



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0086271  
(43) 공개일자 2014년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02M 1/14 (2006.01) H02M 3/28 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0156561  
(22) 출원일자 2012년12월28일  
심사청구일자 2012년12월28일

(71) 출원인  
서울과학기술대학교 산학협력단  
서울특별시 노원구 공릉로 232 (공릉동, 서울과학기술대학교)  
(72) 발명자  
최세완  
서울 서대문구 연희로11길 53, (연희동)  
(74) 대리인  
특허법인 정안

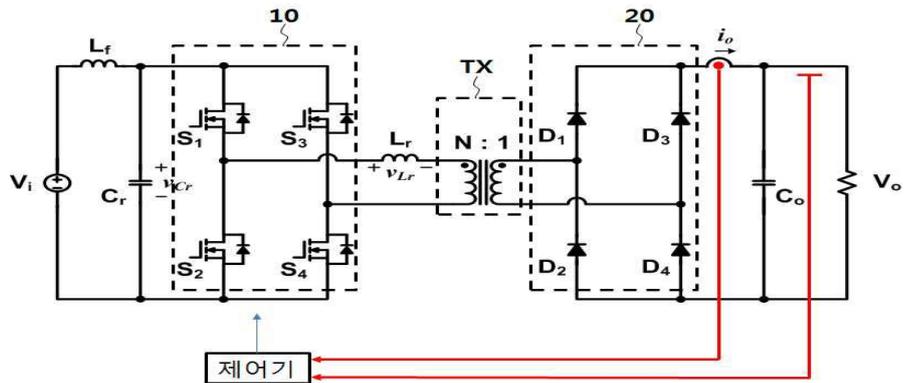
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 공진형 DC-DC 컨버터 및 이를 이용한 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터

(57) 요약

출력 전류 리플을 완전히 제거가능한 공진형 DC-DC 컨버터 및 이를 이용한 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터가 각각 개시되어 있다. 공진형 DC-DC 컨버터는 입력되는 구동 신호에 따라 교번적으로 스위칭되어, 입력 단자들을 통해 입력되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환시키는 복수의 스위치를 포함하는 스위칭부; 상기 스위칭부의 상기 입력 단자들에 병렬로 연결된 공진 커패시터; 상기 공진커패시터와 직류전압원 사이에 연결되는 입력필터 인덕터; 상기 스위칭부의 일 출력 단자와 변압기의 일차측 권선에 직렬로 연결되며, 상기 공진 커패시터와 함께 LC 공진 회로를 형성하여, 상기 스위칭부로부터의 상기 교류 전압의 주파수 특성을 변환시키기 위한 공진 인덕터; 상기 공진 인덕터에 연결된 일차측 권선, 및 상기 일차측 권선과 소정의 권선비로 구비되는 이차측 권선을 포함하는 상기 변압기; 상기 변압기의 이차측에 유기된 교류 전압을 직류 전압으로 정류하기 위한 정류 회로부; 및 상기 정류 회로부의 출력 양단에 연결되는 출력 커패시터를 포함한다.

대표도 - 도4



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

입력되는 구동 신호에 따라 교번적으로 스위칭되어, 입력 단자들을 통해 입력되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환시키는 복수의 스위치를 포함하는 스위칭부;

상기 스위칭부의 상기 입력 단자들에 병렬로 연결된 공진 커패시터;

상기 스위칭부의 일 출력 단자와 변압기의 일차측 권선에 직렬로 연결되며, 상기 공진 커패시터와 함께 LC 공진 회로를 형성하여, 상기 스위칭부로부터의 상기 교류 전압의 주파수 특성을 변환시키기 위한 공진 인덕터;

상기 공진커패시터와 직류 전압원 사이에 연결되는 입력필터 인덕터;

상기 공진 인덕터에 연결된 일차측 권선, 및 상기 일차측 권선과 소정의 권선비로 구비되는 이차측 권선을 포함하는 상기 변압기;

상기 변압기의 이차측에 유기된 교류 전압을 직류 전압으로 정류하기 위한 정류 회로부; 및

상기 정류 회로부의 출력 양단에 연결되는 출력 커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 공진형 DC-DC 컨버터.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 스위칭부는 풀브리지 또는 푸시풀 결선을 포함하는 것을 특징으로 하는 공진형 DC-DC 컨버터.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 정류 회로부는 하나 이상의 다이오드를 포함하며, 상기 하나 이상의 다이오드는 풀브리지, 센터탭 또는 전압 더블러 결선되는 것을 특징으로 하는 공진형 DC-DC 컨버터.

### 청구항 4

제 1 항 있어서, 상기 스위칭부 전단에는

비절연컨버터용 커패시터(Ci)와 비절연컨버터용 스위칭소자(Sb)와 비절연 컨버터용 정류소자(Db)로 구성된 비절연 컨버터(40)를 전압원(Vi)와 공진커패시터 사이에 전압원(Vi)과 병렬로 연결한 것을 특징으로 하는 공진형 DC-DC 컨버터.

### 청구항 5

제 1 항 내지는 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 정류회로부의 정류소자는 외부로부터의 구동 신호에 따라 스위칭 되는 다수의 스위치로 구성되며,

정류회로부의 출력커패시터 양단에 전압원이 연결되어 입력이 되면, 스위칭부의 입력인 전압원이 출력이 되어 양방향으로 동작하는 것을 특징으로 하는 공진형 DC-DC 컨버터.

### 청구항 6

각각의 입력 및 출력이 병렬로 연결되는 둘 이상의 단위 공진형 DC-DC 컨버터 들을 포함하며,

상기 둘 이상의 단위 공진형 DC-DC 컨버터 각각은

입력되는 구동 신호에 따라 교번적으로 스위칭되어, 입력 단자들을 통해 입력되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환시키는 복수의 스위치를 포함하는 각각의 스위칭부;

상기 각각의 스위칭부의 상기 입력 단자들에 병렬로 연결된 각각의 공진 커패시터;

상기 각각 스위칭부의 일 출력 단자와 각각의 변압기의 일차측 권선에 직렬로 연결되며, 상기 각각의 공진 커패시터와 함께 각각의 LC 공진 회로를 형성하여, 상기 각각의 스위칭부로부터의 상기 교류 전압의 주파수 특성을 변환시키기 위한 각각의 공진 인덕터;

상기 각각의 공진 커패시터와 직류전압원 사이에 연결되는 필터 인덕터;

상기 각각의 공진 인덕터에 연결된 일차측 권선, 및 상기 일차측 권선과 소정의 권선비로 구비되는 이차측 권선을 포함하는 상기 각각의 변압기;

상기 각각의 변압기의 이차측에 유기된 교류 전압을 직류 전압으로 정류하기 위한 각각의 정류 회로부; 및

상기 정류 회로부의 출력 양단에 연결되는 출력 커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 스위칭부는 풀브리지 또는 푸시풀 결선을 포함하는 것을 특징으로 하는 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서, 상기 정류 회로부는 하나 이상의 다이오드를 포함하며, 상기 하나 이상의 다이오드는 풀브리지, 센터탭 또는 전압 더블러 결선되는 것을 특징으로 하는 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서, 상기 스위칭부 전단에는

비절연컨버터용 커패시터(Ci)와 비절연컨버터용 스위칭소자(Sb)와 비절연 컨버터용 정류소자(Db)로 구성된 비절연 컨버터(40)를 전압원(Vi)와 공진 커패시터 사이에 전압원(Vi)과 병렬로 연결한 것을 특징으로 하는 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터.

**청구항 10**

제 6 항 내지는 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 정류회로부의 정류소자는 외부로부터의 구동 신호에 따라 스위칭 되는 다수의 스위치로 구성되며,

정류회로부의 출력커패시터 양단에 전압원이 연결되어 입력이 되면, 스위칭부의 입력인 전압원이 출력이 되어 양방향으로 동작하는 것을 특징으로 하는 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 공진형 DC-DC 컨버터 및 이를 이용한 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터에 관한 것으로 특히, 출력 전류 리플을 완전히 제거가능한 공진형 DC-DC 컨버터 및 이를 이용한 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] DC/DC 컨버터는 입력 DC 전압을 다른 레벨의 출력 DC 전압으로 변환시킨다. DC/DC 컨버터는 다양한 방식으로 구현될 수 있다. DC/DC 컨버터의 일 예로서, 직렬 공진형 컨버터(Series Resonant Converter; SRC)가 있다.

[0003] 도 1은 종래의 직렬 공진형 컨버터를 도시한 회로도이다.

[0004] 도 1을 참조하면, 직렬 공진형 컨버터는 복수의 스위치들(S1 ~ S4), 공진 인덕터(Lr), 공진 커패시터(Cr), 변압기(TX) 및 브리지 다이오드들(D1 ~ D4)로 구성된다.

[0005] 상기 구성에서, 상기 복수의 스위치들(S1 ~ S4)은 구동 신호에 따라 구동된다. 상기 복수의 스위치들(S1 ~ S4)의 스위칭 동작함에 따라, 상기 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)에 의해 교류 전압이 발생되고, 상기 변압기(TX)의 이차 측 코일에 발생하는 유도된 교류 전압은 상기 브리지 다이오드들(D1 ~ D4)에 의해 정류되어 외부에 출력된다. 상기 직렬 공진형 컨버터는 일정한 직류 전압을 유지하기 위해 입력과 출력에 필터를 추가로 구비하여 리플을 줄인다.

[0006] 그러나, 상기 직렬 공진형 커패시터를 대전류에 응용하는 경우, 입출력의 필터의 전류 부담 증가로 인해, 필터의 부피 및 가격이 증가하게 되는 문제가 있다. 이러한 필터의 부피 및 가격을 줄이기 위해 인터리빙 기법이 사

용되어 왔다.

[0007] 도 2는 종래의 2상 인터리빙 공진형 컨버터를 도시한 회로도이고, 도 3은 도 2에 도시된 인터리빙 회로의 동작을 설명하기 위한 파형도이다.

[0008] 도 2 및 도 3을 참조하면, 도 2a에 도시된 상기 2상 인터리빙 공진형 컨버터는 도 1에 도시된 직렬 공진형 커패시터를 병렬로 확장하여 인터리빙을 적용한 회로로서, 각상의 출력 전류  $i_{o,1}$  및  $i_{o,2}$ 는 아래와 같은 수학적 식 1 및 2로 표현할 수 있다.

**수학적 식 1**

[0009] 
$$i_{o,1} = \frac{I_0}{2} + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{I_0}{(1+2a)(1-2a)} \cos(2a\omega t)$$

**수학적 식 2**

[0010] 
$$i_{o,2} = \frac{I_0}{2} + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{I_0}{(1+2a)(1-2a)} \cos(2a(\omega t - \frac{\pi}{2}))$$

[0011] 최종 출력 전류  $i_o$ 는  $i_{o,1}$ ,  $i_{o,2}$ 의 합으로 나타나며 아래의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 3**

[0012] 
$$i_o = i_{o,1} + i_{o,2} = I_0 + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{I_0}{(1+2a)(1-2a)} (\cos(2a\omega t) + \cos(2a(\omega t - \frac{\pi}{2})))$$

[0013] 그러나, 상기 종래의 컨버터는 인터리빙에 의한 출력 전류 리플이 감소하지만 완전히 제거되지 않는다.

[0014] 수학적 식 3과 같이 출력 전류  $i_o$ 는  $I_0$  DC 성분과 고조파들의 합으로 이루어진다. 이러한 고조파 성분 때문에 출력 전류 리플이 완전히 제거되지 않는다.

[0015] 그 외에 도 2b는 n 병렬로 확장하는 경우로서, 출력 전류는 아래와 같은 수학적 식 4 내지 수학적 식 7로 표현할 수 있다.

**수학적 식 4**

[0016] 
$$i_{o,1} = \frac{I_0}{n} + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{2I_0}{n(1+2a)(1-2a)} \cos(2a\omega t)$$

수학식 5

$$i_{0,2} = \frac{I_0}{n} + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{2I_0}{n(1+2a)(1-2a)} \cos(2a(\omega t - \frac{\pi}{n}))$$

수학식 6

$$i_{0,3} = \frac{I_0}{n} + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{2I_0}{n(1+2a)(1-2a)} \cos(2a(\omega t - \frac{2\pi}{n}))$$

수학식 7

$$i_{0,n} = \frac{I_0}{n} + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{2I_0}{n(1+2a)(1-2a)} \cos(2a(\omega t - \frac{(n-1)\pi}{n}))$$

최종 출력 전류  $i_0$ 는  $i_{0,1}, i_{0,2}, i_{0,3}, \dots, i_{0,n}$ 의 합으로 나타나며 아래의 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$i_0 = i_{0,1} + i_{0,2} + i_{0,3} + \dots + i_{0,n}$$

$$= I_0 + \sum_{a=1}^{\infty} \frac{2I_0}{n(1+2a)(1-2a)} (\cos(2a\omega t) + \cos(2a(\omega t - \frac{\pi}{n})) + \dots + \cos(2a(\omega t - \frac{(n-1)\pi}{n})))$$

상기 수학식 8과 같이 최종 출력 전류  $i_0$ 는  $I_0$  DC 성분과 고조파들의 합으로 이루어지며 출력 전류 리플이 완전히 제거되지 않는다.

또한, 상기 출력 전류 리플에 의한 출력 커패시터의 문제로 인해 종래 기술의 컨버터는 효율 및 부피에서 큰 단점을 갖는다.

전술한 종래기술이 언급된 선행기술문헌은 이하와 같다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0026] (특허문헌 0001) 1. 선행문헌 1. 대한민국 등록특허공보 제10-0547290호(2006.01.20)
- (특허문헌 0002) 2. 선행문헌 2. 대한민국 등록특허공보 제10-0897399호(2009.05.06)
- (특허문헌 0003) 3. 선행문헌 3. 대한민국 공개특허공보 제10-2012-0035078호(2012.04.13)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0027] 이에, 본 발명은 상술한 사정을 감안하여 창출된 것으로서, 본 발명의 목적은 새로운 공진형 DC-DC 컨버터를 제공하는 것이다.
- [0028] 본 발명의 다른 목적은 출력 전류 리플을 완전히 제거하고 필터 사이즈를 최소화할 수 있는 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0029] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제 1 관점에 따른 공진형 DC-DC 컨버터는 입력되는 구동 신호에 따라 교번적으로 스위칭되어, 입력 단자들을 통해 입력되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환시키는 복수의 스위치를 포함하는 스위칭부; 상기 스위칭부의 상기 입력 단자들에 병렬로 연결된 공진 커패시터; 상기 스위칭부의 일 출력 단자와 변압기의 일차측 권선에 직렬로 연결되며, 상기 공진 커패시터와 함께 LC 공진 회로를 형성하여, 상기 스위칭부로부터의 상기 교류 전압의 주파수 특성을 변환시키기 위한 공진 인덕터; 상기 공진커패시터와 직류전압원 사이에 연결되는 직류전류원을 만들어 주는 입력필터 인덕터; 상기 공진 인덕터에 연결된 일차측 권선, 및 상기 일차측 권선과 소정의 권선비로 구비되는 이차측 권선을 포함하는 상기 변압기; 상기 변압기의 이차측에 유기된 교류 전압을 직류 전압으로 정류하기 위한 정류 회로부; 및 상기 정류 회로부의 출력 양단에 연결되는 출력 커패시터를 포함한다.
- [0030] 상기 스위칭부는 풀브리지 또는 푸시풀 결선을 포함한다.
- [0031] 상기 정류 회로부는 하나 이상의 다이오드를 포함하며, 상기 하나 이상의 다이오드는 풀브리지, 센터탭 또는 전압 더블러 결선될 수 있다.
- [0032] 상기 정류 회로부는 외부로부터의 구동 신호에 따라 스위칭되는 다수의 스위치들을 포함한다.
- [0033] 본 발명의 제 2 관점에 따른 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 각각의 입력 및 출력이 병렬로 연결되는 둘 이상의 단위 공진형 DC-DC 컨버터들을 포함하며, 상기 둘 이상의 단위 공진형 DC-DC 컨버터 각각은, 입력되는 구동 신호에 따라 교번적으로 스위칭되어, 입력 단자들을 통해 입력되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환시키는 복수의 스위치를 포함하는 스위칭부; 상기 스위칭부의 상기 입력 단자들에 병렬로 연결된 공진 커패시터; 상기 스위칭부의 일 출력 단자와 변압기의 일차측 권선에 직렬로 연결되며, 상기 공진 커패시터와 함께 LC 공진 회로를 형성하여, 상기 스위칭부로부터의 상기 교류 전압의 주파수 특성을 변환시키기 위한 제 1 공진 인덕터; 상기 공진커패시터와 직류전압원 사이에 연결되는 직류전류원을 만들어 주는 입력필터 인덕터; 상기 공진 커패시터와 직류 전압원 사이에 연결되는 제 2 공진 인덕터; 상기 공진 인덕터에 연결된 일차측 권선, 및 상기 일차측 권선과 소정의 권선비로 구비되는 이차측 권선을 포함하는 상기 변압기; 상기 변압기의 이차측에 유기된 교류 전압을 직류 전압으로 정류하기 위한 정류 회로부; 및 상기 정류 회로부의 출력 양단에 연결되는 출력 커패시터를 포함한다.

**발명의 효과**

- [0034] 본 발명의 DC-DC 컨버터는 인터리빙을 하면 출력 전류 리플이 완전히 제거된다. 뿐만 아니라 스위치 및 다이오드가 모두 턴온/턴오프 소프트스위칭을 한다. 이러한 장점들은 특히 저전압 직류 변환장치(LDC) 등 대전류 응용분야에서 더욱 큰 효과를 갖는다.

**도면의 간단한 설명**

- [0035] 도 1은 종래의 직렬 공진형 컨버터를 도시한 회로도이다.
- 도 2는 종래의 인터리빙 공진형 컨버터를 도시한 회로도이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 인터리빙 회로의 동작을 설명하기 위한 파형도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.
- 도 5은 도 4에 도시된 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하는 구간별 파형이다.

도 6은 도 4에 도시한 회로에서 변압기 1차측에 적용 가능한 회로들을 나타낸 회로도이다.

도 7은 도 4에 도시한 회로에서 변압기 2차측에 적용 가능한 회로들을 나타낸 회로도이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양방향 공진형 DC-DC 컨버터의 회로도이다.

도 9a 및 도 9b는 도 8에 도시한 회로의 양방향 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하는 구간별 파형도이다.

도 10은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 2상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

도 11은 본 발명의 도 10에 도시된 2상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하기 위한 구간별 파형도이다.

도 12는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

도 13은 3상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하기 위한 구간별 파형도이다.

도 14는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

도 15는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

도 16은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0036] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현 예 및 실시 예를 상세히 설명한다.
- [0037] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현 예 및 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0038] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0039] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다. 도 5는 도 4에 도시된 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하는 구간별 파형이다. 도 6은 도 4에 도시한 회로에서 변압기 1차측에 적용 가능한 회로들을 나타낸 회로도이다. 도 7은 도 4에 도시한 회로에서 변압기 2차측에 적용 가능한 회로들을 나타낸 회로도이다.
- [0040] 먼저, 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 공진형 DC-DC 컨버터는 스위칭부(10), 입력 필터 인덕터(Lf), 공진 커패시터(Cr), 변압기(TX), 공진 인덕터(Lr), 정류 회로부(20), 및 출력 커패시터(Co)를 포함한다.
- [0041] 상기 스위칭부(10)는 제어기로부터 입력되는 구동 신호에 따라 교번적으로 스위칭되어, 입력 단자들을 통해 입력되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환시키는 복수의 스위치들(S1 ~ S4)을 포함한다.
- [0042] 상기 스위칭부(10)의 스위치들(S1 ~ S4)은 실시 예에 따라 다양하게 결선될 수 있다. 예컨대, 상기 스위치들(S1 ~ S4)은 도 6에 도시된 바와 같이, 풀브리지 또는 푸시풀 결선을 포함한다.
- [0043] 상기 입력필터 인덕터(Lf)는 직류전압원과 상기 공진커패시터(Cr)사이에 연결되어 직류전압원을 직류전류원으로 변환시키는 역할을 한다.
- [0044] 상기 공진 커패시터(Cr)는 상기 스위칭부(10) 및 직류 전원 사이의 연결 노드에 병렬로 연결된다.
- [0045] 상기 공진 인덕터(Lr)는 상기 스위칭부(10)의 일 출력 단자와 상기 변압기(TX)의 일차측 권선에 직렬로 연결된다. 상기 공진 인덕터(Lr)는 상기 공진 커패시터(Cr)와 함께 LC 공진 회로를 형성하여, 상기 스위칭부(10)로부터의 상기 교류 전압의 주파수 특성을 변환시킨다.
- [0046] 상기 변압기(TX)는 상기 공진 인덕터(Lr)에 연결된 일차측 권선, 및 상기 일차측 권선과 소정의 권선비로 구비되는 이차측 권선을 포함한다.
- [0047] 상기 정류 회로부(20)는 상기 변압기의 이차측에 유기된 교류 전압을 직류 전압으로 정류한다. 실시 예에 따라서는, 상기 정류 회로부(20)는 다양하게 구현할 수 있다. 예컨대, 상기 정류 회로부(20)는 하나 이상의 다이오드(D1 ~ D4)를 포함하며, 상기 하나 이상의 다이오드(D1 ~ D4)는 풀브리지, 또는 도 7에 도시된 바와 같이, 센

터 탭 또는 전압 더블러로 결선될 수 있다.

- [0048] 이하, 도 5를 참조하여, 도 4에 도시된 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명한다.
- [0049] 먼저, t0 ~ t1 구간은 데드 타임 구간으로서, 입력측 에너지가 출력측에 전달되지 않는 구간으로, 출력은 출력 커패시터(Co)의 방전에 의해 이루어진다.
- [0050] 이어, t1 ~ t2 구간에서, 상기 제어기로부터의 게이트 전압이 스위치 S1 과 S4에 인가되고, 스위치들인 S1, S4 에는 전류가 0부터 서서히 증가하면서 영전류 스위칭(ZCS)을 성취하게 된다. 이때 공진 인덕턴스(Lr)와 공진 커패시터(Cr)에 의해 공진이 형성되고, 상기 공진의 한 주기가 끝날 때 스위치S1 과 S4가 턴-오프된다.
- [0051] t2 ~ t3 구간은 또한 데드 타임 구간으로서, 상술한 t0 ~ t1 구간에서와 같이, 입력측 에너지가 출력측에 전달 되지 않는 구간으로 출력 커패시터의 방전에 의해 이루어진다.
- [0052] 이어, t3 ~ t4 구간에서는, 상기 제어기로부터의 게이트 전압이 스위치S2 와 S3에 인가되고, 상술한 t1 ~ t2 구간에서와 같이, 스위치S2 와 S3에는 전류가 0부터 서서히 증가하면서 영전류 스위칭(ZCS)을 성취하게 된다.
- [0053] 이때 공진 인덕턴스(Lr)와 공진 커패시터(Cr)에 의해 공진이 형성되고, 상기 공진의 한 주기가 끝날 때 스위치 S2, S3가 턴-오프 된다.
- [0054] 도 8은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양방향 공진형 DC-DC 컨버터의 회로도이다. 도 9a 및 도 9b는 도 8에 도시한 회로의 양방향 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하는 구간별 파형도이다.
- [0055] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양방향 공진형 DC-DC 컨버터는 2차측의 정류 회로부(30)를 제외하고, 상술한 도 4의 공진형 DC-DC 컨버터와 유사하다.
- [0056] 상기 2차측의 정류 회로부(30)는 다수의 스위치들(S5 ~ S8)을 포함한다. 또한, 상기 다수의 스위치들(S5 ~ S8)은 도 7에 도시된 바와 같이, 풀브리지, 또는 도 7에 도시된 바와 같이, 센터 탭 또는 전압 더블러로 결선될 수 있다.
- [0057] 상기 양방향 공진형 DC-DC 컨버터의 동작은 도 9a와 도 9b에 도시된 바와 같이, 도 4의 공진형 DC-DC 컨버터와 매우 유사하므로 그 자세한 설명은 생략한다.
- [0058] 도 10은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 2상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다. 도 11은 본 발명의 도 10에 도시된 2상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하기 위한 구간별 파형도이다.
- [0059] 도 10을 참조하면, 상기 2상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 입력 필터 인덕터들( Lf1, Lf2)을 통해 2개의 단위 공진형 DC-DC 컨버터들을 직류 전압원에 연결된다. 또한, 상기 2개의 단위 공진형 DC-DC 컨버터들의 출력단 들은 상기 출력 커패시터(Co)를 공통으로 상호 병렬로 연결된다.

[0060] 각 상의 스위칭 게이트는  $\frac{T_s}{4} (= \frac{\pi}{2})$  만큼 위상차를 주어 동작한다.

[0061] 이는 각 상의 출력 전류에는  $\frac{T_s}{2} (= \pi)$  만큼의 위상차로 나타난다. 각 상의 출력 전류  $i_{o,1}$ ,  $i_{o,2}$ 는 아래와 같은 수 학식 9 및 10으로 표현할 수 있다

**수학식 9**

[0062] 
$$i_{o,1} = \frac{1}{2} I_0 (1 - \cos(\omega t))$$

수학식 10

$$i_{0,2} = \frac{1}{2} I_0 (1 - \cos(\omega t - \pi)) = \frac{1}{2} I_0 (1 + \cos(\omega t))$$

[0063]

[0064] 최종 출력 전류  $i_0$ 는  $i_{0,1}$ ,  $i_{0,2}$ 의 합으로 나타나며 아래의 수학식 11과 같이 표현된다.

수학식 11

$$i_0 = i_{0,1} + i_{0,2} = \frac{1}{2} I_0 (1 - \cos(\omega t)) + \frac{1}{2} I_0 (1 + \cos(\omega t)) = I_0$$

[0065]

[0066] 상기 수학식 11과 같이, 출력 전류는 DC 성분만 남고 리플은 완전히 제거된다.

[0067] 도 12는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다. 도 13은 3상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터의 동작을 설명하기 위한 구간별 파형도이다.

[0068] 도 12을 참조하면, 상기 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 상술한 2상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터와 유사하게 입력필터 인덕터(Lf1, Lf2, …, Lfn)들을 통해 n개의 단위 공진형 DC-DC 컨버터들을 직류 전압원에 연결된다. 또한, 상기 n개의 단위 공진형 DC-DC 컨버터들의 출력단 들은 상기 출력 커패시터(Co)를 공통으로 상호 병렬로 연결된다.

[0069] 각 상의 스위칭 게이트는  $\frac{\pi}{n}$  만큼의 위상차를 가지며 각 상의 출력 전류는  $\frac{2\pi}{n}$  만큼의 위상차를 가진다. 각 상의 출력 전류  $i_{0,1}$ ,  $i_{0,2}$ ,  $i_{0,3}$ , …,  $i_{0,n}$ 는 아래의 수학식 12 내지 15와 같이 표현할 수 있다.

수학식 12

$$i_{0,1} = \frac{I_0}{n} (1 - \cos(\omega t))$$

[0070]

수학식 13

$$i_{0,2} = \frac{I_0}{n} (1 - \cos(\omega t - \frac{2\pi}{n}))$$

[0071]

수학식 14

$$i_{0,3} = \frac{I_0}{n} (1 - \cos(\omega t - \frac{4\pi}{n}))$$

[0072]

수학식 15

[0073] 
$$i_{0,n} = \frac{I_o}{n} (1 - \cos(\omega t - \frac{2(n-1)\pi}{n}))$$

[0074] 최종 출력 전류  $i_o$ 는 각 상 출력 전류의 합으로 나타나며 아래의 수학식 16과 같이 표현할 수 있다.

수학식 16

[0075] 
$$i_o = i_{0,1} + i_{0,2} + i_{0,3} + \dots + i_{0,n} = I_o$$

[0076] 상기 수학식 16과 같이, 최종 출력 전류  $i_o$ 는 리플 성분이 없는 DC 전류만 흐르게 된다. 출력 전류 리플이 없는 본 발명은 출력 커패시터의 용량 및 부피를 줄일 수 있으며 이러한 장점은 저전압, 대전류 응용분야에서 더욱 큰 효과를 갖는다.

[0077] 도 14는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

[0078] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 비절연형+절연형의 병렬 구조로 구현할 수 있다. 도 14에 도시된 바와 같이, 비절연형+절연형의 병렬 구조의 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터에서 각 상은, 하나의 비절연컨버터용 커패시터(Ci)와 비절연컨버터용 스위칭소자(Sb)와 비절연 컨버터용 정류소자(Db)로 구성된 비절연 컨버터(40)를 전압원(Vi)과 공진 커패시터 사이에 전압원(Vi)과 병렬로 연결한다.

[0079] 이로 인하여 비절연 컨버터(40)와 공진형 컨버터 사이의 DC 링크 커패시터를 공진 커패시터(Cr)로 대체함으로써 종래의 전압원 공진형 컨버터를 이용한 2단 방식에 비해 수동 소자 수를 줄일 수 있다. 비절연 컨버터로 출력 전압 제어를 하며, 공진형 컨버터는 고정 주파수/고정 듀티로 동작하며 인터리빙 동작을 수행한다.

[0080] 도 15는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다. 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 단일 비절연형+절연형 직렬-병렬 구조로 구현할 수 있다. 도 15에 도시된 바와 같이, 상기 단일 비절연형+절연형 직렬-병렬 구조의 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 하나의 비절연 컨버터(40)에 인터리빙 공진형 컨버터가 결합된 방식으로 공진형 컨버터는 1차측 직렬-2차측 병렬 연결된 구조를 갖는다.

[0081] 도 16은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터를 도시한 회로도이다.

[0082] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 단일 비절연형+절연형 병렬-병렬 구조로 구현할 수 있다. 도 16에 도시된 바와 같이, 단일 비절연형+절연형 병렬-병렬 구조의 n상 인터리빙 공진형 DC-DC 컨버터는 하나의 비절연 컨버터(40)에 인터리빙 공진형 컨버터가 결합된 방식으로 공진형 컨버터는 1차측 병렬-2차측 병렬 연결된 구조이다.

[0083] 또한 본 발명의 하나의 실시예로서 정류회로의 정류소자는 외부로부터의 구동 신호에 따라 스위칭 되는 다수의 스위치로 구성 되는 경우에 대하여는 도8에 만 도시 하였으나 본 발명의 타실시예에도 적용 될 수 있다.

[0084] 따라서 정류회로의 정류소자는 외부로부터의 구동 신호에 따라 스위칭 되는 다수의 스위치로 구성 되는 경우에 대하여는 도4 내지 도16을 통하여 설명한 내용과 모든 회로동작설명이 동일하고, 정류소자만 다이오드에서 스위칭 가능한 정류 소자로 대체 된 것 이어서 설명을 생략 하였다..

[0085] 또한 발명의 이해를 용이하게 하기 위하여 설명의 상기한 설명에서는 전압원을 입력(Vi)으로 하고, 정류회로의 출력커패시터(Co)의 양단을 출력( Vo)으로 하는 경우를 기준하여 설명하였다.

[0086] 하나 이는 설명의 편의를 위한 것이며, 상기한 본 발명이 공진형 DC-DC 컨버터에서 정류회로의 정류소자가 외부로부터의 구동 신호에 따라 스위칭 되는 다수의 스위치로 구성 되는 경우에는

[0087] 도4 ~도16에 나타난 공진형 DC-DC 컨버터의 정류회로의 출력커패시터(Co)의 양단을 출력(Vo)측을 입력으로 하

여 전압원에 연결하고, 전압원인 입력( $V_i$ )단에 부하를 연결하면 상기한 도4~도16에 나타난 공진형 DC-DC 컨버터와 동일하게 동작됨은 자명하며,

[0088] 이러한 역방향 조작의 처리과정은 상기한 도4~ 도16에 나타난 공진형 DC-DC 컨버터의 동작과 동일하고, 전류의 흐름만 반대이기에 구체적 설명을 생략한 것이다.

[0089] 따라서 상기한 공진형 DC-DC 컨버터는 양방향 동작이 가능한 공진형 DC-DC 컨버터임은 자명하다 할 것이다.

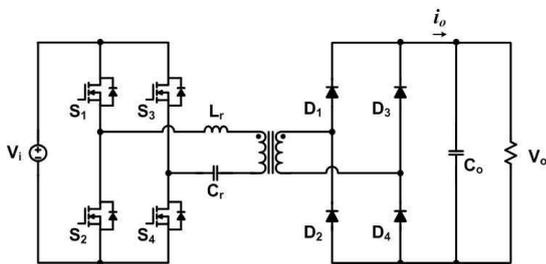
[0090] 본 발명은 특정한 실시 예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 제공되는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 한도 내에서, 본 발명이 다양하게 개량 및 변화될 수 있다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

**부호의 설명**

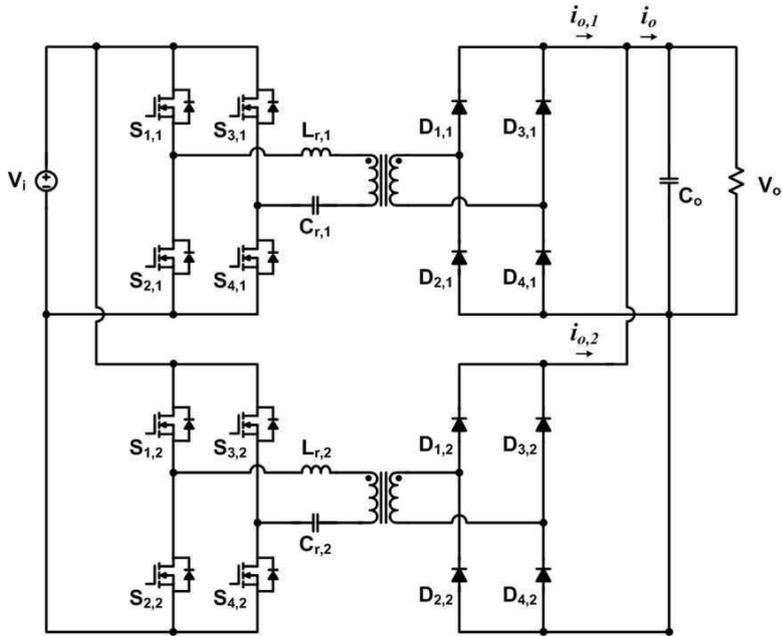
- [0091] 10: 스위칭부
- $L_f, L_{f1}, L_{f2}, \dots, L_{fn}$ : 입력필터 인덕터
- $C_r, C_{r1}, C_{r2}, \dots, C_{rn}$ : 공진 커패시터
- Tx: 변압기(TX)
- $L_r, L_{r1}, L_{r2}, \dots, L_{rn}$ : 공진 인덕터
- $C_i$ : 비절연컨버터용 커패시터
- Sb: 비절연컨버터용 스위칭소자
- Db: 비절연컨버터용 정류소자
- 20, 30: 정류 회로부
- 40: 비 절연 컨버터
- $C_o$ : 출력 커패시터

**도면**

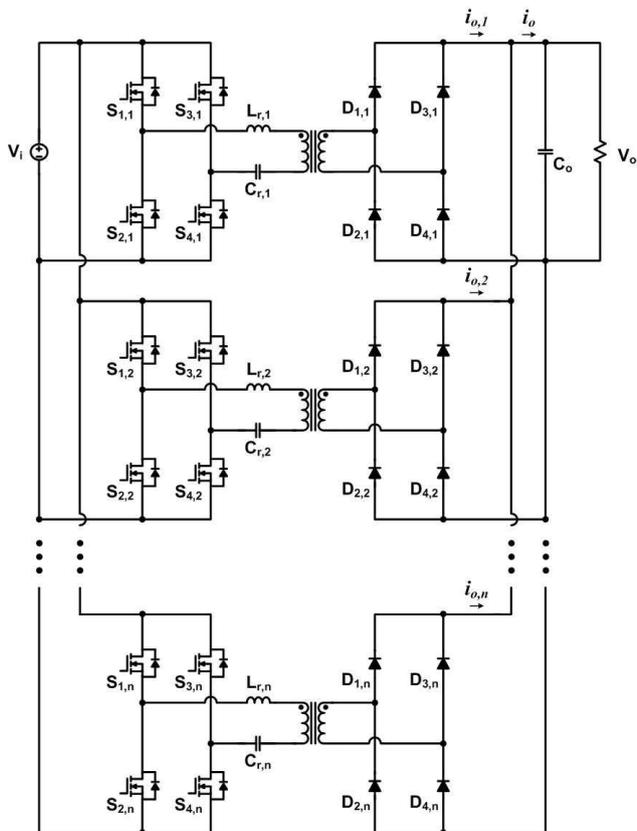
**도면1**



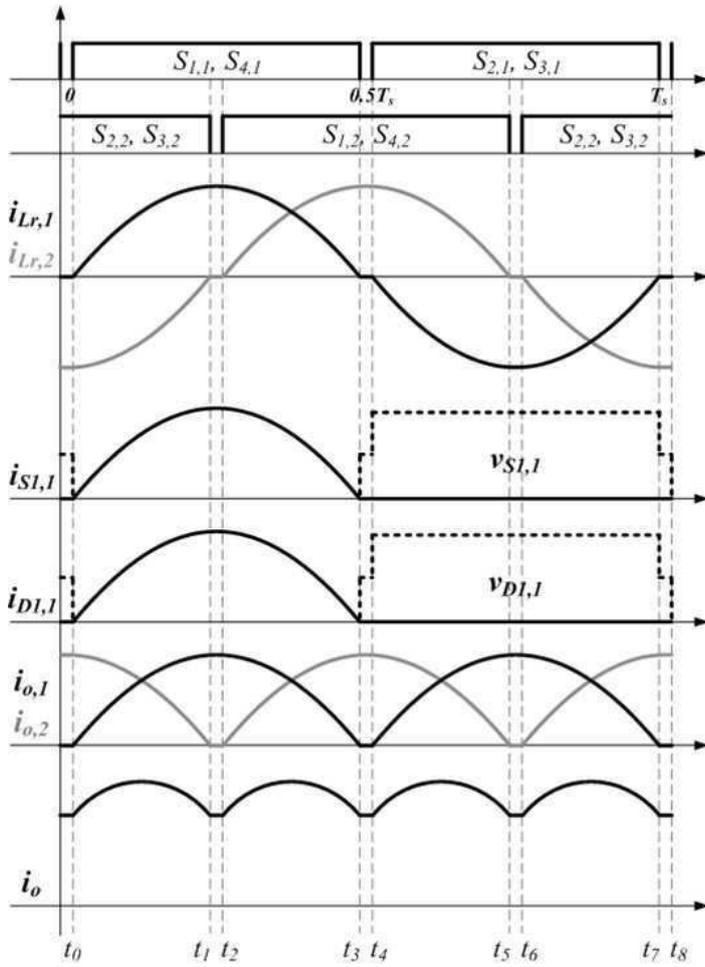
도면2a



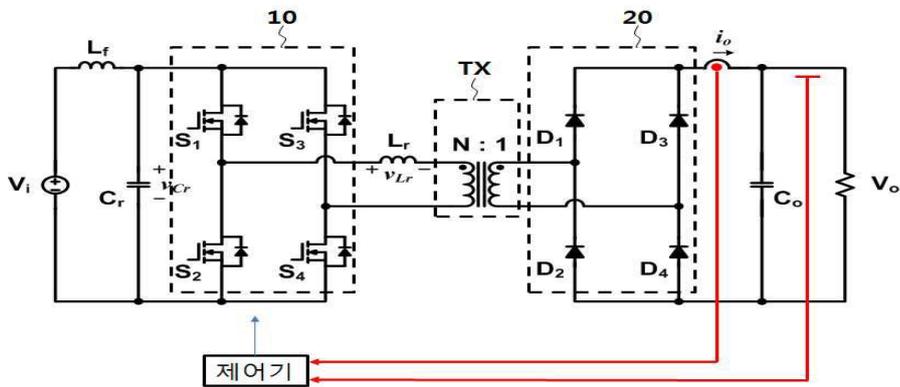
도면2b



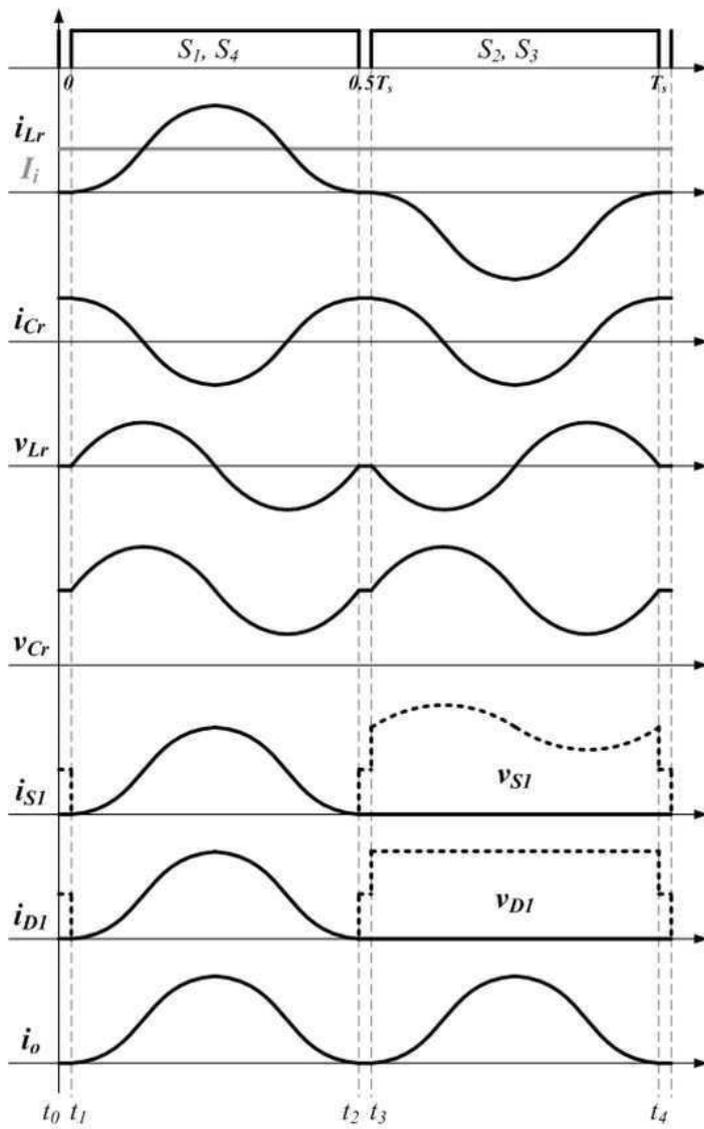
도면3



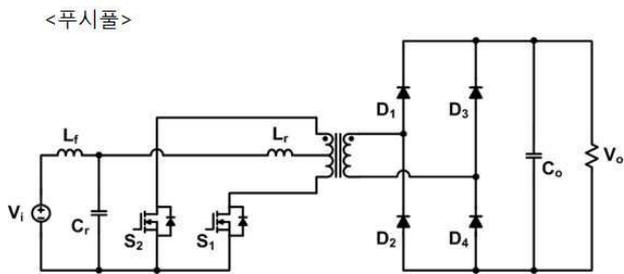
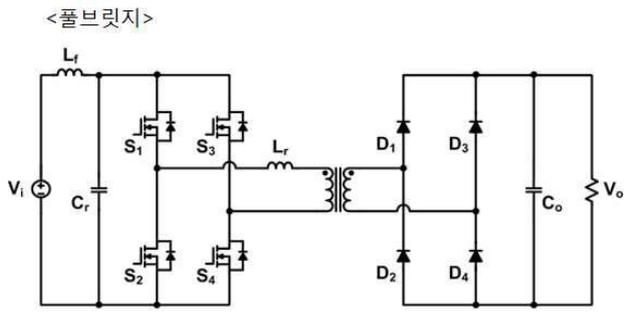
도면4



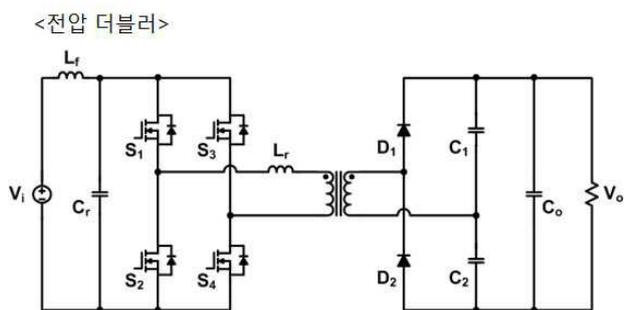
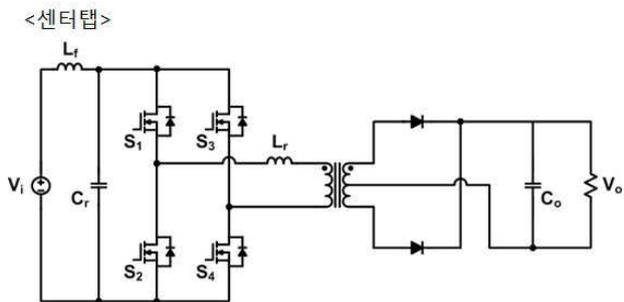
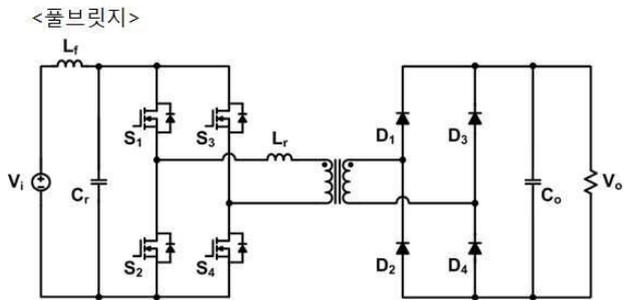
도면5



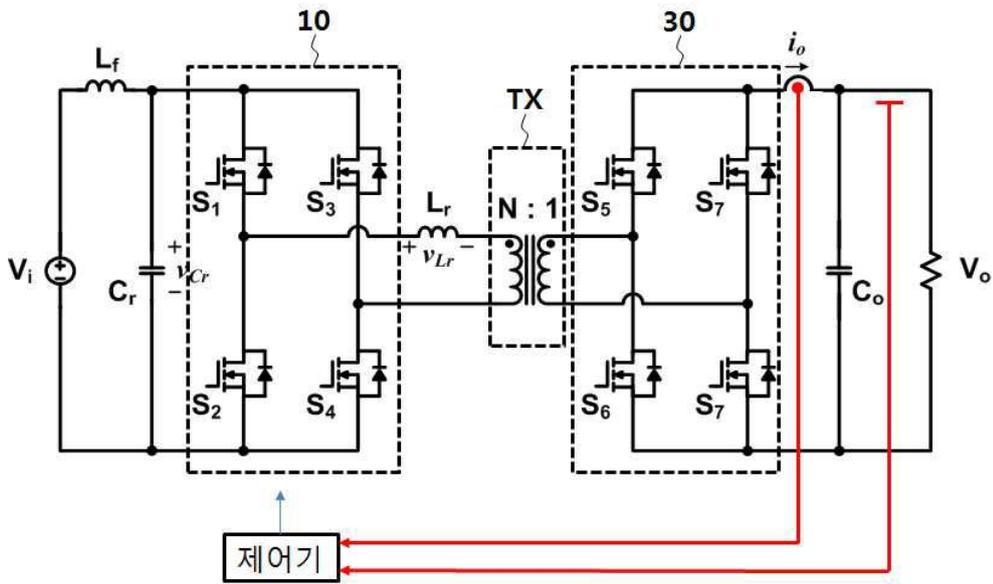
도면6



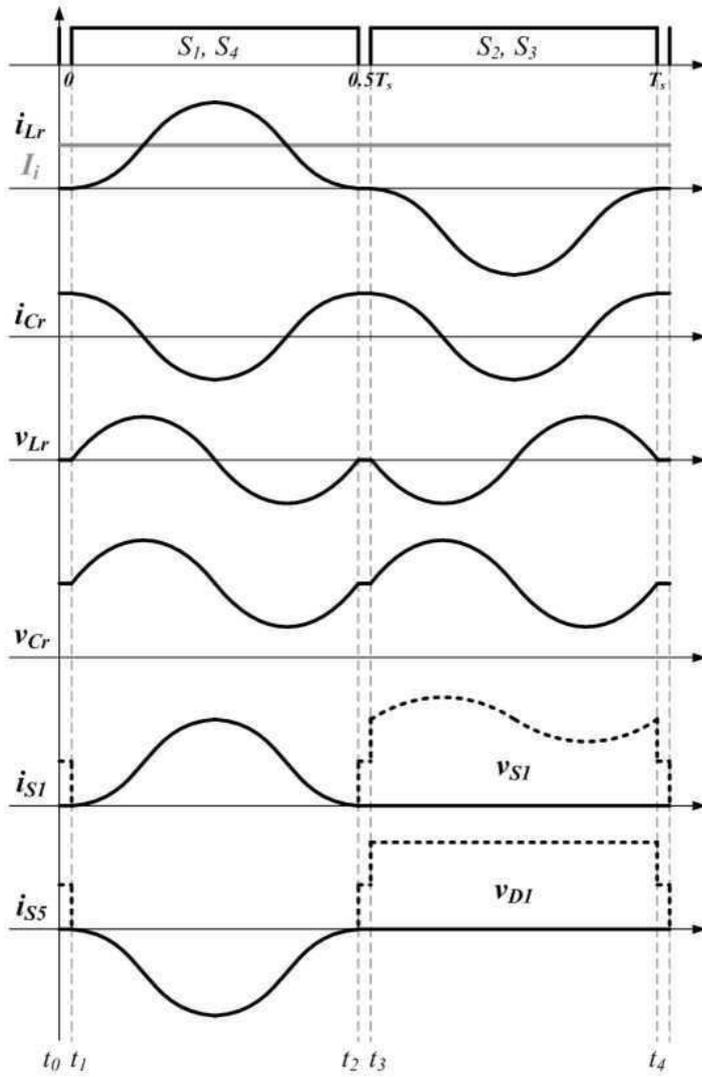
도면7



도면8

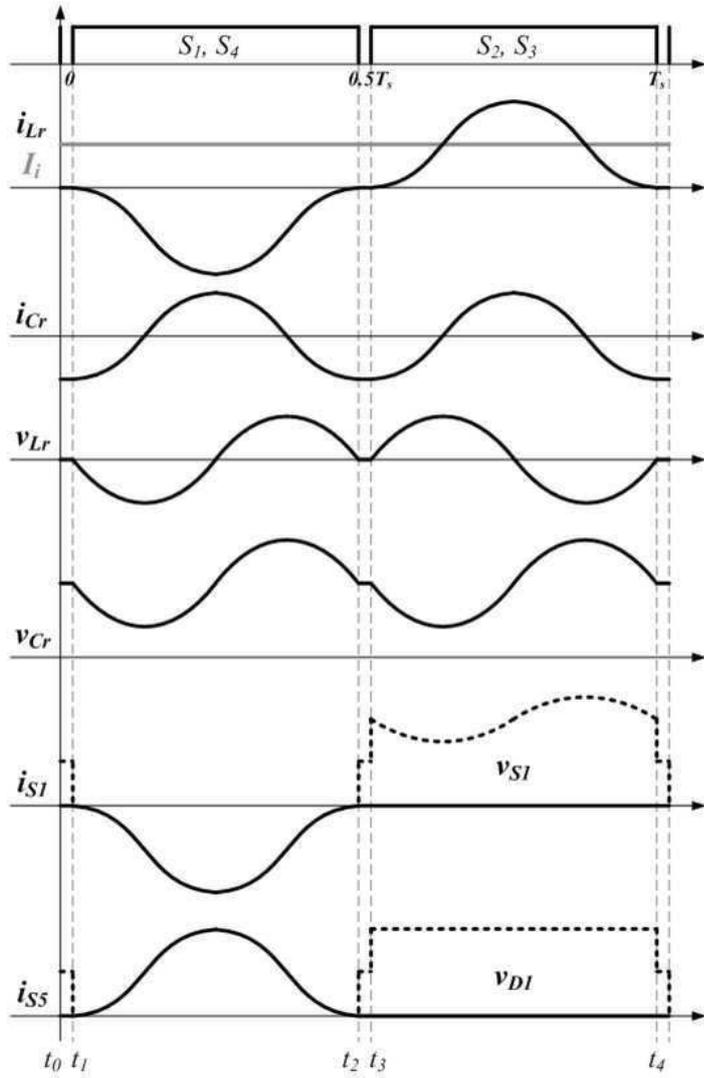


도면9a



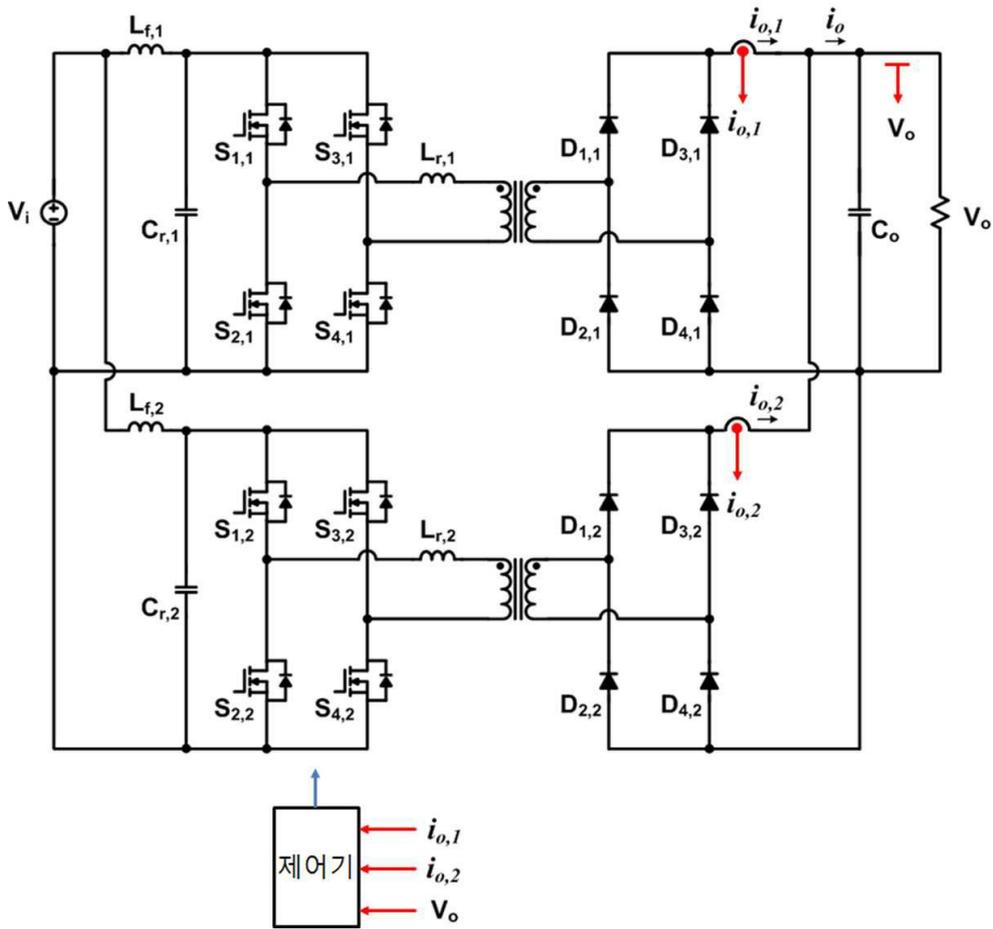
[강압시 동작 파형]

도면9b

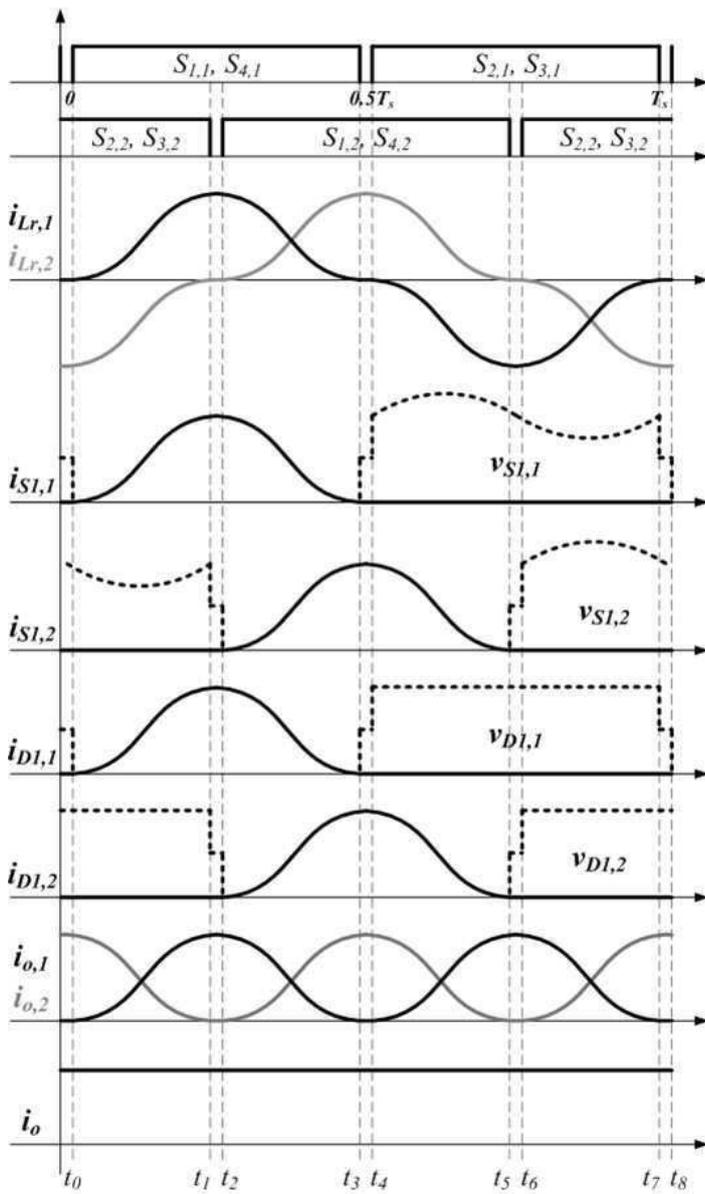


[승압시 동작 파형]

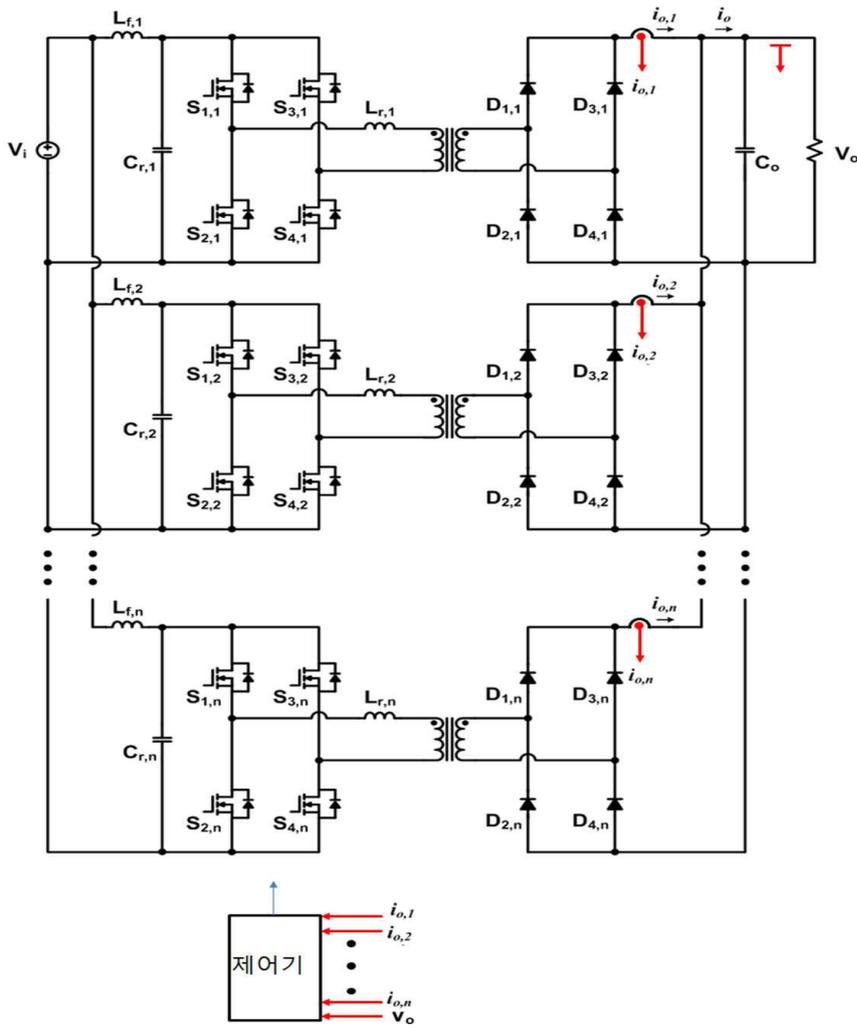
도면10



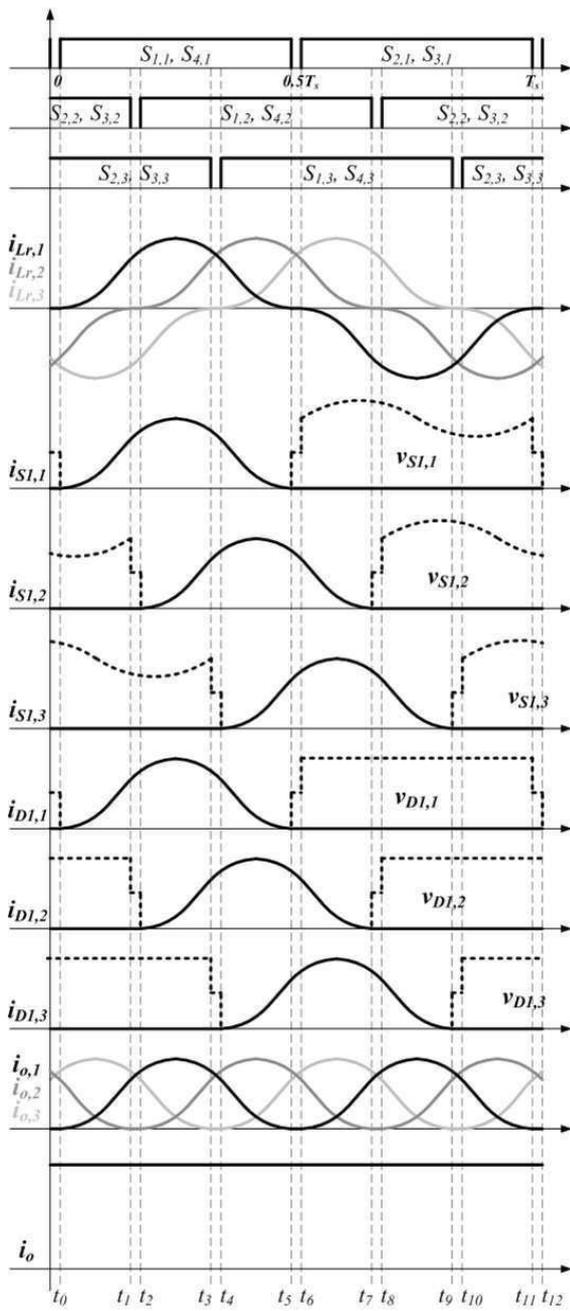
도면11



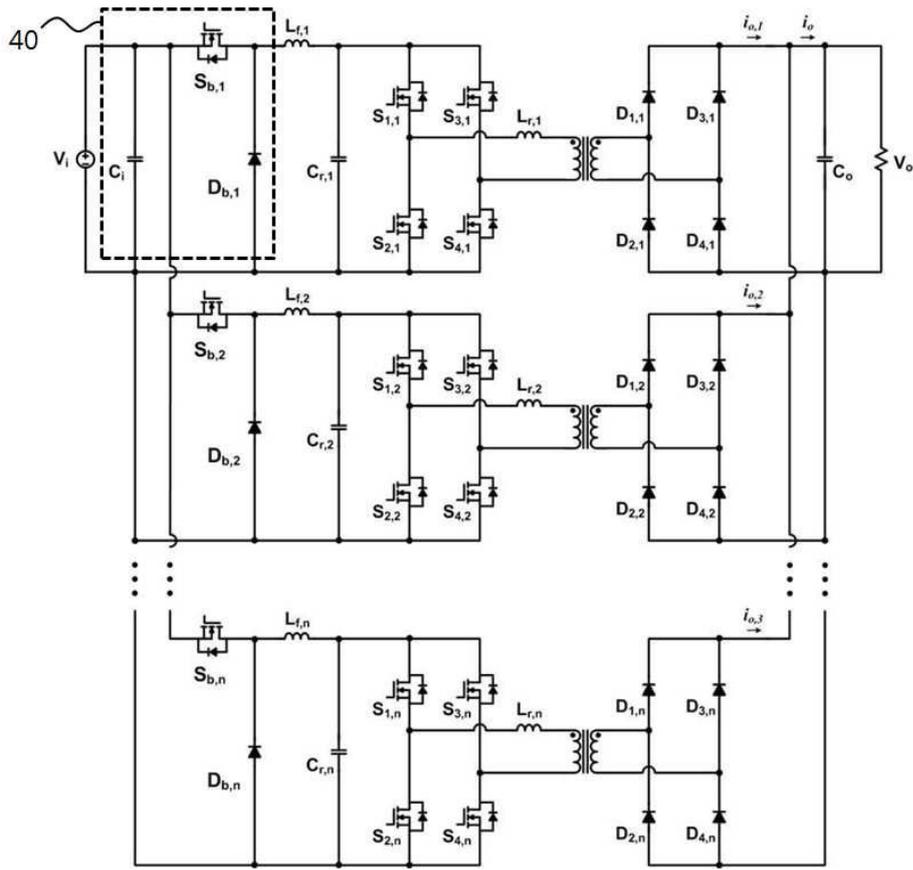
도면12



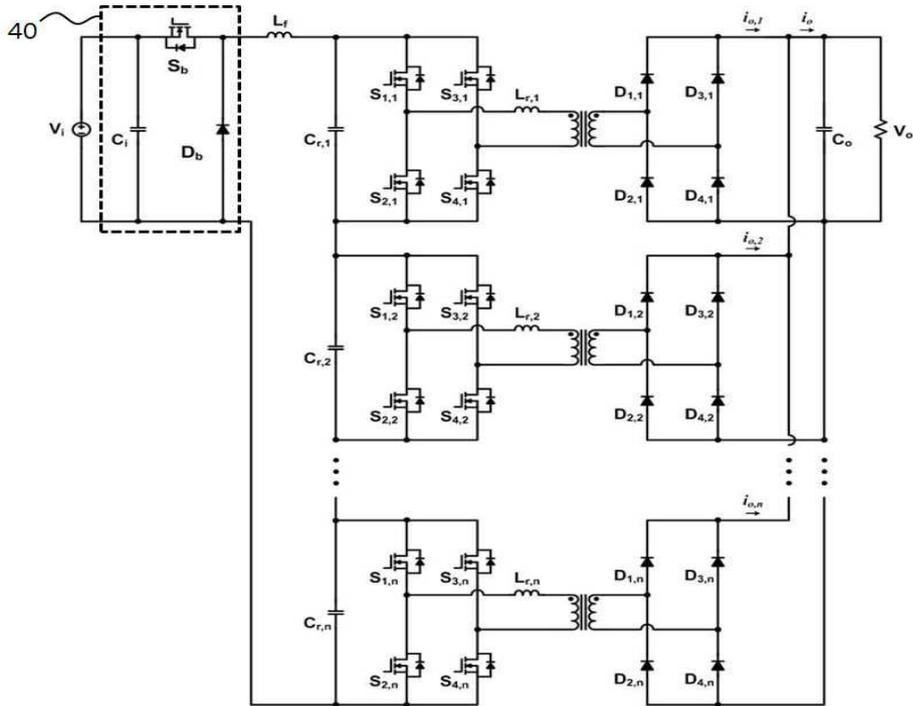
도면13



도면14



도면15



도면16

