술에 따르는, 풀 브리지 위상 편이 변환기(full bridge phase shift converter, 500)의 하이 레벨 개략도를 도시한다. 풀 브리지 위상 편이 변환기(500)는, 입력 커패시터(10)와, 출력 커패시터(50)와, 한 쌍의 다이오드(130 및 140)와, 복수의 추가 커패시터(220, 230, 270 및 280)와, 복수의 전자 제어식 스위치(240, 250, 290, 및 300)와, 복수의 전기 코일(150, 260, 310, 및 320)을 포함한다. 전자 제어식 스위치(240, 250, 290, 및 300)는 일반적으로 NMOSFET이다.

[0055] 입력 커패시터(10)의 제 1 단자가 커패시터(220)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(240)의 드레인, 커패시터(270)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(290)의 드레인으로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자는 커패시터(230)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(250)의 소스, 커패시터(280)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(300)의 소스, 및 일반적으로 접지인 공통점(도면에 도시되지 않음)으로 연결된다. 커패시터(220)의 제 2 단자가 커패시터(230)의 제 2 단자, 전자 제어식 스위치(240)의 소스, 전자 제어식 스위치(250)의 드레인, 및 전기 코일(260)의 제 1 단자로 연결된다. 전기 코일(260)의 제 2 단자가 커패시터(270)의 제 2 단자, 커패시터(280)의 제 2 단자, 전자 제어식 스위치(290)의 소스, 전자 제어식 스위치(300)의 드레인으로 연결된다. 출력 커패시터(50)의 제 1 단자가 전기 코일(150)의 제 1 단자로 연결되고, 출력 커패시터(50)의 제 2 단자가 전기 코일(310)의 제 1 단자, 전기 코일(320)의 제 1 단자, 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(150)의 제 2 단자가 다이오드(130)의 캐소드 및 다이오드(140)의 캐소드로 연결된다. 전기 코일(310)의 제 2 단자는 다이오드(130)의 애노드로 연결되고, 전기 코일(320)의 제 2 단자가 다이오드(140)의 애노드로 연결된다. 전기 코일(260, 310 및 320)이 자기 결합되고, 전기 코일(260)의 제 2 단자, 전기 코일(310)의 제 2 단자, 및 전기 코일(320)의 제 1 단자에서의 극성이 서로 동일하도록 배열된다. 풀 브리지 위상 편이 변환기(500)는, 적어도 일정 범위의 입력 전압 및 출력 전류에서 고정 주파수로 동작하는 동안 ZVS를 가능하게 한다. 풀 브리지 위상 변환기(500)의 동작은 해당업체 종사자에게 잘 알려져 있으며, 간결함을 위해 추가로 설명되지 않는다.

[0056] 도 8A는 특정 실시예에 따르는 복수의 자기 결합된 전기 코일을 갖는 푸시-풀 변환기(push-pull converter, 550)의 하이 레벨 개략도이다. 이하에서 설명될 바와 같이, 푸시-풀 변환기(550)의 구성 및 동작은, 도 7의 풀 브리지 위상 편이 변환기(500)와 유사하게, 일정 범위의 입력 전압 및 부하 전류에서 0 전압 스위칭(ZVS: zero voltage switching)을 가능하게 한다. 푸시-풀 변환기(550)는, 입력 커패시터(10)와, 복수의 전자 제어식 스위치(20, 60, 70 및 200)와, 전기 코일(150)과, 복수의 전기 코일(40, 160, 190, 310, 및 320)과, 출력 커패시터(50)와, 복수의 추가 커패시터(80, 90, 100 및 330)와, 한 쌍의 다이오드(130 및 140)를 포함한다. 하나의 실시예에서 전자 제어식 스위치(20, 60, 70 및 200)는 NMOSFET으로 구성된다.

[0057] 입력 커패시터(10)의 제 1 단자가 전기 코일(40)의 제 1 단자와 전기 코일(160)의 제 1 단자로 연결되며, 여기서, 극성에 대해 점으로 표시된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자가 커패시터(100)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(20)의 소스, 커패시터(330)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(200)의 소스, 및 공통점(도면에 도시되지 않음)으로 연결되며, 하나의 실시예에서 상기 공통점은 접지이다. 커패시터(100)의 제 2 단자가 전기 코일(40)의 제 2 단자로 연결되고(극성에 대해 점으로 표시됨), 전자 제어식 스위치(20)의 드레인으로 연결되며, 접합점은 25로 표시된다. 전기 코일(160)의 제 2 단자가 전자 제어식 스위치(200)의 드레인 및 커패시터(330)의 제 2 단자로 연결되고, 접합점은 205로 표시된다. 전기 코일(310)의 제 1 단자는 극성에 대해 점으로 표시되고 다이오드(130)의 애노드로 연결된다. 전기 코일(310)의 제 2 단자가 전기 코일(320)의 제 1 단자로 연결되며(극성에 대해 점으로 표시됨), 출력 커패시터(50)의 제 1 단자, 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(320)의 제 2 단자가 다이오드(140)의 애노드로 연결된다. 전기 코일(150)의 제 1 단자(극성에 대해 점으로 표시됨)가 다이오드(130)의 캐소드와 다이오드(140)의 캐소드로 연결된다. 전기 코일(150)의 제 2 단자가 출력 커패시터(50)의 제 2 단자로 연결된다. 전기 코일(190)의 제 1 단자(극성에 대해 점으로 표시됨)가 전자 제어식 스위치(70)의 드레인

과 커패시터(90)의 제 1 단자로 연결된다. 전기 코일(190)의 제 2 단자가 전자 제어식 스위치(60)의 드레인과 커패시터(80)의 제 1 단자로 연결된다. 전자 제어식 스위치(60)의 소스가 커패시터(80)의 제 2 단자, 커패시터(90)의 제 2 단자, 전자 제어식 스위치(70)의 소스, 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(40, 160, 310, 320, 및 190)들이 자기 결합되며, 하나의 실시예에서 1:1:1:1의 권선비를 갖는 것으로 도시되지만, 이에 국한되는 것은 아니다. 제 1 단자와 제 2 단자 사이에서 측정된 전기 코일(40) 양단의 전압이 VL로 표시된다.

[0058] 도 8B는 도 8A의 푸시-풀 변환기(550)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고 y축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 도 8B의 그래프는 전자 제어식 스위치(20, 60, 70 및 200)의 게이트-소스 전압과, 전압(VL)을 나타낸다. 간결함을 위해, 도 8A 및 8B의 동작이 함께 설명될 것이다.

[0059] 동작 중에서, 시점(T1)에서 전압(VL)이 VIN이며, 따라서 접합점(25)에서의 전위가 0이다. 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭은 ZVS로 이뤄진다. 전자 제어식 스위치(70)가 온 상태이고, 전자 제어식 스위치(60)가 오프 상태이다.

[0060] 이하에서 더 설명되겠지만, 시점(T2)에서, 출력 전압을 유지하기 위해 제어 회로 피드백 루프에 선택적으로 반응하여, 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프된다. 접합점(25)의 커패시턴스의 충전에 반응해, 접합점(25)에서의 전위가 상승하기 시작하여, 시점(T3)에서 VIN에 도달한다. 즉, 시점(T3)에서 전압(VL)이 0까지 강하한다. 전압(VL)이 0이 될 때, 전기 코일(190) 양단의 전압도 역시 0이다. 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압도 역시 0이다. 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭되며, 이러한 스위칭은 ZVS에서 이뤄진다. 이제 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 전기 코일(190)에 반영된다.

[0061] 시점(T4)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 오프된다. 접합점(25)의 커패시턴스의 충전에 반응하여, 시점(T5)에서 2*VIN에 도달할 때까지, 즉, 전압(VL)이, -VIN(시점(T1)에서의 값과 대칭)과 동일해질 때까지 접합점(25)에서의 전압이 상승한다. 덧붙이자면, 시점(T4) 이후, 접합점(205)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, 접합점(205)에서의 전압이 강하하여, 시점(T5)에서 0에 도달한다. 전자 제어식 스위치(200)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭은 ZVS에서 이뤄진다.

[0062] 시점(T6)에서 전자 제어식 스위치(200)가 스위칭 오프된다. 접합점의 커패시턴스의 방전에 반응하여 접합점(25)에서의 전압이, 시점(T7)에서 VIN에 도달할 때까지, 즉, 시점(T7)에서 전압(VL)이 0이 될 때까지, 강하하기 시작한다. 전압(VL)이 0이기 때문에, 전기 코일(190) 양단의 전압이 또한 0이다. 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 또한 0이다. 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다. 따라서 전압(VL)이 0에서 고정(clamp)되고, 이제 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 전기 코일(190)에 반영된다.

[0063] 시점(T8)에서, 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프되고, 접합점(25)의 커패시턴스의 방전에 반응하여 접합점(25)에서의 전압이 계속 강하되어, 시점(T9)에서 0에 도달한다. 즉, 시점(T9)에서 전압(VL)이 VIN까지 상승한다. 시점(T9)에서 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS이다.

[0064] 도 9A는 특정 실시예에 따라, 하프 브리지 위상 편이 변환기(half bridge phase shift converter, 560)를 도시한다. 하프 브리지 위상 편이 변환기(560)의 구성 및 동작은, 이하에서 더 기재될 바와 같이, 일정 범위의 입력 전압 및 출력 전류에서, 도 7의 풀 브리지 위상 편이 변환기와 유사한 0 전압 스위칭(ZVS)을 가능하게 한다. 하프 브리지 변환기(560)는 입력 커패시터(10), 출력 커패시터(50), 한 쌍의 다이오드(130 및 140), 복수의 추가 커패시터(80, 90, 220, 230, 270 및 280), 복수의 전자 제어식 스위치(60, 70, 240, 및 250), 및 복수의 전기 코일(150, 190, 260, 310 및 320)을 포함한다. 하나의 실시예에서, 전자 제어식 스위치(60, 70, 240, 및 250)가 NMOSFET으로 구성된다.

[0065] 입력 커패시터(10)의 제 1 단자는 커패시터(220)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(240)의 드레인, 및 커패시터(270)의 제 1 단자로 연결된다. 입력 커패시터(10)의 제 2 단자가 커패시터(230)의 제 1 단자, 전자 제어식 스위치(250)의 소스, 커패시터(280)의 제 1 단자, 및 공통점(도면에 도시되지 않음)으로 연결되며, 하나의 실시예에서, 상기 공통점은 접지이다. 커패시터(220)의 제 2 단자가 커패시터(230)의 제 2 단자, 전자 제어식 스위치(240)의 소스, 전자 제어식 스위치(250)의 드레인, 및 전기 코일(260)의 제 1 단자로 연결되고, 접합점은 245로 표시된다. 전기 코일(260)의 제 2 단자(극성에 대해 점으로 표시됨)가 커패시터(270)의 제 2 단자, 및 커패시터(280)의 제 2 단자로 연결된다. 출력 커패시터(50)의 제 1 단자가 전기 코일(150)의 제 1 단자로 연결되고, 출력 커패시터(50)의 제 2 단자는 전기 코일(310)의 제 1 단자, 전기 코일(320)의 제 1 단자(극성에 대해 점으로

표시됨), 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(150)의 제 2 단자(극성에 대해 점으로 표시됨)는 다이오드(130)의 캐소드와 다이오드(140)의 캐소드로 연결된다. 전기 코일(310)의 제 2 단자(극성에 대해 점으로 표시됨)가 다이오드(130)의 애노드로 연결되고, 전기 코일(320)의 제 2 단자가 다이오드(140)의 애노드로 연결된다. 전기 코일(190)의 제 1 단자(극성에 대해 점으로 표시됨)가 전자 제어식 스위치(70)의 드레인과 커패시터(90)의 제 1 단자로 연결된다. 전기 코일(190)의 제 2 단자는 전자 제어식 스위치(60)의 드레인과 커패시터(80)의 제 1 단자로 연결된다. 전자 제어식 스위치(60)의 소스가 커패시터(80)의 제 2 단자, 커패시터(90)의 제 2 단자, 전자 제어식 스위치(70)의 소스, 및 공통점으로 연결된다. 전기 코일(260, 310, 320, 및 190)들이 자기 결합된다. 입력 전압(VIN)에 대한 분압기(voltage divider)를 제공하도록 커패시터(270 및 280)가 배열되며, 따라서 전기 코일(260)의 제 2 단자에서의 전압이 $VIN/2$ 로 유지된다.

[0066] 도 9B는 도 9A의 하프 브리지 변환기(560)의 동작의 그래프를 도시하며, x축은 시간을 나타내고, y축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 도 9B의 그래프는, 전자 제어식 스위치(60, 70, 240, 및 250)의 게이트-소스 전압과, 전압(VL)을 나타낸다. 간결함을 위해, 도 9A 및 9B의 동작이 함께 설명될 것이다.

[0067] 동작 중에, 시점(T1)에서, 전압(VL)이 $VIN/2$ 이며, 따라서 접합점(245)에서의 전위가 VIN이다. 전자 제어식 스위치(240)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭이 ZVS에서 이뤄진다. 전자 제어식 스위치(70)가 온 상태이고, 전자 제어식 스위치(60)가 오프 상태이다.

[0068] 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(240)가 스위칭 오프된다. 접합점(245)의 커패시턴스의 방전에 반응하여 접합점(245)에서의 전위가 강해지기 시작하여 시점(T3)에서 $VIN/2$ 에 도달한다. 즉, 전압(VL)이 시점(T3)에서 0이 된다. 전압(VL)이 0이 될 때, 전기 코일(190) 양단의 전압이 또한 0이 된다. 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 또한 0이다. 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭은 ZVS에서 이뤄진다. 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 전기 코일(190)에 반영된다.

[0069] 시점(T4)에서, 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 오프된다. 접합점(245)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, 접합점(245)에서의 전압이 계속 강해지고, 시점(T5)에서 0에 도달한다. 즉, 전압(VL)이 $-VIN/2$ 가 된다. 시점(T5)에서, 전자 제어식 스위치(250)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS이다. 시점(T5) 내지 시점(T9)의 동작은 시점(T1) 내지 시점(T5)의 동작과 완전히 대칭이다.

[0070] 시점(T6)에서, 전자 제어식 스위치(250)가 스위칭 오프되고, 이로써, 접합점(245)의 커패시턴스의 충전에 반응하여, 접합점(245)에서의 전압이 상승하기 시작해, 시점(T7)에서 $VIN/2$ 가 된다. 즉, 시점(T7)에서 전압(VL)이 0이 된다. 전압(VL)이 0이기 때문에, 전기 코일(190) 양단의 전압도 역시 0이다. 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압도 역시 0이다. 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭은 ZVS에서 이뤄진다. 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 전기 코일(190)에 반영된다.

[0071] 시점(T8)에서 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프되고, 접합점(245)의 커패시턴스의 충전에 반응하여, 접합점(245)에서의 전압이 계속 상승해, 시점(T9)에서 VIN에 도달하고, 전기 코일 양단의 전압(VL)이 $VIN/2$ 에 도달한다. 전자 제어식 스위치(240)가 시점(T9)에서 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다.

[0072] 도 10A는 특정 실시예에 따라, 자기 결합된 복수의 전기 코일을 이용한 동기식 정류(synchronous rectification)를 보여주는 푸시-풀 변환기(600)의 하이 레벨 개략도를 도시한다. 다이오드(130 및 140)가 전자 제어식 스위치(130 및 140)로 대체되고, 각각의 절반의 사이클(half cycle) 동안 전류가 음의 값이 되도록 전기 코일(150)의 인덕턴스가 선택되는 것을 제외하고, 푸시-풀 변환기(600)의 구성은 도 8A의 푸시-풀 변환기(550)의 구성과 유사하다. 하나의 실시예에서, 전자 제어식 스위치(130 및 140)가 NMOSFET으로 구성된다. 전자 제어식 스위치(130)의 소스가 전기 코일(310)의 제 1 단자로 연결되고, 전자 제어식 스위치(140)의 소스가 전기 코일(320)의 제 2 단자로 연결된다. 전자 제어식 스위치(130)의 드레인이 전자 제어식 스위치(140)의 드레인과 전기 코일(150)의 제 1 단자로 연결된다. 전기 코일(40, 160, 310, 및 320)이 서로 자기 결합되며, 이와 별도로 전기 코일(150 및 190)이 서로 자기 결합된다. 간결함을 위해, 자기 결합된 전기 코일들 간 권선비가 1:1인 푸시-풀 변환기(600)가 설명될 것이다. 전기 코일(40)의 제 1 단자, 전기 코일(160)의 제 2 단자, 전기 코일(310)의 제 1 단자, 및 전기 코일(320)의 제 1 단자에서의 극성이 모두 동일하도록 전기 코일(40, 160, 310 및 320)이 배열된다. 전기 코일(190)의 제 1 단자 및 전기 코일(150)의 제 1 단자에서의 극성이 모두 동일하도록, 전기 코일(150 및 190)이 배열된다. 제 1 단자와 제 2 단자 사이에서 측정되는 전기 코일(40) 양단의 전압이 VL

로 표시되며, 전기 코일(150)을 통과하여 흐르는 전류가 IL로 표시된다.

- [0073] 도 10B는 도 10A의 푸시-풀 변환기(600)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고 y축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 도 10B의 그래프가, 전자 제어식 스위치(20, 60, 70, 130, 140 및 200)의 게이트-소스 전압과, 전압(VL)을 도시한다. 간결함을 위해, 도 10A 및 10B의 동작이 함께 설명될 것이다.
- [0074] 동작 중에, 시점(T1)에서, 전압(VL)이 VIN이며, 따라서 접합점(25)에서의 전위가 0이다. 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다. 전자 제어식 스위치(60 및 130)가 또한 온 상태이다. 시점(T2)에서 전자 제어식 스위치(20)가 스위칭 오프된다. 하나의 실시예에서, 원하는 고정 출력 전압(VOUT)을 보장하도록, 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임이 결정된다. 접합점(25)의 커패시턴스의 충전에 반응하여 접합점(25)에서의 전압이 상승하여, 시점(T3)에서 VIN에 도달한다. 따라서 전압(VL)은, 각각의 전기 코일(160, 310 및 320) 양단의 전압처럼, 0이다. 각각의 전기 코일(310 및 320) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(130) 양단의 전압처럼, 전자 제어식 스위치(140) 양단의 전압도 역시 0이다. 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(140)가 스위칭 온되며, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS로 이뤄진다.
- [0075] 전자 제어식 스위치(130 및 140)가 온 상태기 때문에, 전류(IL)가 전자 제어식 스위치(130 및 140)를 통과해 흐르고, 이는 직렬 연결된 전기 코일(310 및 320) 양단에 단락 회로를 만드는 기능을 한다. 전기 코일(150) 양단의 전압은 -VOUT이고, 따라서 전류(IL)가 감소하여, 시점(T4)에서 음의 수가 된다.
- [0076] 하나의 바람직한 실시예에서, 이하에서 더 설명되겠지만, 음의 전류(IL)가 시점(T5)에서, 자화 전류(magnetizing current)를 고려해 전기 코일(320) 양단의 전압이 VIN까지 상승하도록 하는 값에 도달하도록, 전자 제어식 스위치(130)의 온 타임이 선택된다. 시점(T5)에서 전자 제어식 스위치(130)가 스위칭 오프된다. 이제 전류(IL)가 전자 제어식 스위치(140) 및 전기 코일(320)을 통해 흐른다. 전기 코일(320)을 통과해 흐르는 음의 전류(IL)가, 전자 제어식 스위치(140)의 소스와 공통점 사이에서 측정된 전기 코일 양단의 전압이 증가할 수 있고, 이로써, 전압(VL)의 감소 및 전기 코일(160) 양단의 전압의 증가가 야기된다. 따라서 접합점(25)에서의 전압이 증가하고, 접합점(205)에서의 전압이 감소한다.
- [0077] 전기 코일(320)을 통과하여 흐르는 음의 전류(IL)에 의해, 전자 제어식 스위치(140)의 소스와 공통점 사이에서 측정된 전기 코일 양단의 전압이 증가하고, 이로써, 전압(VL)의 감소 및 전기 코일(160) 양단의 전압의 증가가 야기된다. 따라서 접합점(25)에서의 전압이 증가하고 접합점(205)에서의 전압이 감소한다.
- [0078] 전기 코일(320) 양단의 전압이 증가함에 따라, 전자 제어식 스위치(130)의 드레인과 출력 사이에서 측정된 전기 코일(150) 양단의 전압이 감소한다. 시점(T6)에서 전기 코일(320) 양단의 전압이 VOUT이며, 전기 코일(150) 양단의 전압이 0이다. 따라서 전기 코일(190) 양단의 전압이 또한 0이고, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압도 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이다. 따라서 시점(T6)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되고, 상기 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온이 ZVS에서 이뤄진다. 따라서 음의 전류(IL)가 전기 코일(190)에 반영되며, 고정 값으로 유지된다. 덧붙이자면, 전기 코일(320) 양단의 전압이 VOUT으로 고정(clamp)되며, 따라서 전압(VL)이 -VOUT에서 고정된다.
- [0079] 시점(T7)에서 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프되어, 전압(VL) 고정을 해제(unclamp)한다. 전기 코일(320) 양단의 전압이 계속 상승한다. 시점(T8)에서 전기 코일(320) 양단의 전압이 VIN에 도달하고, 따라서 접합점(205)에서의 전압이 0이 되고, 접합점(25)에서의 전압이 2*VIN이 된다. 따라서 시점(T7)에서 전자 제어식 스위치(200)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온이 ZVS에서 이뤄진다. 그 후, 전압(VL)이 -VIN에서 고정된다. 따라서 푸시-풀 변환기(600)의 동작의 사이클의 제 1 절반이 완료된다. 사이클의 제 2 절반은 제 1 절반과 대칭이며, 간결함을 위해 설명되지 않는다.
- [0080] 형성된 음의 전류(IL)의 최소값이 출력 전류의 함수가 아니기 때문에, 전자 제어식 스위치(20, 60, 70, 130, 140, 및 200)의 0 전압 스위칭이 임의의 부하를 갖고 이뤄지며, 바람직하게는, 전자 제어식 스위치(60, 70)는 전기 코일(40)과 관련된 에너지 전달(energy transfer)에 참여하지 않는다.
- [0081] 도 11A는 특정 실시예에 따르는 동기식 정류를 이용하는, 저장 요소 전기 코일과 자기 결합된 추가 전기 코일을 갖는 하프 브리지 변환기(700)의 하이 레벨 개략도이다. 다이오드(130 및 140)가 전자 제어식 스위치(130 및 140)로 대체되고, 각각의 절반 사이클 동안 전류가 음의 값이도록 전기 코일(150)의 인덕턴스가 선택되는 것을 제외하고, 하프 브리지 변환기(700)의 구성이 도 9A의 하프 브리지 위상 편이 변환기(560)의 구성과 유사하다. 하나의 실시예에서, 전자 제어식 스위치(130 및 140)는 각각 NMOSFET으로 구성된다. 전자 제어식 스위치(130)의

소스가 전기 코일(310)의 제 2 단자로 연결되고, 전자 제어식 스위치(320)의 소스가 전기 코일(320)의 제 2 단자로 연결된다. 전자 제어식 스위치(130)의 드레인이 전자 제어식 스위치(140)의 드레인과 전기 코일(150)의 제 2 단자로 연결된다. 전기 코일(260)이 전기 코일(310 및 320)로 자기 결합되며, 하나의 실시예에서, 전기 코일(260)은 변압기의 1차 권선이고, 전기 코일(310 및 320)은 변압기의 2차 권선이다. 전기 코일(150 및 190)이 별도로 자기 결합된다. 전기 코일(310)의 제 2 단자, 전기 코일(320)의 제 1 단자, 및 전기 코일(260)의 제 1 단자에서의 극성이 모두 동일하도록 전기 코일(260, 310 및 320)이 배열된다. 전기 코일(150)의 제 2 단자, 및 전기 코일(190)의 제 1 단자에서의 극성이 동일하도록 전기 코일(150 및 190)이 배열된다. 전압(VL)은, 전기 코일(260)의 제 1 단자와 제 2 단자 사이에서 측정된 상기 전기 코일(260) 양단의 전압 강하값이다.

[0082] 도 11B는 도 11A의 하프 브리지 변환기(700)의 동작의 그래프를 도시하며, 여기서 x축은 시간을 나타내고 y축은 전압을 임의의 단위로 나타낸다. 도 11B의 그래프는, 전자 제어식 스위치(60, 70, 130, 140, 240 및 250)의 게이트-소스 전압과, 전압(VL)을 도시한다. 간결함을 위해, 도 11A와 도 11B의 동작이 함께 설명될 것이다.

[0083] 동작 중에, 시점(T1)에서, 전압(VL)이 $V_{IN}/2$ 이다. 즉, 접합점(245)에서의 전위가 V_{IN} 이다. 전자 제어식 스위치(240)가 스위칭 온되며, 상기 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다. 따라서 전압(VL)이 $V_{IN}/2$ 에서 고정된다. 전자 제어식 스위치(60 및 130)가 역시 온 상태이다. 시점(T2)에서, 전자 제어식 스위치(240)가 스위칭 오프된다. 원하는 출력 전압(V_{OUT})을 보장하도록 전자 제어식 스위치(240)의 온 타임이 결정된다. 접합점(245)의 커패시턴스의 방전에 반응하여, 상기 접합점(245)에서의 전압이 강하하기 시작하여, 시점(T3)에서 $V_{IN}/2$ 에 도달한다. 따라서 전압(VL)은, 각각의 전기 코일(310 및 320) 양단의 전압처럼, 0이다. 시점(T3)에서 전자 제어식 스위치(140)가 스위칭 온된다. 전기 코일(310 및 320) 양단의 전압이 0이기 때문에, 전기 제어식 스위치(130) 양단의 전압처럼, 전자 제어식 스위치(140) 양단의 전압도 0이며, 따라서 이러한 스위칭은 ZVS에서 이뤄진다.

[0084] 전자 제어식 스위치(130 및 140)가 온 상태이기 때문에, 전류(IL)가 전자 제어식 스위치(130 및 140)를 통과하여 흐르고, 이는, (하나의 실시예에서, 변압기의 2차 권선을 나타내는) 전기 코일(310, 320) 양단에 효과적으로 단락 회로를 만든다. 전기 코일(150) 양단의 전압이 $-V_{OUT}$ 이며, 따라서 전류(IL)가 감소한다. 시점(T4)에서 전류(IL)가 0에 도달한다. 전류(IL)가 계속 감소하며, 시점(T5)에서 전류(IL)는, 자화 전류를 고려하여 전기 코일(320) 양단의 전압을 $V_{IN}/2$ 까지로 상승시킬 수 있는 음의 값에 도달한다(이하에서 더 설명될 것이다). 시점(T5)에서 전자 제어식 스위치(130)가 스위칭 오프된다. 이제 전류(IL)가 전자 제어식 스위치(140) 및 전기 코일(320)을 통해 흐른다. 전기 코일(320)을 통해 흐르는 음의 전류(IL)에 의해, 전자 제어식 스위치(140)의 소스와 공통점 사이에서 측정되는 것과 같은 상기 전기 코일 양단의 전압이 증가하고, 이로써, 전압(VL)이 감소한다. 따라서 접합점(245)에서의 전위가 감소한다.

[0085] 전기 코일(320) 양단의 전압이 증가할수록, 전자 제어식 스위치(130)와 출력 사이에서 측정된 전기 코일(150) 양단의 전압이 감소한다. 시점(T6)에서, 전기 코일(320) 양단의 전압이 V_{OUT} 이며, 전기 코일(150) 양단의 전압이 0이다. 전기 코일(190) 양단의 전압도 역시 0이며, 전자 제어식 스위치(60) 양단의 전압도 0이기 때문에, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이다. 시점(T6)에서 전자 제어식 스위치(70)가 스위칭 온되고, 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에 이러한 스위칭 온이 ZVS에서 이뤄진다. 따라서 음의 전류(IL)가 전기 코일(190)에 반영되고, 고정 값을 유지한다. 덧붙이자면, 전기 코일(320) 양단의 전압이 V_{OUT} 으로 고정되고, 따라서 전압(VL)이 $-V_{OUT}$ 으로 고정된다.

[0086] 시점(T7)에서 전자 제어식 스위치(60)가 스위칭 오프되고, 전압(VL)의 고정이 해제된다. 전기 코일(320) 양단의 전압이 계속 상승한다. 시점(T8)에서 전기 코일(320) 양단의 전압이 $V_{IN}/2$ 에 도달하며, 따라서 접합점(245)에서의 전압이 0이다. 그 후, 전자 제어식 스위치(250)가 스위칭 온되며, 상기 스위치 양단의 전압이 0이기 때문에, 이러한 스위칭 온은 ZVS에서 이뤄진다. 따라서 하프 브리지 변환기(700)의 동작의 사이클의 제 1 절반이 완료된다. 사이클의 제 2 절반은 상기 제 1 절반에 대칭적이며, 간결함을 위해 기재하지 않겠다.

[0087] 형성된 음의 전류(IL)가 출력 전류의 함수가 아니기 때문에, 전자 제어식 스위치(60, 70, 130, 140, 240, 및 250)의 0 전압 스위칭이 임의의 부하를 갖고 이뤄지며, 바람직하게도 전자 제어식 스위치(60 및 70)가 전기 코일(260)과 관련된 에너지 전달에 참여하지 않는다.

[0088] 도 12는 도 3A의 동기식 벅 변환기(155)의 제어에 적합한 특정 실시예에 따르는 제어 회로(800)의 하이 레벨 개략도를 도시하고, 도 2A-11의 변환기들 중 임의의 것의 적절한 논리적 수정이 사용될 수 있다. 제어 회로(800)는 클록 섹션(clock section, 810)과, 복수의 0 전압 검출기(zero voltage detector, 820, 830 및 840)와, 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)와, PWM 섹션(860)과, REF 섹션(870)과, 최소 전류 기능부(88)와,

복수의 플립-플롭(F.F.)(890, 900, 910, 및 920)과, AND 게이트(990)와, 복수의 버퍼(1000, 1010, 1020, 및 1030)를 포함한다. 제어 회로(800) 외부에, 복수의 저항기(1040, 1050, 1060 및 RT)와, 커패시터(CT)가 있다. 플립-플롭(890, 900, 910 및 920)은 하나의 실시예에서 S-R 플립-플롭이다.

[0089] 저항기(RT)의 제 1 단자가 클록 섹션(810)의 제 1 입력으로 연결되고, 커패시터(CT)의 제 1 단자가 클록 섹션(810)의 제 2 입력으로 연결되며, 이때, 저항기(RT)와 커패시터(CT) 각각의 제 2 단자는 접지로 연결되는 것이 일반적이다. 클록 섹션(810)의 출력이 최대 전류 또는 최소 듀티 사이클 기능부(850)의 제 1 입력, PWM 섹션(860)의 제 1 입력, F.F.(920)의 리세트(reset) 입력, OR 게이트(950)의 제 1 입력, 및 OR 게이트(960)의 제 1 입력으로 연결된다. 각각의 0 전압 검출기(820, 830, 및 840)의 입력이 각각, 도 3A의 동기식 벅 변환기(155)의 전자 제어식 스위치(30, 60, 및 70)의 드레인으로 연결된다. 0 전압 검출기(820)의 출력이 최소 전류 기능부(880)의 제 1 입력 및 AND 게이트(990)의 제 1 입력으로 연결된다. 0 전압 검출기(830)의 출력이 OR 게이트(960)의 제 2 입력으로 연결된다. 0 전압 검출기(840)의 출력이 F.F.(910)의 리세트(reset) 입력과 F.F.(920)의 세트(set) 입력으로 연결된다. 각각의 저항기(1040 및 1050)의 제 1 단자들은, 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)의 제 2 및 제 3 입력으로 연결되고, 저항기(1040 및 1050)의 각각의 제 2 단자들은 접지로 연결된다. 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)의 제 4 입력이 전류(IL)의 전압 표현(voltage representation)으로 연결된다. 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)의 제 1 출력이 OR 게이트(930)의 제 1 입력으로 연결되고, 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)의 제 2 출력이 OR 게이트(930)의 제 2 입력으로 연결된다.

[0090] PWM 섹션(860)의 제 1 입력이 전류(IL)의 전압 표현으로 연결된다. PWM 섹션(860)의 제 2 입력이 동기식 벅 변환기(155)의 에러 증폭기(E/A)의 출력으로 연결되고, PWM 섹션(860)의 제 3 입력이 F.B.로 표시된 에러 증폭기의 입력으로 연결된다. PWM 섹션(860)의 출력이 F.F.(890)의 세트 입력과 인버터(970)의 입력으로 연결된다. REF 섹션(870)의 출력이 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)의 제 5 입력, PWM 섹션(860)의 제 5 입력, 및 최소 전류 기능부(880)의 제 2 입력으로 연결된다. 저항기(1060)의 제 1 단자가 최소 전류 기능부(880)의 제 3 입력으로 연결되며, 이때 저항기(1060)의 제 2 단자가 접지로 연결되는 것이 일반적이다. 최소 전류 기능부(880)의 제 4 입력이 전자 제어식 스위치(30)의 드레인으로 연결된다. 최소 전류 기능부(880)의 출력이 OR 게이트(950)의 제 2 입력으로 연결된다. OR 게이트(930)의 출력이 OR 게이트(940)의 제 1 입력으로 연결된다. OR 게이트(940)의 제 2 입력이 인버터(970)의 출력으로 연결되고, OR 게이트(940)의 출력이 F.F.(890)의 리세트 입력으로 연결된다. AND 게이트(990)의 제 2 입력이 인버터(980)의 출력으로 연결되고, AND 게이트(990)의 출력이 F.F.(900)의 세트 입력으로 연결된다. OR 게이트(950)의 출력이 F.F.(900)의 리세트 입력으로 연결되며, OR 게이트(960)의 출력이 F.F.(910)의 세트 입력으로 연결된다. F.F.(890)의 출력이 인버터(980)의 입력으로 연결되고, 버퍼(1000)를 통해 전자 제어식 스위치(20)의 게이트로 연결된다. F.F.(900)의 출력이 버퍼(1010)를 통해 전자 제어식 스위치(30)의 게이트로 연결되며, F.F.(910)의 출력이 버퍼(1020)를 통해 전자 제어식 스위치(60)의 게이트로 연결되며, F.F.(920)의 출력이 버퍼(1030)를 통해 전자 제어식 스위치(70)의 게이트로 연결된다.

[0091] 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)에 의해 저항기(1040)가 사용되어, REF 섹션(870)의 출력과 협업하여, 최대 허용되는 듀티 사이클을 결정할 수 있고, 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)에 의해 저항기(1050)가 사용되어, REF 섹션(870)의 출력과 협업하여, 최대 허용되는 전류를 결정할 수 있다. 최소 전류 기능부에 의해 저항기(1060)가 사용되어, REF 섹션(870)의 출력과 협업하여, 앞서 언급된 바와 같이, 전자 제어식 스위치(20)의 0 전압 스위칭을 얻기 위해 필요한 최소 전류를 결정할 수 있다.

[0092] 동작 중에, 시점(T1) 내지 시점(T2)의 주기 동안, 전류(IL)가 지정 값까지 상승하거나, 변환기의 지정 듀티 사이클에 도달했을 때, 최대 전류 또는 최대 듀티 사이클 기능부(850)가, OR 게이트(930 및 940)를 통해, F.F.(890)를 리세트하도록 기능하여, 전자 제어식 스위치(20)를 끈다. 그 후, 앞서 언급한 바와 같이, 전압(V_L)이 음의 값이 될 때, 전류(IL)가 감소하기 시작한다. 전류(IL)의 감지된 값과 에러 증폭기(E/A)의 출력에 반응하여, PWM 섹션(860)에 의해 전자 제어식 스위치(20)의 온 타임이 추가로 제어된다. 따라서, F.F.(890)가 펄스 폭 변조됨으로써, 전자 제어식 스위치(20)의 펄스 폭 변조의 듀티 사이클이 조정되어, 지정 값을 얻을 수 있다.

[0093] 앞서 기재된 바와 같이, 시점(T3)에서, 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 온된다. 전자 제어식 스위치(30)의 드레인 전압이 0이 되는 것에 반응하여, 0 전압 검출기(820)에 의해 시점(T3)이 결정된다. 즉, 드레인 전압이 0이 될 때, 0 전압 검출기(820)가 AND 게이트(990)로 하이(high) 전압을 출력한다. F.F.(890)의 출력이 0인 경우, 즉, 전자 제어식 스위치(20)가 오프 상태인 경우, AND 게이트(980)의 2개의 입력 모두 하이가 되어, F.F.(900)를 세트한다. 따라서 앞서 기재된 바와 같이, 전자 제어식 스위치(30)가 스위칭 온된다. 앞서 기재된 바와 같이

시점(T5)에서 전류(IL)가 원하는 최소 값에 도달했을 때, 최소 전류 기능부(880)가 OR 게이트(950)를 통해 F.F.(900)를 리세트함으로써, 전자 제어식 스위치(30)를 끈다. 전자 제어식 스위치(30)의 드레인 전압이 0이고, 0 전압 검출기(820)의 출력의 하이일 때, 즉, 시점(T5)에서만, 최소 전류 기능부(880)가 전자 제어식 스위치(30)를 끄도록 기능한다.

[0094] 앞서 기재된 바와 같이, 시점(T3)에서, 전자 제어식 스위치(70) 양단의 전압이 0이 된다. 0 전압 검출기(840)가 F.F.(920)를 세트하고, F.F.(910)를 리세트하도록 동작하여, 각각 버퍼(1020 및 1030)를 통해, 전자 제어식 스위치(60)를 끄고, 전자 제어식 스위치(70)를 켜다. 앞서 기재된 바와 같이, 시점(T6)에서 전기 제어식 스위치(60) 양단의 전압이 0이다. 0 전압 검출기(830)가 F.F.(910)를 세트하도록 동작하여, 버퍼(1020)를 통해, 전자 제어식 스위치(60)를 켜다.

[0095] 특정 실시예에서, 전기 코일과 연계된 단락 상태에 의해, 변환기의 전기 코일의 전류 흐름이 유지되고, 상기 단락 상태는 전력 변환기의 에너지 전달 기능을 수행하도록 사용되는 스위치를 참조하지 않고 이뤄지는 배열이 제공된다. 0 전압 스위칭 상태를 얻기 위해 이러한 단락 상태가 유지된다. 예시적 실시예에서, 상기 전기 코일과 자기 결합된 제 2 전기 코일이 제공되며, 상기 제 2 전기 코일 양단에 단락 상태가 만들어진다.

[0096] 개별 실시예들의 맥락으로 기재된 본 발명의 특정 특징들이 하나의 실시예로 조합되어 제공되는 것 역시 가능하다. 역으로, 하나의 실시예의 맥락으로 기재된 본 발명의 다양한 특징들이 따로 따로, 또는 임의의 적합한 하위 조합으로 제공될 수도 있다.

[0097] 다르게 정의하지 않는 한, 모든 기술적이고 과학적인 용어는, 해당업계에서 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 본 발명을 실시하거나 시험할 때 본원에 기재된 것과 유사하거나 동등한 방법이 사용될 수 있지만, 본원에 적합한 방법이 기재된다.

[0098] 본원에서 언급된 모든 출판물, 특허 출원, 특허, 및 그 밖의 다른 인용문헌이 본원에서 참조로서 포함된다. 충돌되는 경우, 정의를 포함해, 본 특허 명세서가 우선시된다. 첨언하자면, 재료, 방법, 및 예시는 설명을 위한 것이며, 한정을 위한 것이 아니다.

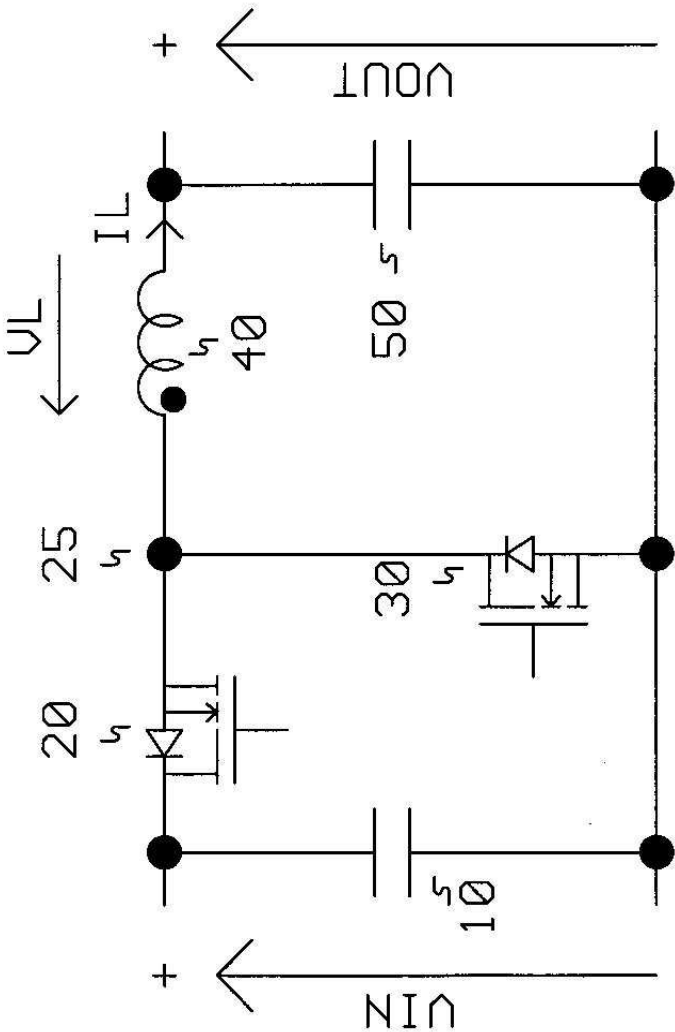
[0099] 해당업계 종사자라면, 본 발명은, 본원에 특정하게 도시되거나 기재된 것으로 국한되지 않음을 알 것이다. 오히려, 본 발명의 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정의되며, 앞서 기재된 다양한 특징들의 조합 및 하위 조합 뿐 아니라, 변형 및 수정까지 포함함을 알 것이다.

도면

도면1a

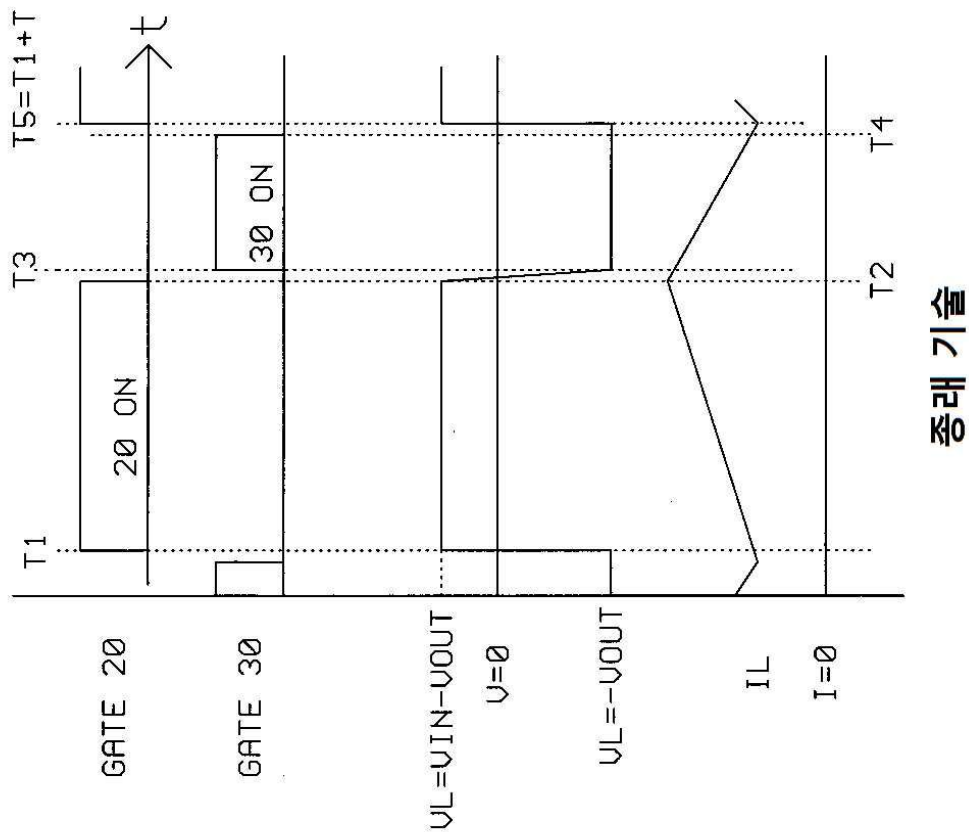
연속 모드 동기식 직류 변환기

FIG-1A

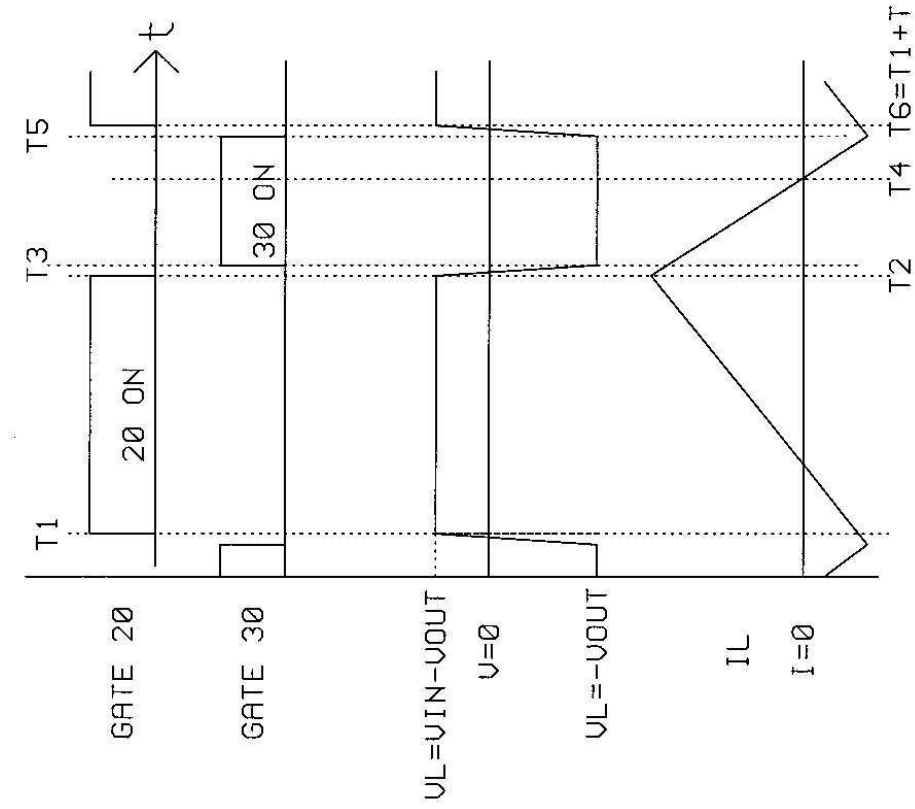


종래 기술

도면1b

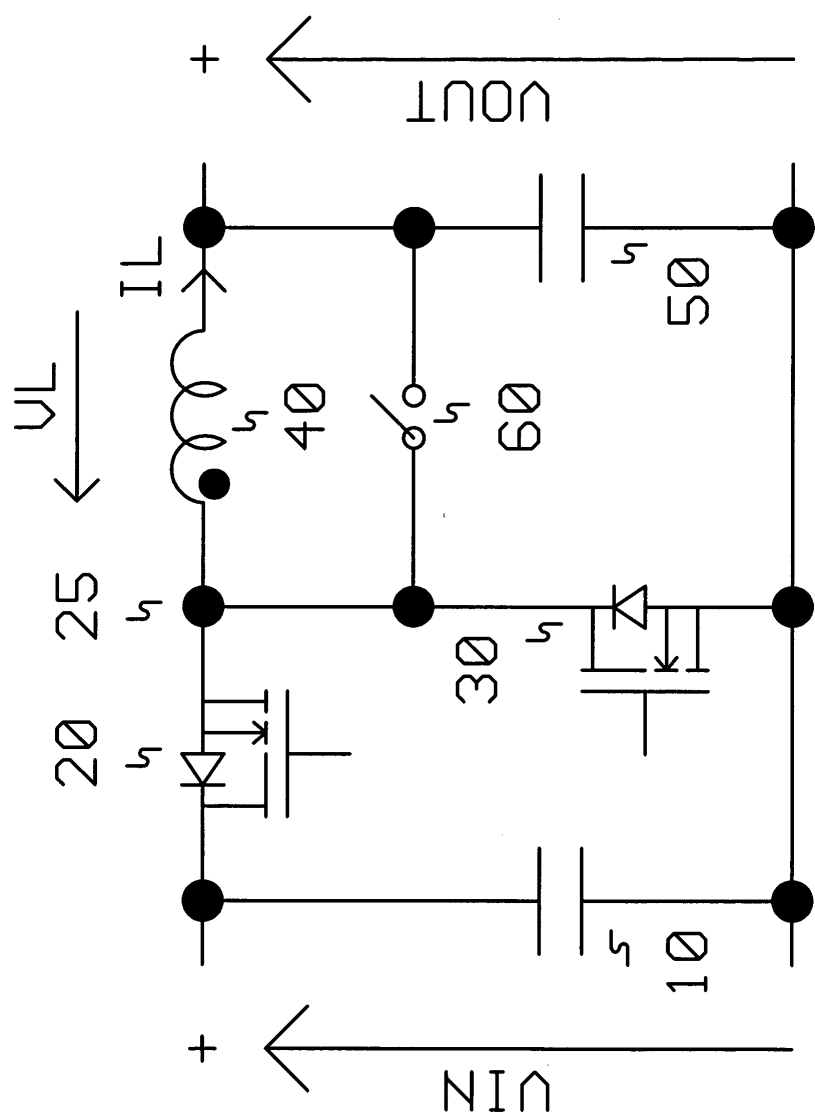


도면1c

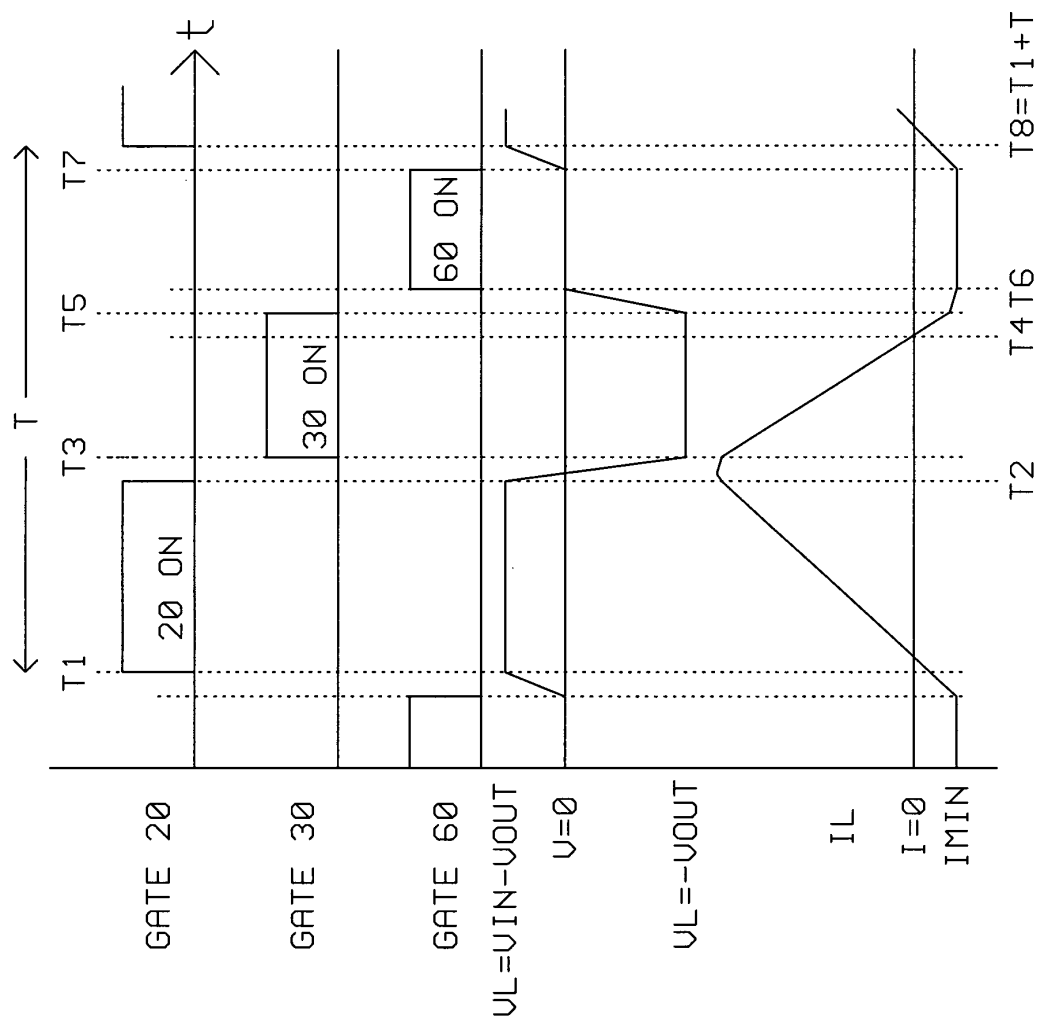


종래 기술

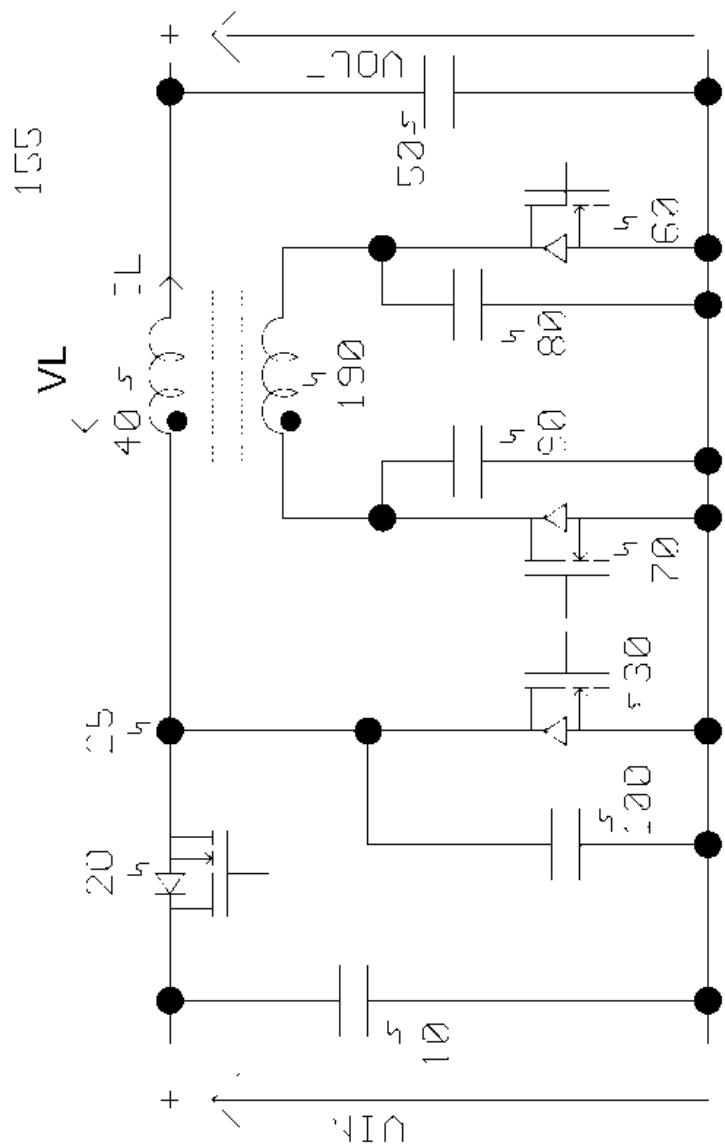
도면2a



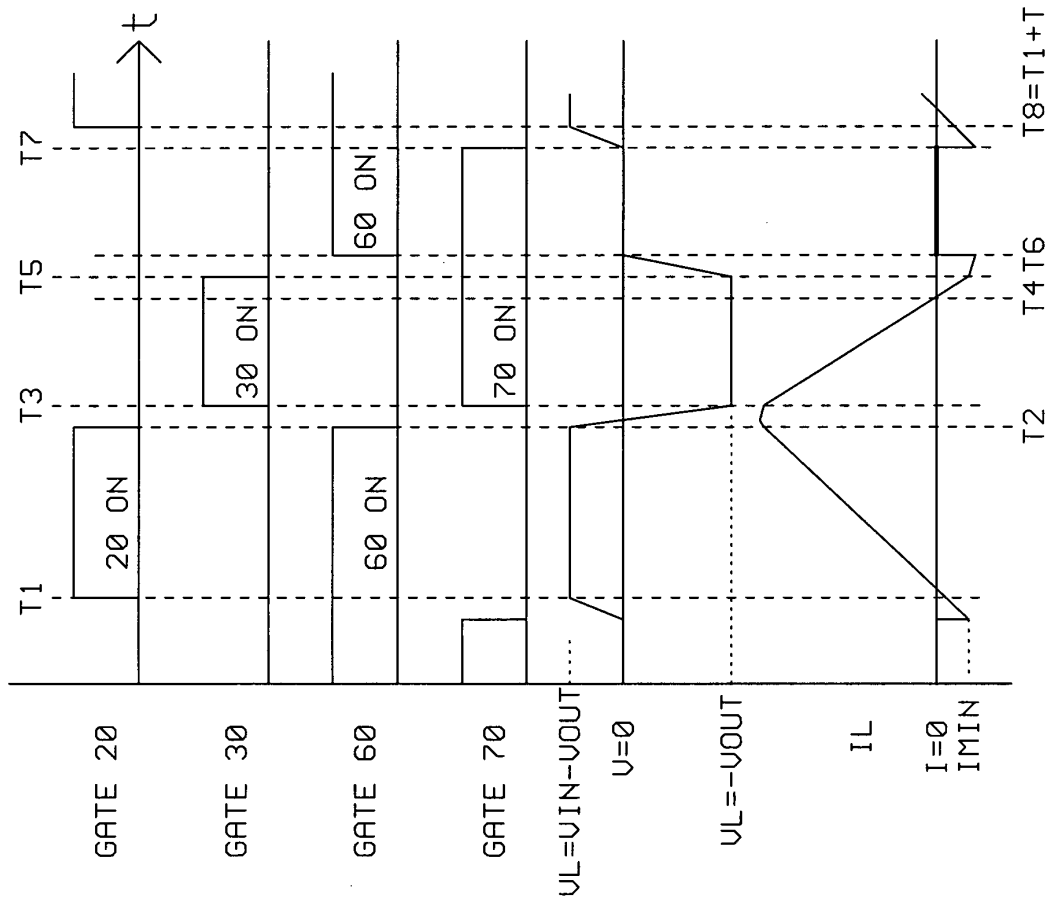
도면2b



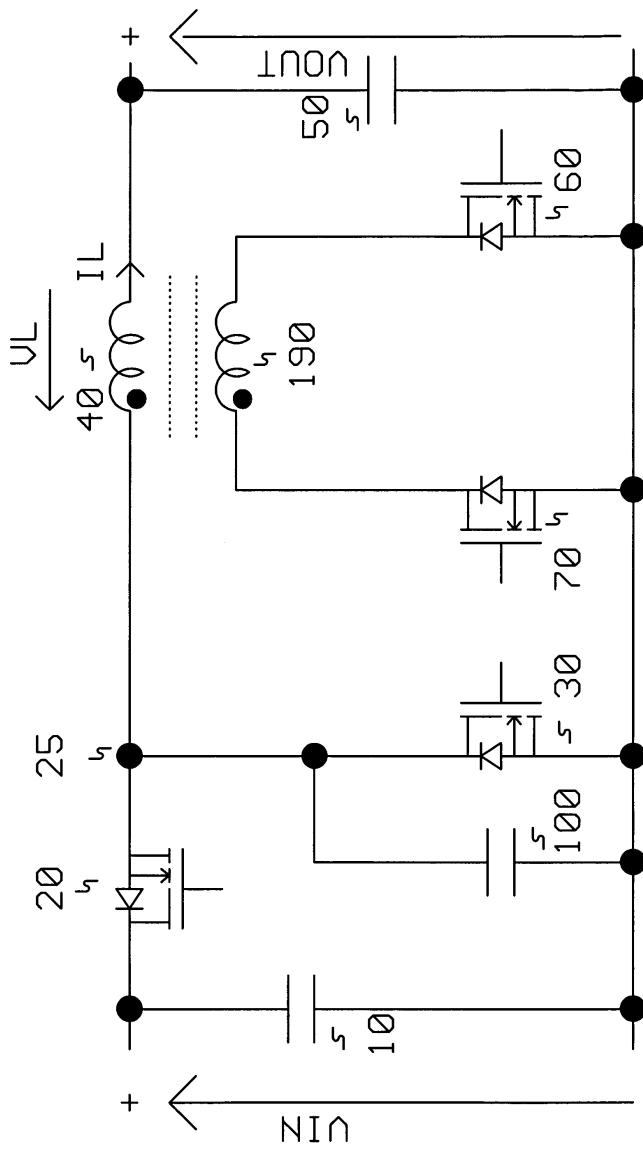
도면3a



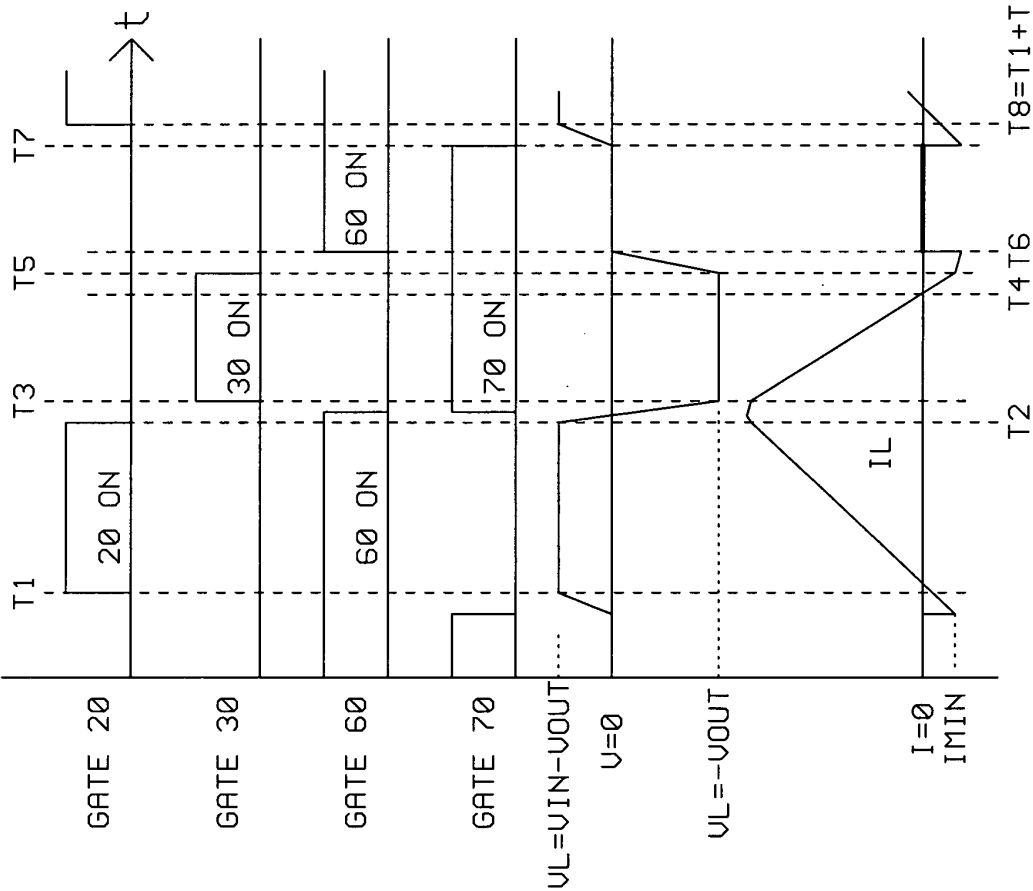
도면3b



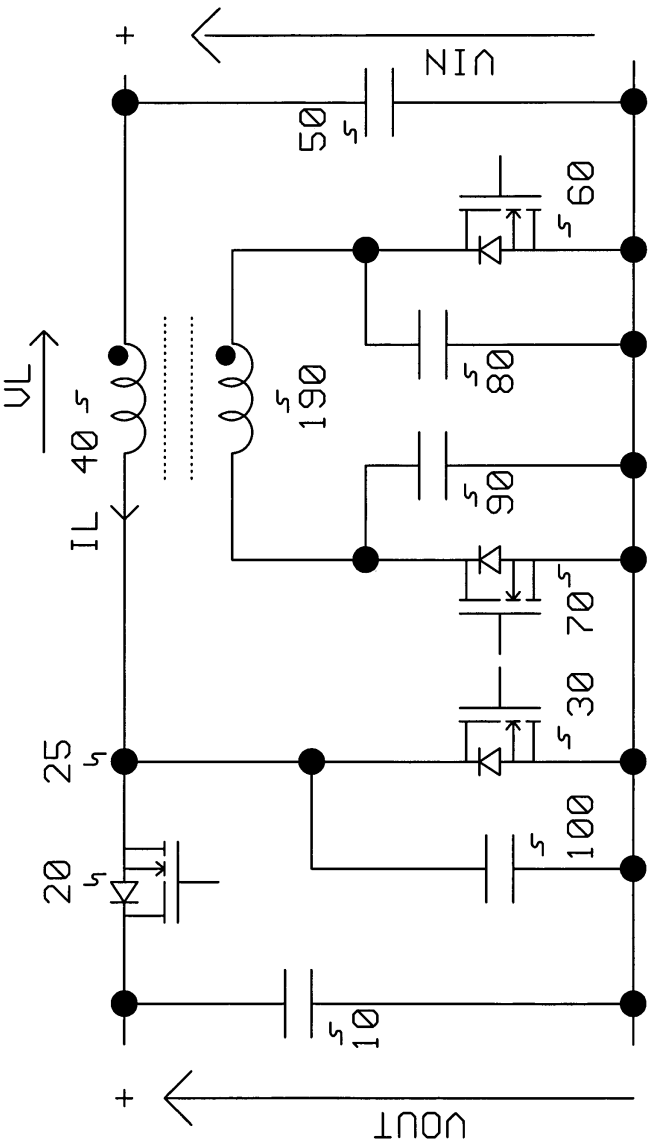
도면3c



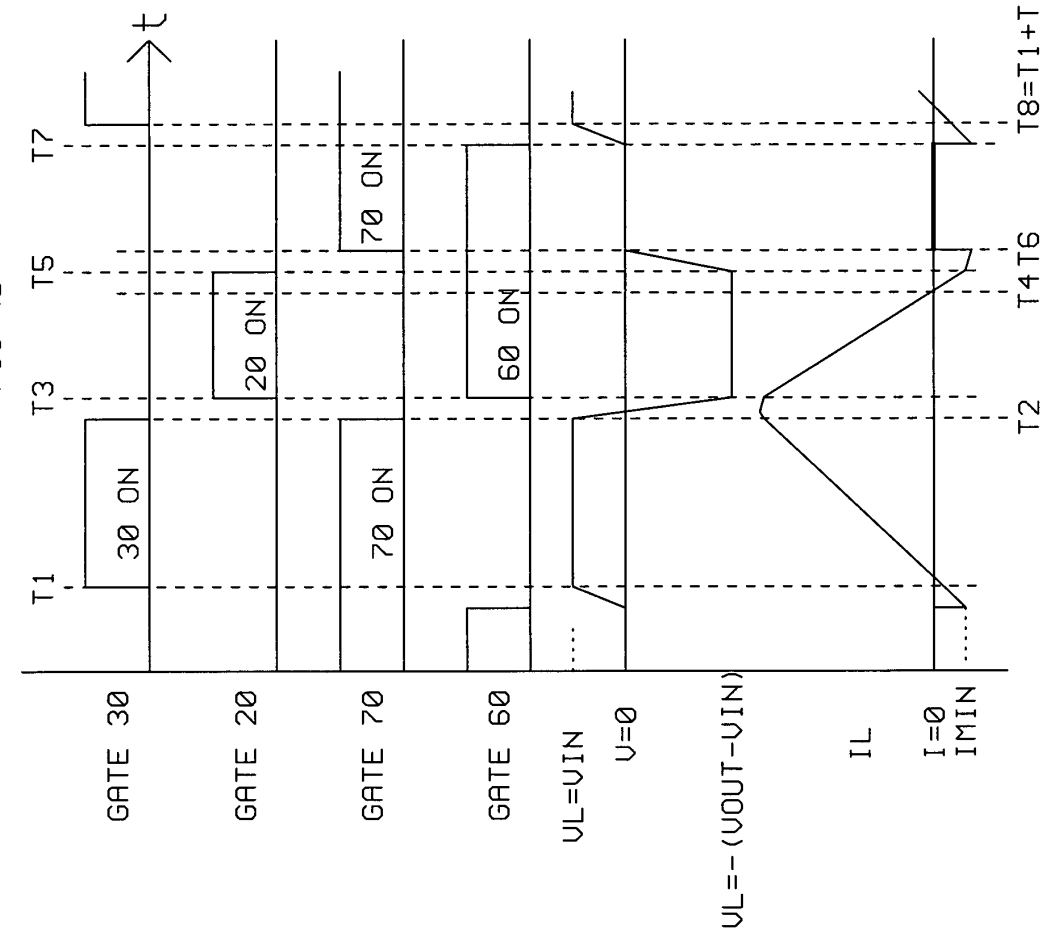
도면3d



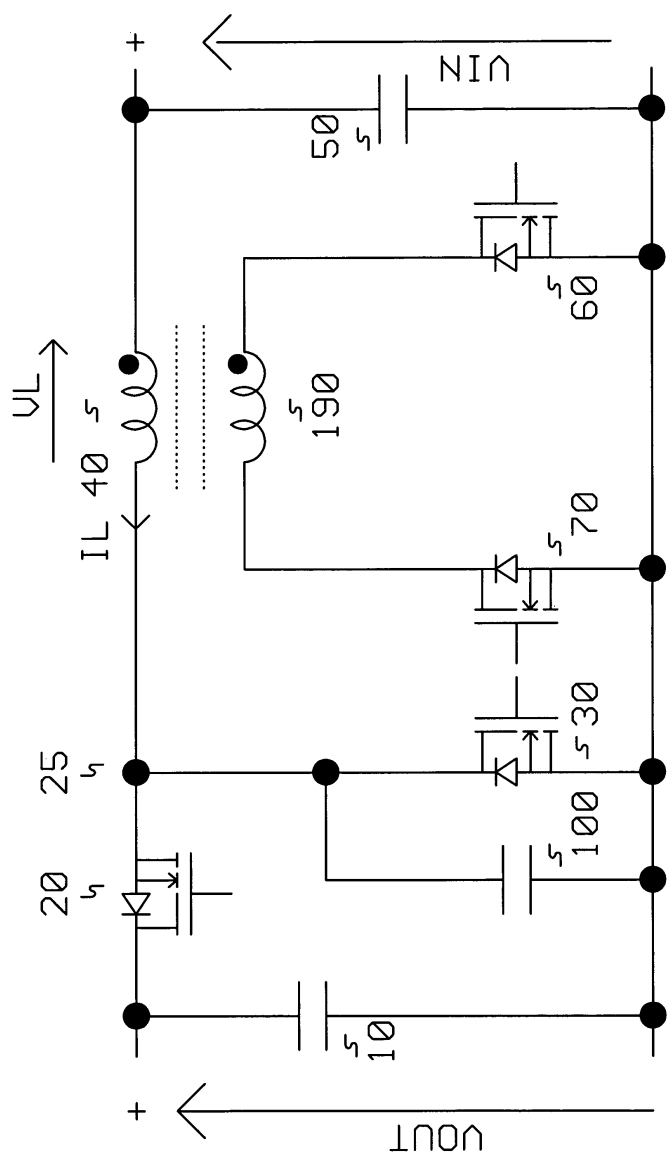
도면4a



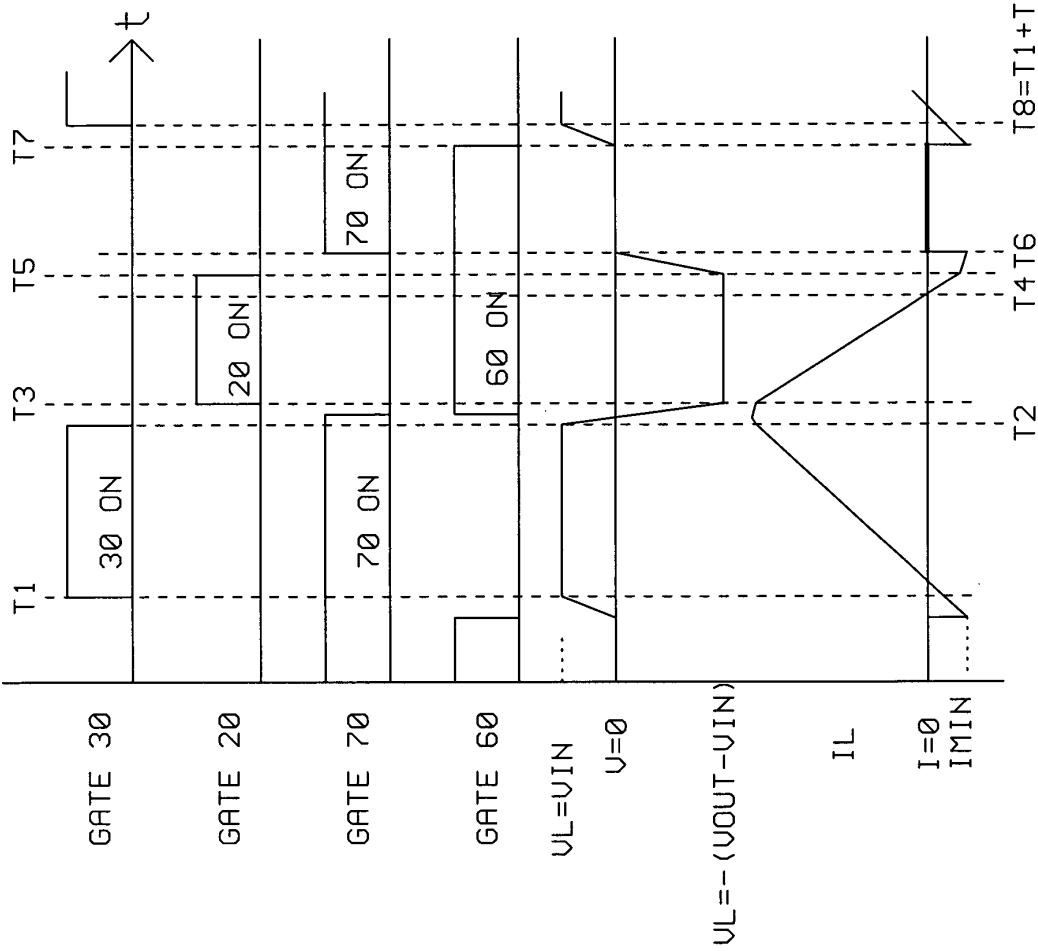
도면4b



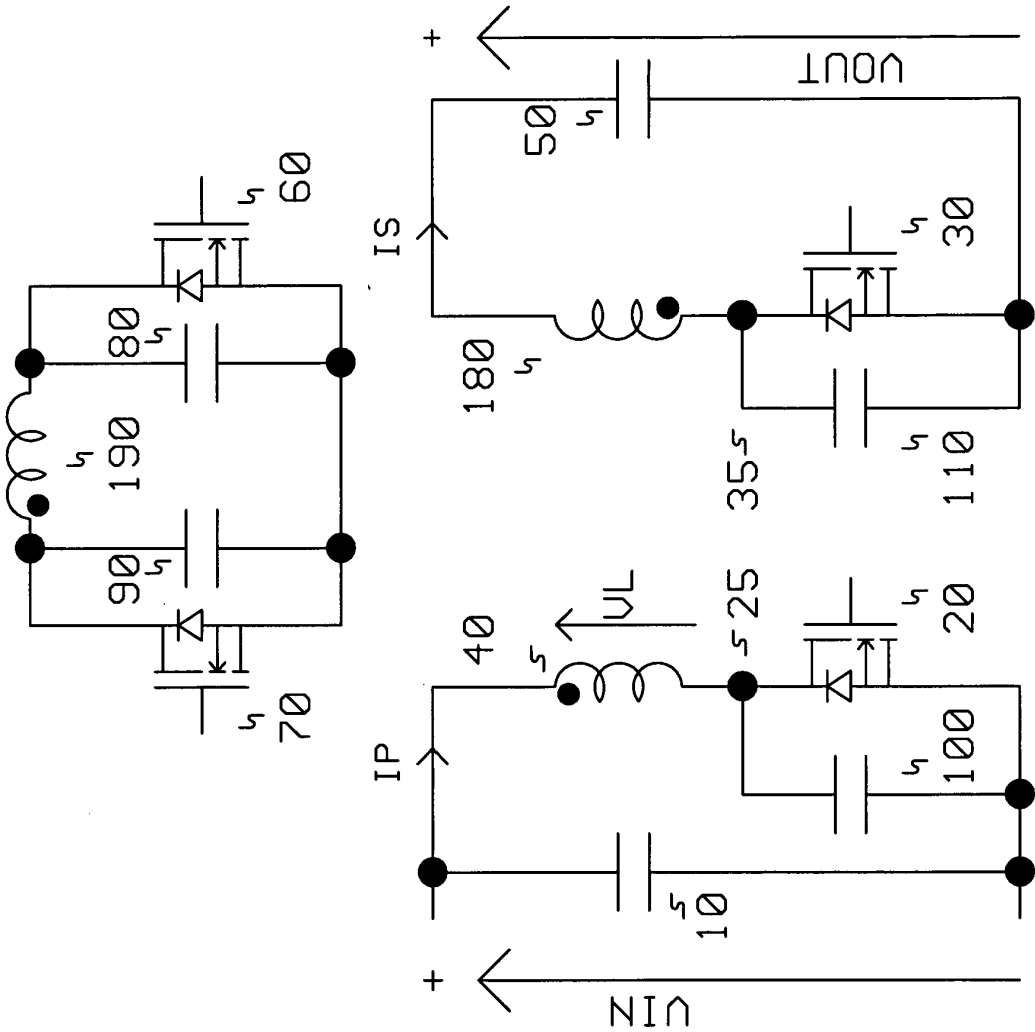
도면4c



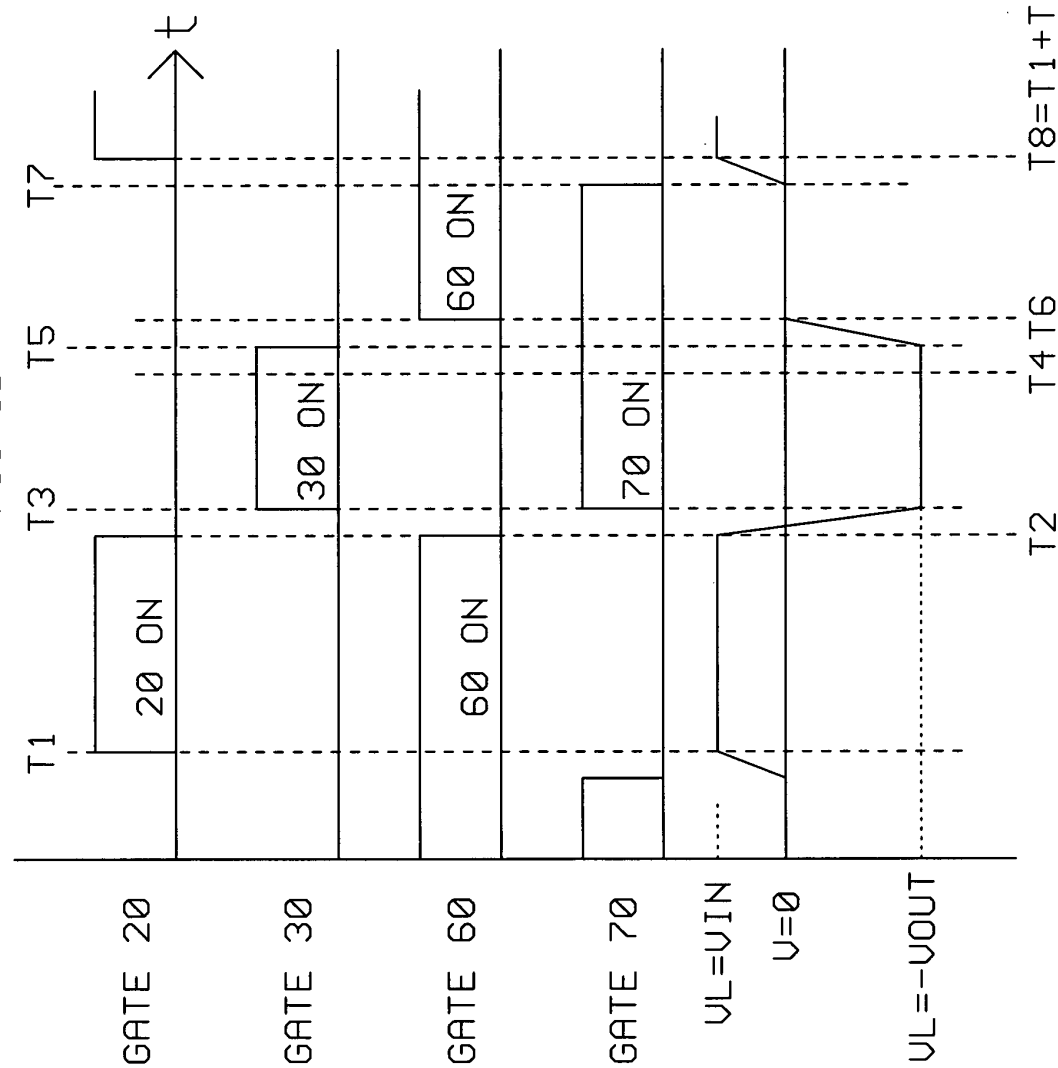
도면4d



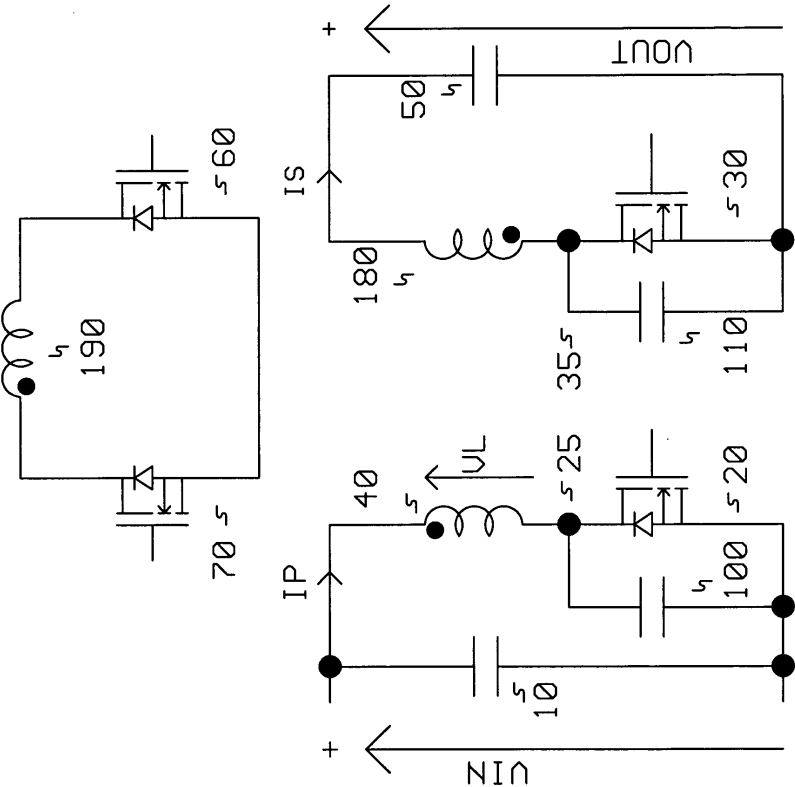
도면5a



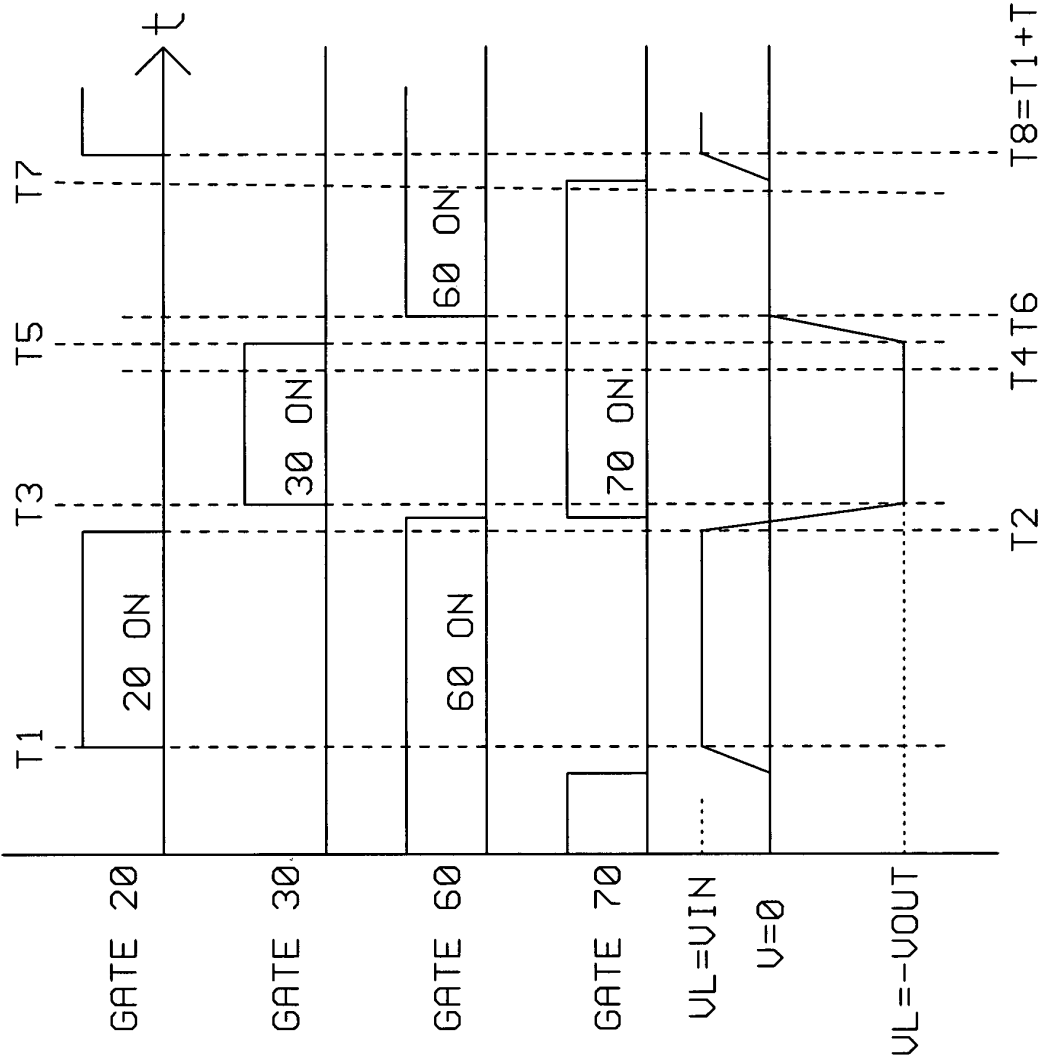
도면5b



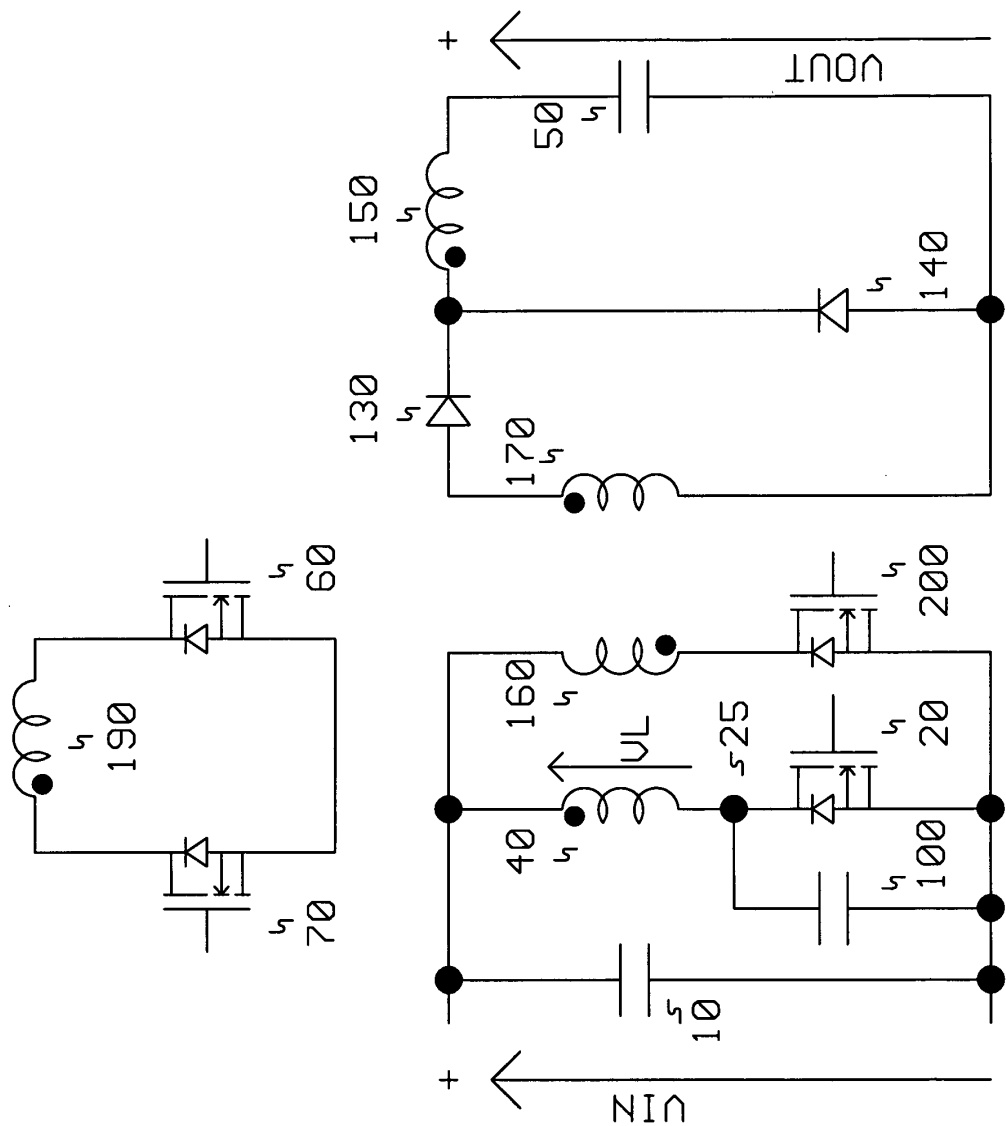
도면5c



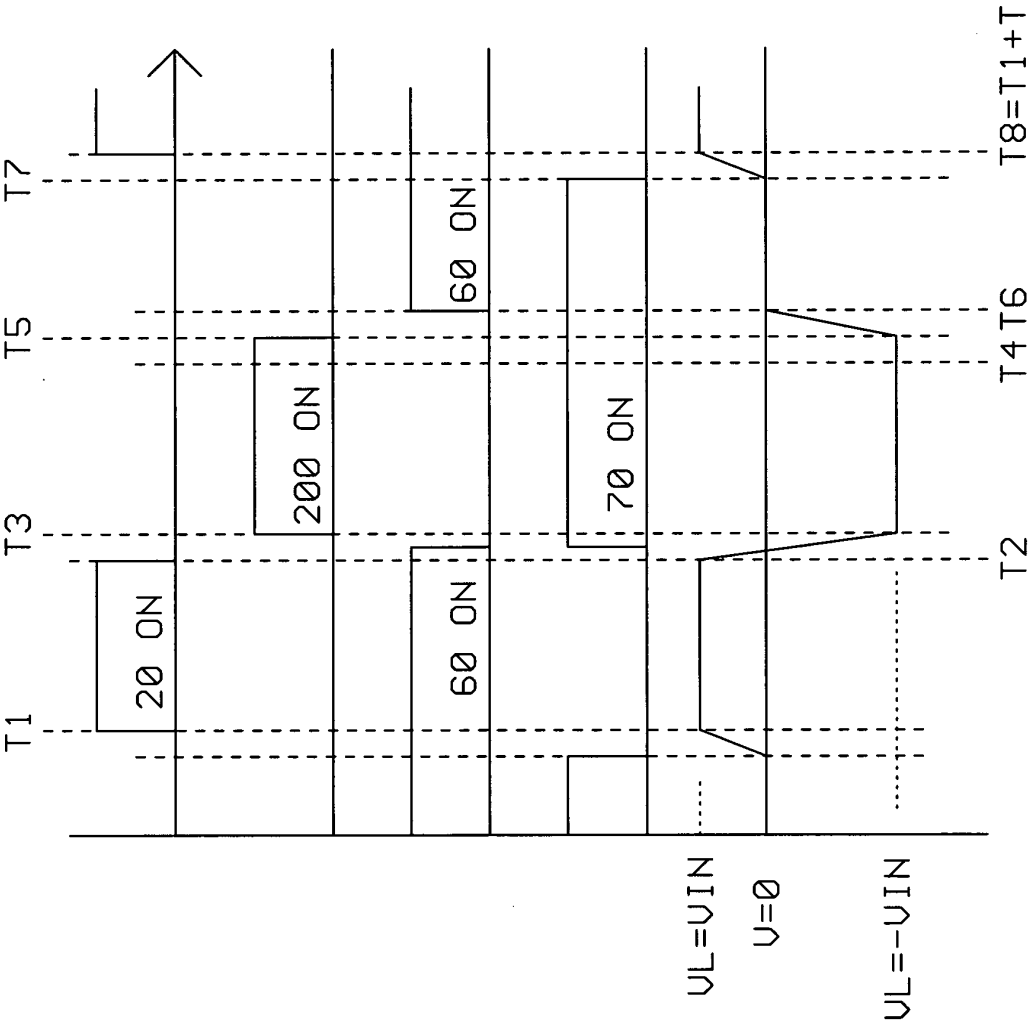
도면5d



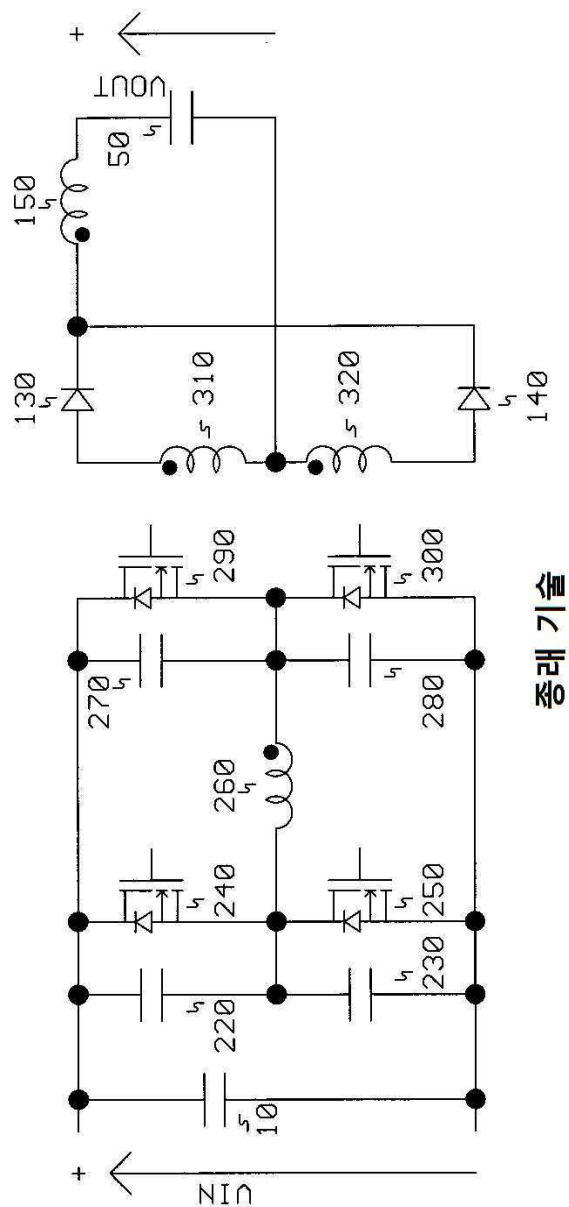
도면6a



도면6b

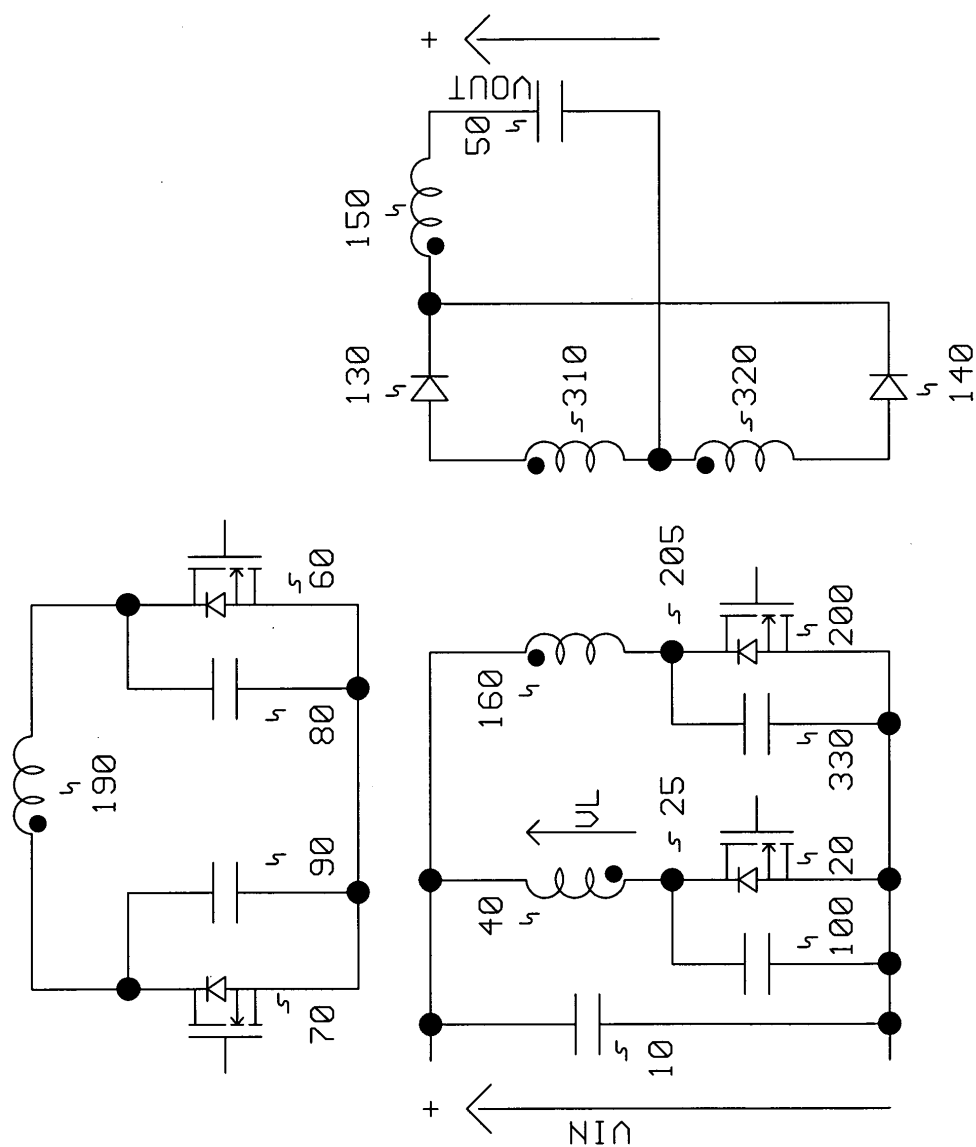


도면7

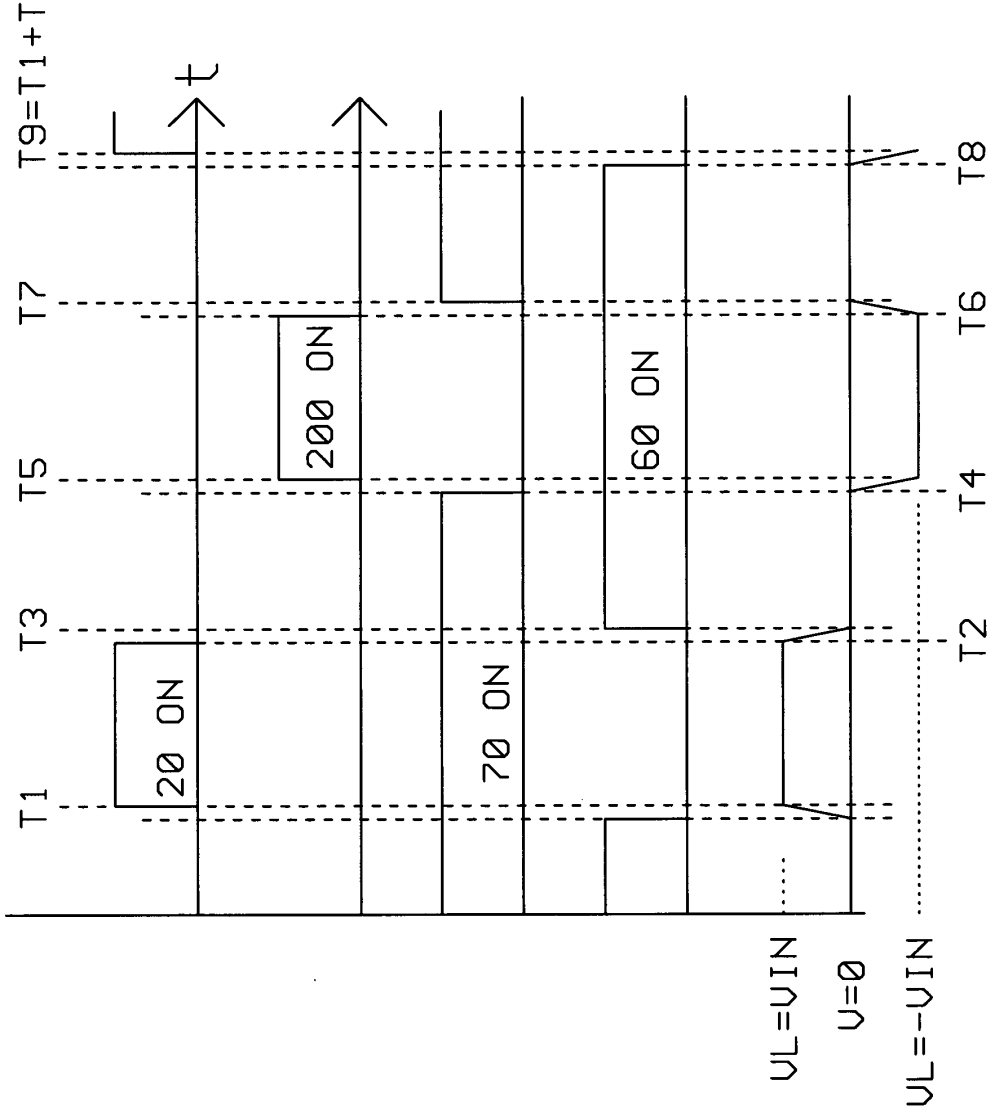


종래 기술

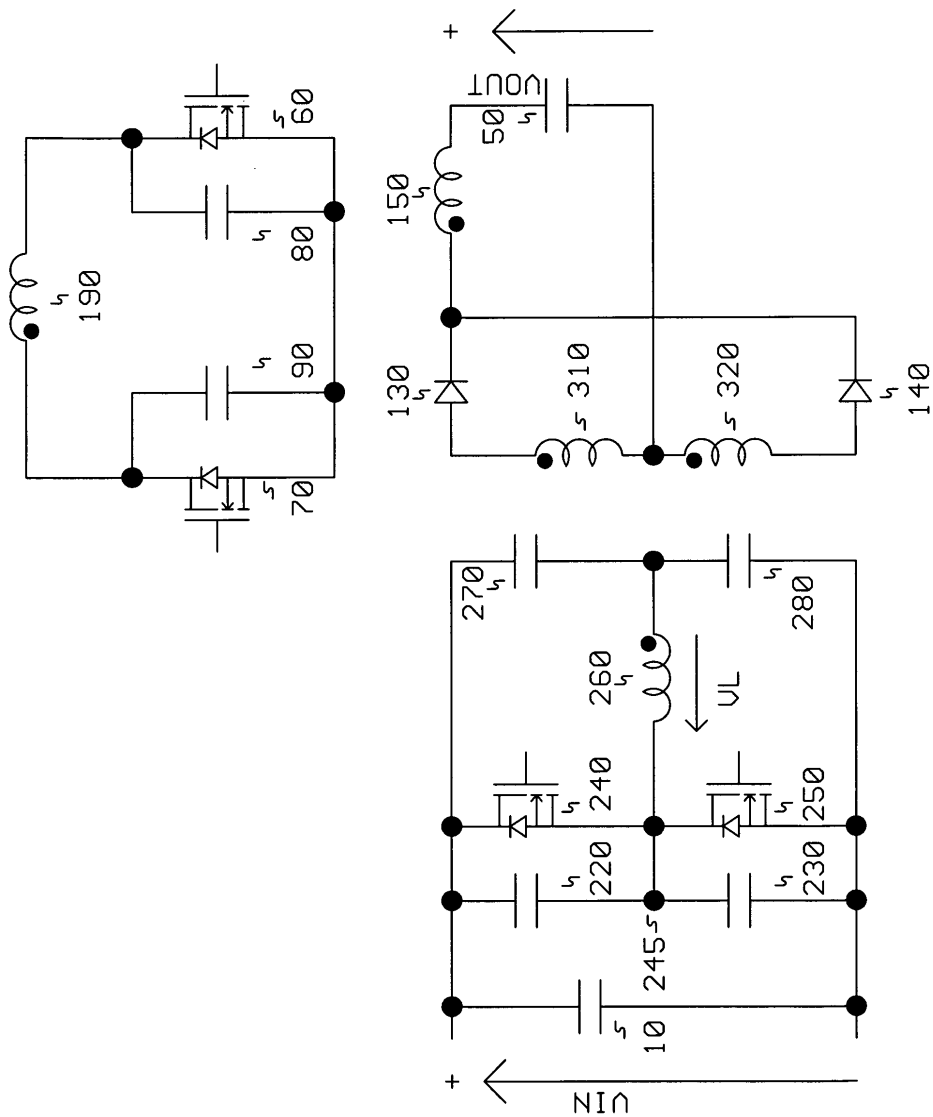
도면8a



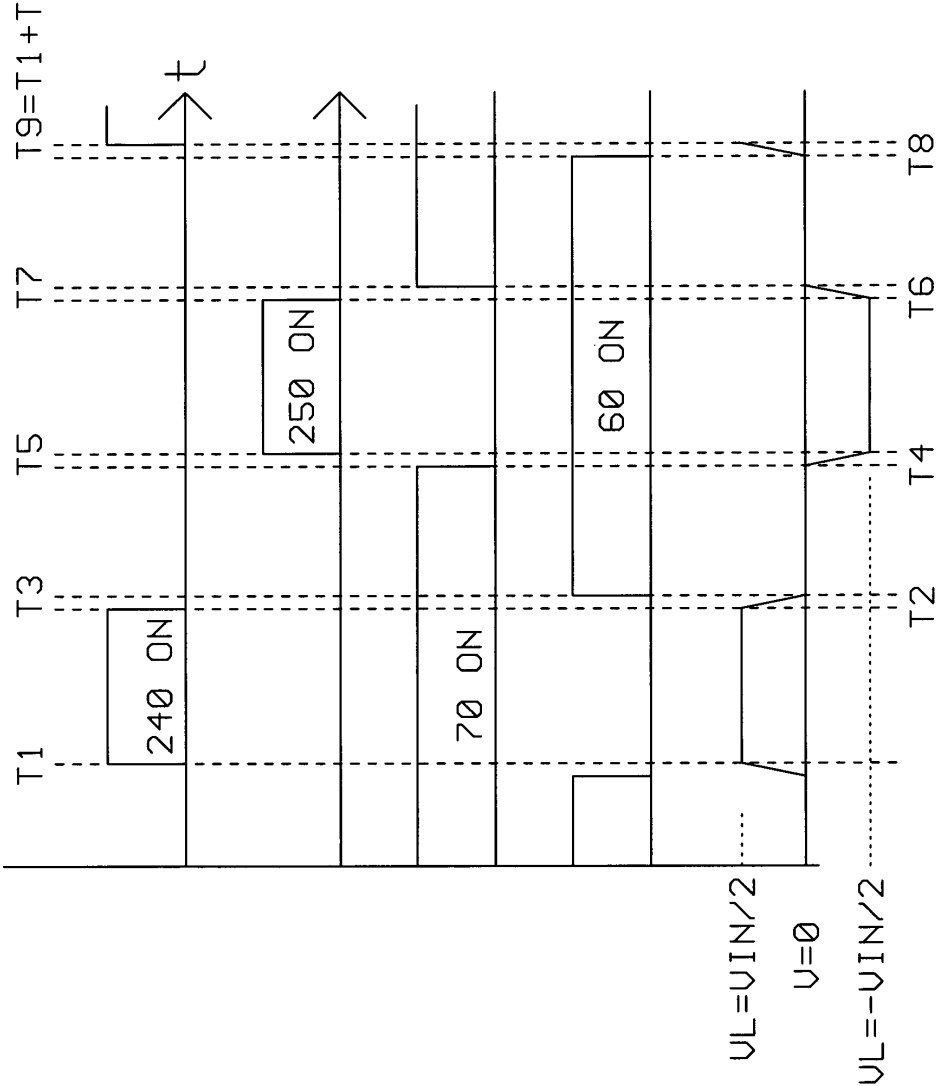
도면8b



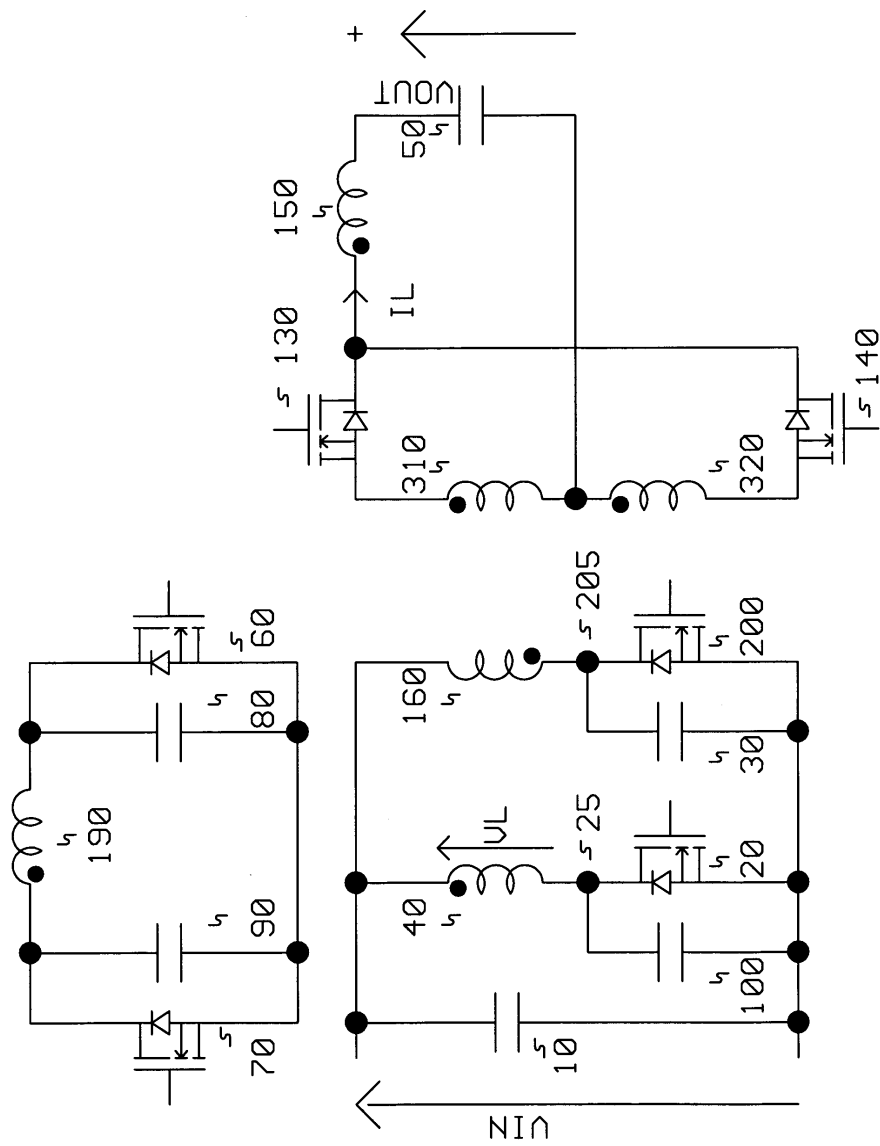
도면9a



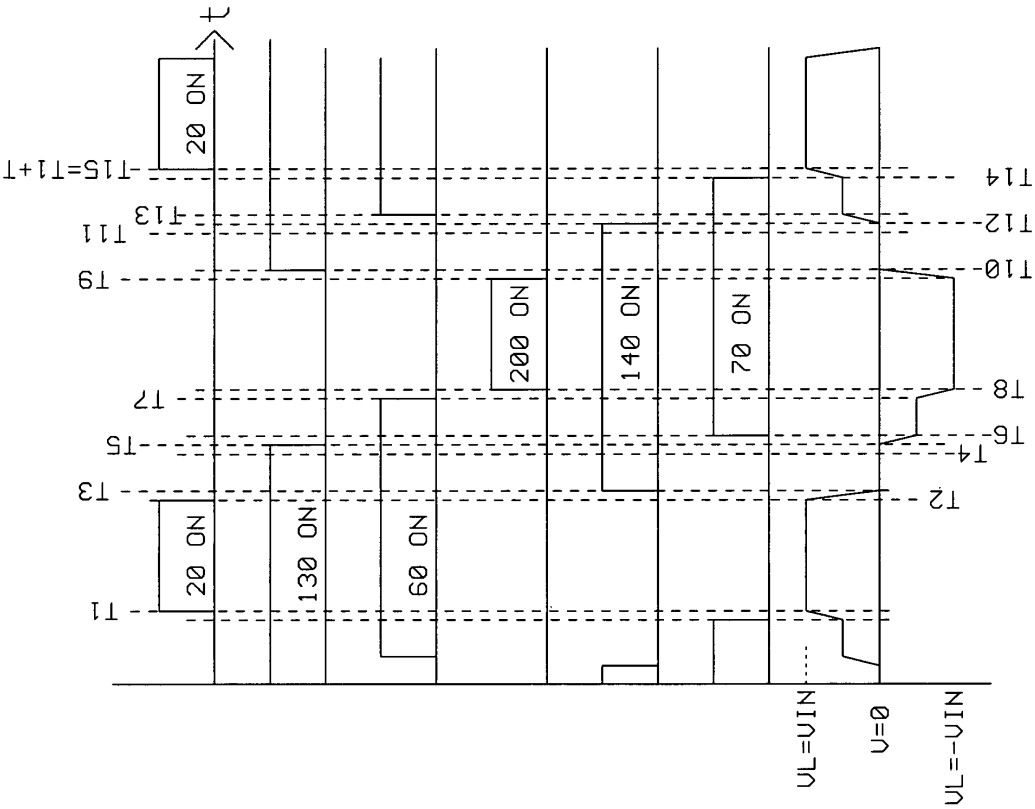
도면9b



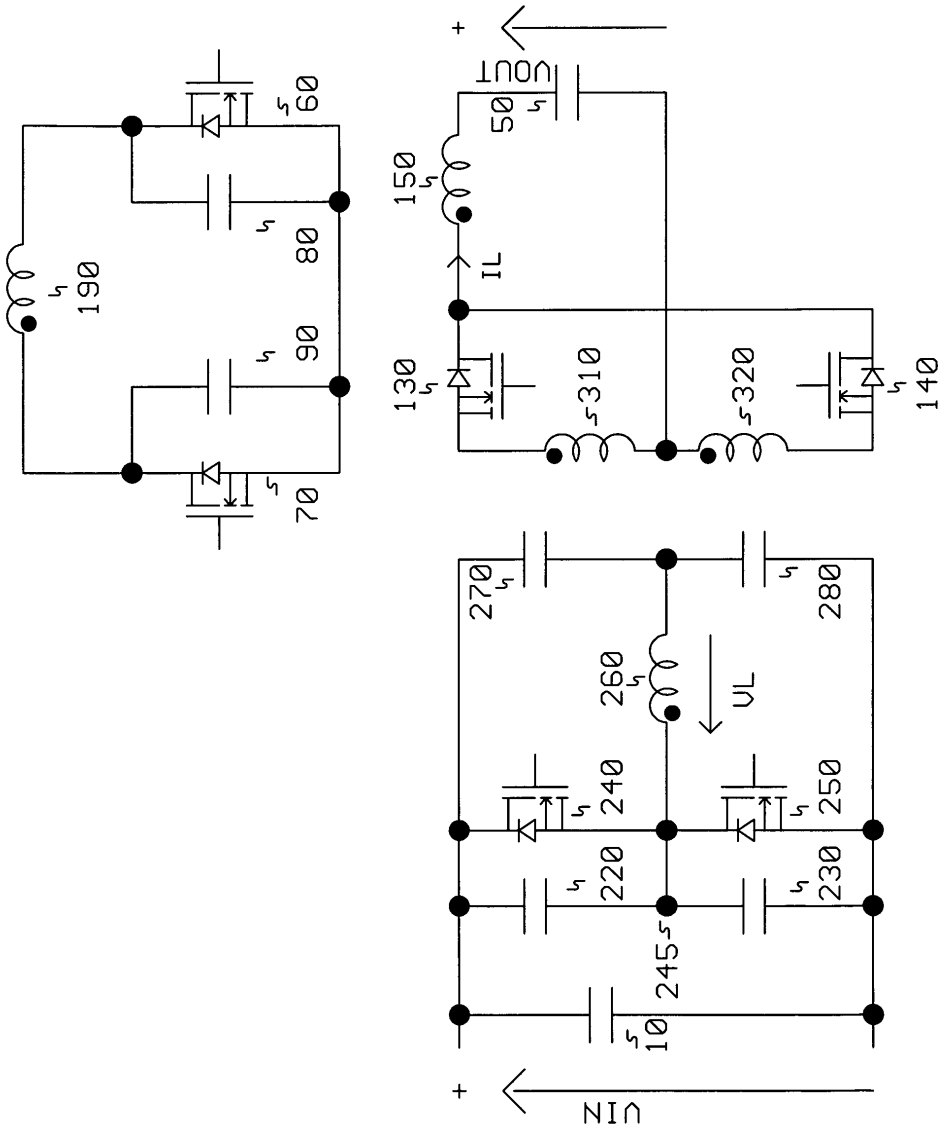
도면10a



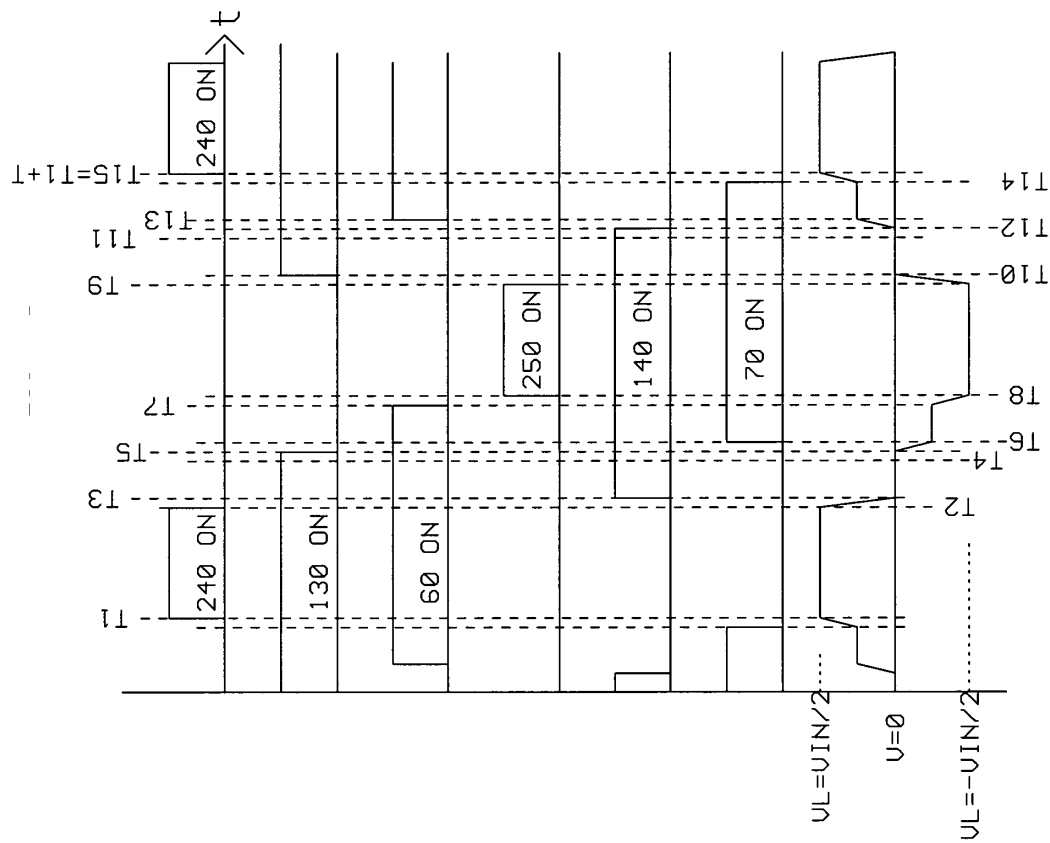
도면10b



도면11a



도면11b



도면12

