



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월21일  
(11) 등록번호 10-1214446  
(24) 등록일자 2012년12월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02M 7/483 (2007.01)

(21) 출원번호 10-2011-0118328

(22) 출원일자 2011년11월14일

심사청구일자 2011년11월14일

(56) 선행기술조사문헌

JP평성11089249 A

US5982646 A

US6307760 B1

JP2007028860 A

(73) 특허권자

한국전기연구원

경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)

(72) 발명자

강대욱

경상남도 창원시 가음정동 한국전기연구원아파트 가동 203호

박정우

경남 창원시 상남동 토월대동아파트 105-1307

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한라특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

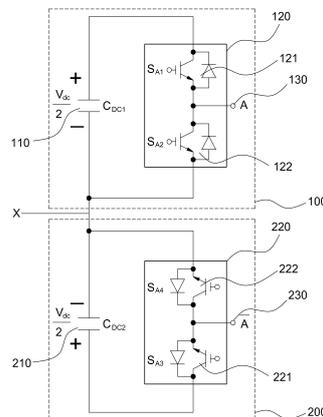
심사관 : 배진용

(54) 발명의 명칭 **미러형 멀티 레벨 컨버터**

**(57) 요약**

본 발명은 미러형 멀티 레벨 컨버터에 대한 것으로서, 더욱 상세하게는 미러형 3 레벨 컨버터의 경우 상단 캐패시터와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 상단 회로부; 및 상기 상단 캐패시터와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터와 병렬 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 하단 회로부;로 이루어지고, 상기 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 상기 상단 캐패시터와 하단 캐패시터의 음극 단자가 서로 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 상기 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화함으로써, 기존의 형태와는 다른 새로운 형태로 멀티 레벨 컨버터를 구현할 수 있고, 구현해내는데 필요한 소자의 개수를 줄일 수 있어 비용 절감 효과를 얻을 수 있다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**권진수**

경상남도 마산시 자산동 267-11

**문지우**

부산광역시 부산진구 양연로 47, 308호 (양정동,  
다사랑빌리지)

**배득우**

경상남도 창원시 반지동 대동아파트 101동 1508호

**오창훈**

경상남도 마산시 구암동 16-33

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

미러형 3 레벨 컨버터로서,

상단 캐패시터와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 상단 회로부; 및

상기 상단 캐패시터와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터와 병렬 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 하단 회로부;로 이루어지고,

상기 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 상기 상단 캐패시터와 하단 캐패시터의 음극 단자가 서로 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 상기 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 하는 미러형 3 레벨 컨버터.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 상단 회로부는 상기 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제1, 제2 스위칭 소자를 더 포함하고,

상기 하단 회로부는 상기 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제3, 제4 스위칭 소자를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 미러형 3 레벨 컨버터.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 제1, 제2, 제3, 제4 스위칭 소자는 동종의 IGBT와 프리휠 다이오드(FWD)가 역병렬로 접속된 것을 특징으로 하는 미러형 3 레벨 컨버터.

### 청구항 4

미러형 N 레벨 컨버터로서,

상단 캐패시터와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 k 개의 상단 회로부; 및

상기 상단 캐패시터와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터와 병렬 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 k 개의 하단 회로부;로 이루어지고,

각각의 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 각 상단 회로부 내의 상단 캐패시터의 음극 단자와 각 하단 회로부 내의 하단 캐패시터의 음극 단자가 서로 연결되고,

출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선을 제외한 나머지 각 상단 회로부 내의 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선과 각 하단 회로부 내의 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선은 서로 연결되며,

상기 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 하는 미러형 N 레벨 컨버터.

여기서,  $N=2*k+1$ 이고,  $k$ 는 양의 정수임.

**청구항 5**

청구항 4에 있어서, 각 상단 회로부는 상기 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제1, 제2 스위칭 소자를 더 포함하고,

각 하단 회로부는 상기 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제3, 제4 스위칭 소자를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 미러형  $N$  레벨 컨버터.

여기서,  $N=2*k+1$ 이고,  $k$ 는 양의 정수임.

**청구항 6**

청구항 4에 있어서, 상기 제1, 제2, 제3, 제4 스위칭 소자는 동종의 IGBT와 프리휠 다이오드(FWD)가 역병렬로 접속된 것을 특징으로 하는 미러형  $N$  레벨 컨버터.

여기서,  $N=2*k+1$ 이고,  $k$ 는 양의 정수임.

**명세서**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 미러형 멀티 레벨 컨버터로서, 더욱 상세하게는 상단 캐패시터, 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 상단 회로부 및 하단 캐패시터, 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 구현된 미러형 멀티 레벨 컨버터에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 일반산업계에서 전기장치가 대용량화되는 추세에 따라 고압대용량 전력변환 시스템에 적용하기 위한 멀티 레벨 컨버터가 지속적으로 개발되고 있으며, 이러한 멀티 레벨 컨버터는 아래와 같은 특징이 있다.

[0003] 첫째, 출력전압 레벨이 증가할수록 스위칭시 발생하는  $dV/dt$ 와 서지전압의 크기가 감소하여 교류전동기 구동에 적용할 경우 전동기 고정자 권선의 절연파괴 및 전동기 베어링 파손 등으로 인한 고장을 현저히 감소시킬 수 있다. 또한 공통모드 전류의 억제효과도 제공한다.

[0004] 둘째, 2 레벨 컨버터에 비하여 보다 낮은 스위칭 주파수로 동일한 출력 고조파 특성을 얻을 수 있으므로 스위칭 손실이 감소하여 효율을 높일 수 있다.

[0005] 셋째, 스위치에 인가되는 전압이 직류 링크단 전압으로 제한되므로 레벨 수를 조절하여 전력반도체 스위치의 정격전압 레벨을 적절히 설정할 수 있다.

[0006] 지금까지 개발된 멀티레벨 컨버터의 종류는 다이오드 클램핑 방식, 플라잉 캐패시터 방식, H-브리지 방식과 같이 크게 3가지로 구분할 수 있는데 각각에 대하여 간단히 설명하면 다음과 같다.

[0007] 다이오드 클램핑 방식의 멀티 레벨 컨버터는, 고전압의 단일 직류링크에 직렬 연결된 다수의 캐패시터로부터 얻어지는 여러 단의 탭에 순차적으로 스위칭하는 방식으로 Back-to-Back 연결이 가능하며 현재 고압대용량 컨버터 시스템 구성에 일부 실용화되어 적용되고 있다.

[0008] 그러나, 직류 링크전압 불균형 문제를 해결하기 위한 제어기법이 필요하고, 레벨의 수가 증가함에 따라 시스템 구현이 현실적으로 어렵고, 불균형적인 전압이 인가되는 클램핑 다이오드가 필요하다는 등의 문제점이 있다.

[0009] 또한, 플라잉 캐패시터 방식의 멀티 레벨 컨버터는 다이오드의 전압불균형 문제가 발생하지는 않으나, 레벨이 증가할수록 다수의 캐패시터 뱅크가 필요하고, 이러한 캐패시터들의 전압유지를 위한 복잡한 스위칭 제어도 필요하며, 이로 인한 스위칭 주파수 증가로 스위칭 손실도 증가하는 문제가 있어서 실용화에는 어려움이 있다.

[0010] 아울러, H-브리지 방식의 멀티 레벨 컨버터는 기존의 H-브리지 구성의 컨버터 출력을 다수 상호 직렬 연결함으로써 멀티 레벨 출력전압을 얻는 방식으로, 각각의 H-브리지 컨버터가 이미 확립된 기술이며 모듈 방식의 구성이 가능하고 제어가 간단하다는 장점을 가지나, 멀티레벨 출력을 얻기 위하여 상호 독립된 다수개의 직류 전원이 필요하며, 특히 Back-to-Back 연결이 불가능하여 전력회생도 안되며 극히 제한적인 응용분야에만 적용이 되고 있는 실정이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위해서, 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 상단 캐패시터와 하단 캐패시터의 음극 단자를 서로 연결하고, 상단 캐패시터와 연결되는 제1, 제2 스위칭 소자 및 하단 캐패시터와 연결되는 제3, 제4 스위칭 소자의 설치 방향이 서로 반대가 되도록 하여 기존에 없었던 새로운 형태로 구현된 미러형 멀티 레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0012] 상기와 같은 본 발명에 따른 미러형 3 레벨 컨버터는, 상단 캐패시터와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 상단 회로부; 및 상기 상단 캐패시터와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터와 병렬 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 하단 회로부;로 이루어지고, 상기 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 상기 상단 캐패시터와 하단 캐패시터의 음극 단자가 서로 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 상기 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게는, 상기 상단 회로부는 상기 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제1, 제2 스위칭 소자를 더 포함하고, 상기 하단 회로부는 상기 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제3, 제4 스위칭 소자를 더 포함하는 것을 특징으로 구성될 수 있다.

[0014] 이때, 상기 제1, 제2, 제3, 제4 스위칭 소자는 동종의 IGBT와 프리휠 다이오드(FWD)가 역병렬로 접속된 것을 특징으로 구성될 수 있다.

[0015] 또한 본 발명에 따른 미러형 N 레벨 컨버터는, 상단 캐패시터와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 k 개의 상단 회로부; 및 상기 상단 캐패시터와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터와 병렬 연결되고, 상기 제1, 제2 스위칭 소자와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 k 개의 하단 회로부;로 이루어지고, 각각의 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 각 상단 회로부 내의 상단 캐패시터의 음극 단자와 각 하단 회로부 내의 하단 캐패시터의 음극 단자가 서로 연결되고, 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선을 제외한 나머지 각 상단 회로부 내의 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선과 각 하단 회로부 내의 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선은 서로 연결되며, 상기 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 한다. 여기서,  $N=2*k+1$ 이고, k는 양의 정수이다.

[0016] 바람직하게는, 각 상단 회로부는 상기 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제1, 제2 스위칭 소자를 더 포함하고, 각 하단 회로부는 상기 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자에 대해 병렬 연결되는 추가적인 2 세트의 제3, 제4 스위칭 소자를 더 포함하는 것을 특징으로 구성될 수 있다.

[0017] 이때, 상기 제1, 제2, 제3, 제4 스위칭 소자는 동종의 IGBT와 프리휠 다이오드(FWD)가 역병렬로 접속된 것을 특징으로 구성될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0018] 이상과 같은 구성의 본 발명에 따른 미러형 멀티 레벨 컨버터를 이용하면, 기존의 형태와는 다른 새로운 형태로 멀티 레벨 컨버터를 구현할 수 있고, 구현해내는데 필요한 소자의 개수를 줄일 수 있어 비용 절감 효과를 얻을 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명에 따른 미러형 멀티 레벨 컨버터를 사용하여, 고압대용량 전력변환 시스템에 필요한 전원을 안정적으로 공급할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 미러형 3 레벨 단상 컨버터의 회로도,  
 도 2a 내지 도 2d는 도 1에 나타난 회로에서 각 스위칭 소자의 스위칭 동작 예를 나타내는 도면,  
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 미러형 3 레벨 3상 컨버터의 회로도,  
 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 미러형 5 레벨 단상 컨버터의 회로도,  
 도 5a 및 도 5b는 도 4에 나타난 회로에서 각 스위칭 소자의 스위칭 동작 예를 나타내는 도면,  
 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 미러형 5 레벨 3상 컨버터의 회로도,  
 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미러형 N 레벨 3상 컨버터의 회로도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0021] 이하에서 도면을 참조하여 본 발명에 따른 전원공급장치용 벡 컨버터에 대해 상세히 설명한다. 각 도면에서 도시된 소자 중 일부 동일한 소자에 대한 도면 부호는 표기하지 않았음을 미리 밝혀둔다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 미러형 3 레벨 단상 컨버터의 회로도이다.
- [0023] 미러형 3 레벨 컨버터는, 상단 캐패시터(110)와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)를 포함하는 상단 회로부(100); 및 상단 캐패시터(110)와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터(210)와 병렬 연결되고, 위 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자(221, 222)를 포함하는 하단 회로부(200);로 이루어지고, 이러한 상단 회로부(100)와 하단 회로부(200)가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 상단 캐패시터(110)와 하단 캐패시터(210)의 음극 단자가 서로 연결되고, 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130) 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230)으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 본 발명의 일실시예에서 미러형 3 레벨 컨버터는 상단 회로부(100)와 하단 회로부(200)로 이루어지고, 이러한 상단 회로부(100)와 하단 회로부(200)는 서로 거울(mirror)을 보는 형태를 이루도록 소자들이 배치된다.
- [0025] 상단 회로부(100)는 상단 캐패시터(110), 하나의 세트(120)를 이루는 제1 스위칭 소자(121), 제2 스위칭 소자(122)를 포함하여 구성된다.
- [0026] 상단 캐패시터(110)는 직류 링크 전압을 충전하고 있는 역할을 수행하고, 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)와는 병렬 연결되도록 배치된다. 이때, 상단 캐패시터(110) 대신에 직류 전압원이 상단 캐패시터(110)에 충전된 전압의 방향과 동일한 방향으로 전압을 공급하도록 배치될 수 있다.
- [0027] 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)는 도 1에 도시된 것처럼 하나의 세트(120)를 이루어 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작한다. 상보적으로 스위칭 동작한다는 것은 도 1의 제1 스위칭 소자(121, S<sub>A1</sub>)와 제2 스위칭 소자(122, S<sub>A2</sub>) 중 어느 하나가 턴-온이 되면 나머지 하나는 턴-오프되는 관계를 의미한다.
- [0028] 상술한 바와 같이 하단 회로부(200)는 상단 회로부(100)에 대해 거울을 통해 바라보는 형태로 소자들이 배치되는데, 하단 회로부(200)는 하단 캐패시터(210), 하나의 세트(220)를 이루는 제1 스위칭 소자(221), 제2 스위칭 소자(222)를 포함하여 구성된다.

[0029] 즉, 하단 캐패시터(210)는 상술한 상단 캐패시터(210)와 같은 크기의 직류 링크 전압을 충전하되, 방향이 반대인 전압을 충전하고 있는 역할을 수행하고, 제3, 제4 스위칭 소자(221, 222)와는 병렬 연결되도록 배치된다. 이때, 하단 캐패시터(210) 대신에 직류 전압원이 하단 캐패시터(210)에 충전된 전압의 방향과 동일한 방향으로 전압을 공급하도록 배치될 수 있다.

[0030] 또한, 제3, 제4 스위칭 소자(221, 222)는 도 1에 도시된 것처럼 하나의 세트(220)를 이루어 상술한 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작한다. 제1 스위칭 소자(121, S<sub>A1</sub>)와 제2 스위칭 소자(122, S<sub>A2</sub>) 간의 관계와 마찬가지로, 제3 스위칭 소자(221, S<sub>A3</sub>)와 제4 스위칭 소자(222, S<sub>A4</sub>)도 서로 상보적으로 스위칭 동작함에 따라 두 소자 중 어느 하나가 턴-온이 되면 나머지 하나는 턴-오프된다.

[0031] 이와 같이 내부에 배치된 소자들이 서로 거울을 보는 형태를 이루어진 상단 회로부(100)와 하단 회로부(200)의 연결 관계를 살펴보면, 도 1에 도시된 것처럼 상단 캐패시터(110)와 하단 캐패시터(210)의 음극 단자가 서로 연결된다(line 'X'). 다시 말하자면, 상단 회로부(100)와 하단 회로부(200)의 연결선(X)에서 양면거울을 놓고 바라보면, 내부 소자들이 서로 동일한 형태로 구성되어 있음을 알 수 있다.

[0032] 이처럼 본 발명에 따른 미러형 3 레벨 컨버터는 각 스위칭 소자가 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 제작됨으로써, 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130) 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230)으로부터 출력되는 출력전압은 3 레벨을 갖도록 변화한다. 이러한 3 레벨의 전압이 출력되는 동작은 첨부된 도 2a 내지 도 2d 및 표 1을 참고하여 구체적으로 설명한다.

**표 1**

3-레벨 스위칭 상태 및 출력전압 (X=A)

S <sub>X1</sub>	S <sub>X2</sub>	S <sub>X3</sub>	S <sub>X4</sub>	V <sub>X<math>\bar{X}</math></sub>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	$\frac{1}{2} V_{dc}$
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	$-\frac{1}{2} V_{dc}$

[0033]

[0034] 각 스위칭 소자는 서로 상보적으로 스위칭 동작을 수행하므로, 제2 스위칭 소자(S<sub>A2</sub>)는 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)에 종속적인 동작을 하게 되어 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)가 턴-온/턴-오프하는 2가지 경우가 있게 된다. 마찬가지로, 제4 스위칭 소자(S<sub>A4</sub>)는 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>)에 종속적인 동작을 하게 되어 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>)가 턴-온/턴-오프하는 2가지 경우가 있게 되어 총 4가지 스위칭 상태를 나타낼 수 있다. 표 1은 4가지 스위칭 상태에 따른 출력 전압(V<sub>X $\bar{X}$</sub> )을 정리한 표이다. 여기서, '1'은 스위칭 소자가 턴-온된 상태를 의미하고, '0'은 스위칭 소자가 턴-오프된 상태를 의미한다.

[0035] 도 2a를 참고하면 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)는 턴-온이고, 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>)는 턴-오프 상태를 나타내는 '10'의 스위칭 상태임을 알 수 있고, 상단 캐패시터(C<sub>DC1</sub>)에 충전된 전압인 V<sub>dc</sub>/2을 출력한다. 도 2d에서는 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)와 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>)의 스위칭 상태가 '01'이므로, 도 2a와는 반대로 하단 캐패시터(C<sub>DC2</sub>)에 충전된 전압인 -V<sub>dc</sub>/2을 출력한다.

[0036] 도 2b의 경우에는 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)과 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>) 모두 턴-온 상태인 '11'의 스위칭 상태로서, 상단 캐패시터(C<sub>DC1</sub>)에 충전된 전압과 하단 캐패시터(C<sub>DC2</sub>)에 충전된 전압이 서로 상쇄되어 결국 0을 출력한다. 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)과 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>) 모두가 턴-오프 상태인 '00'의 경우를 나타내는 도 2c에서는 0을 출력함을 알 수 있다.

- [0037] 이와 같이 기존에 사용되던 3 레벨 컨버터에 비해 적은 개수의 소자만을 활용한 미러형 3 레벨 컨버터를 통해 총 4가지 스위칭 상태를 만들어낼 수 있고, 이에 따라  $V_{dc}/2$ , 0,  $-V_{dc}/2$ 의 3 레벨 전압이 출력됨을 알 수 있다 (표 1 참고).
- [0038] 나아가, 도 3에 도시된 것처럼 상단 회로부(100)는 제1 스위칭 소자(121), 제2 스위칭 소자(122)로 이루어진 세트(120)를 2개 더 추가적으로 포함하여 구성될 수 있다. 하단 회로부(200)도 마찬가지로 제3 스위칭 소자(221), 제4 스위칭 소자(222)로 이루어진 세트(220)를 2개 더 추가적으로 포함하여 구성될 수 있다. 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 미러형 3 레벨 3상 컨버터의 회로도이다.
- [0039] 다시 말하자면, 상단 회로부(100)에서 상단 캐패시터(110)는 세트(120a, 120b, 120c)를 이루는 3개씩의 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)와 병렬 연결되고, 하단 회로부(200)에서 하단 캐패시터(210)는 세트(220a, 220b, 220c)를 이루는 3개씩의 제3, 제4 스위칭 소자(221, 222)와 병렬 연결되며, 상단 캐패시터(110)와 하단 캐패시터(210)의 음극 단자는 서로 연결(line 'X')된다.
- [0040] 제1, 제2 스위칭 소자 간의 3개의 연결선(130a, 130b, 130c) 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 3개의 연결선(230a, 230b, 230c)으로부터 출력되는 출력전압이 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화할 수 있다. 즉, A, B, C 3상에 대해 3 레벨의 전압이 서로 상보적으로 스위칭 동작하는 각 스위칭 소자에 의해 출력된다(300). 이때, 각 상은 단락회로 발생을 방지하기 위해 절연된 부하 혹은 전원에 사용되는 것이 바람직하다.
- [0041] 덧붙여서, 미러형 3 레벨 단상 또는 3상 컨버터에서 사용되는 제1, 제2, 제3, 제4 스위칭 소자(121, 122, 221, 222)는 다양한 형태의 소자가 사용될 수 있지만, 동종의 IGBT와 프리휠 다이오드(FWD)가 역병렬로 접속된 형태로 구성된 소자가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0042] 한편, 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 미러형 5 레벨 단상 컨버터의 회로도이다.
- [0043] 미러형 5 레벨 컨버터는, 상단 캐패시터(110a, 110b)와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트(120)를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)를 포함하는 2 개의 상단 회로부; 및 상단 캐패시터(110a, 110b)와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터(210a, 210b)와 병렬 연결되고, 위 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트(220)를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자(221, 222)를 포함하는 2 개의 하단 회로부;로 이루어지고, 각각의 상단 회로부(100a, 100b)와 하단 회로부(200a, 200b)가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 각 상단 회로부(100a, 100b) 내의 상단 캐패시터(110a, 110b)의 음극 단자와 각 하단 회로부(200a, 200b) 내의 하단 캐패시터(210a, 210b)의 음극 단자가 서로 연결(line 'X')되고, 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230')을 제외한 나머지 각 상단 회로부(100a, 100b) 내의 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130)과 각 하단 회로부 내의 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230)은 서로 연결(line 'A')되며, 위 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230')으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 한다.
- [0044] 본 발명의 다른 실시예에서 미러형 5 레벨 컨버터는 2개의 상단 회로부(100a, 100b)와 2개의 하단 회로부(200a, 200b)로 이루어지고, 이러한 상단 회로부(100a, 100b)와 하단 회로부(200a, 200b)는 서로 거울(mirror)을 보는 형태를 이루도록 소자들이 배치된다.
- [0045] 각각의 상단 회로부(100a, 100b)는 상단 캐패시터(110a, 110b), 하나의 세트(120)를 이루는 제1 스위칭 소자(121), 제2 스위칭 소자(122)를 포함하고, 각각의 하단 회로부(200a, 200b)는 하단 캐패시터(210a, 210b), 하나의 세트(220)를 이루는 제3 스위칭 소자(221), 제4 스위칭 소자(222)를 포함하여 구성된다.
- [0046] 상술한 바처럼 미러형 3 레벨 컨버터에서 각 소자들이 배치되는 것과 각 스위칭 소자들이 상보적으로 스위칭 동작하는 것은 미러형 5 레벨 컨버터에서도 동일하게 적용되고, 이와 같은 적용은 해당 기술 분야에서 종사하는 자라면 쉽게 이해될 수 있는 부분이므로 생략한다.
- [0047] 이와 같이 내부에 배치된 소자들이 서로 거울을 보는 형태를 이루어진 각각의 상단 회로부(100a, 100b)와 하단 회로부(200a, 200b)의 연결 관계를 살펴보면, 도 4에 도시된 것처럼 상단 캐패시터(110)와 하단 캐패시터(210)의 음극 단자가 서로 연결된다(line 'X').

[0048] 또한 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230')을 제외한 나머지 각 상단 회로부(100a, 100b) 내의 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130)과 각 하단 회로부 내의 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230)은 서로 연결(line 'A')된다.

[0049] 아울러, 연결선끼리 연결되지 않은 나머지 연결선인 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230')에서 출력전압을 측정하게 되는데, 이때 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화한다.

[0050] 이처럼 본 발명에 따른 미러형 5 레벨 컨버터는 각 스위칭 소자가 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 제작됨으로써, 상승한 출력전압 측정용 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230')으로부터 출력되는 출력전압은 5 레벨을 갖도록 변화한다. 이러한 5 레벨의 전압이 출력되는 동작은 첨부된 도 5a와 도 5b 그리고 표 2를 참고하여 구체적으로 설명한다.

**표 2**

표 2. 5-레벨 스위칭 상태 및 출력전압 (X=A)

S <sub>X1</sub>	S <sub>X3</sub>	S <sub>X5</sub>	S <sub>X7</sub>	V <sub>X<math>\bar{X}</math></sub>
0	0	0	0	0
0	0	0	1	$-\frac{1}{2}V_{dc}$
0	0	1	0	$\frac{1}{2}V_{dc}$
0	0	1	1	0
0	1	0	0	$-\frac{1}{2}V_{dc}$
0	1	0	1	$-V_{dc}$
0	1	1	0	0
0	1	1	1	$-\frac{1}{2}V_{dc}$
1	0	0	0	$\frac{1}{2}V_{dc}$
1	0	0	1	0
1	0	1	0	$V_{dc}$
1	0	1	1	$\frac{1}{2}V_{dc}$
1	1	0	0	0
1	1	0	1	$-\frac{1}{2}V_{dc}$
1	1	1	0	$\frac{1}{2}V_{dc}$
1	1	1	1	0

[0051]

[0052] 각 스위칭 소자가 서로 상보적으로 스위칭 동작을 수행하므로, 총 4가지 스위칭 상태를 나타내는 미러형 3 레벨 컨버터의 동작을 참고하면 미러형 5 레벨 컨버터의 경우에는 총 16가지 스위칭 상태를 나타낼 수 있다. 표 2는

16가지 스위칭 상태에 따른 출력전압( $V_{X\bar{X}}$ )을 정리한 표이다. 여기서, '1'은 스위칭 소자가 턴-온된 상태를 의미하고, '0'은 스위칭 소자가 턴-오프된 상태를 의미한다.

[0053] 도 5a를 참고하면 2 개의 상단 회로부 내의 각각의 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>, S<sub>A5</sub>)는 턴-온이고, 2 개의 하단 회로부 내의 제3 스위칭 소자(S<sub>A3</sub>, S<sub>A7</sub>)는 턴-오프 상태를 나타내는 '1010'의 스위칭 상태임을 알 수 있다. 이러한 스위칭 상태에서 굵은 선으로 표시된 전류의 도통회로를 살펴보면, 첫번째 상단 캐패시터(C<sub>DC1</sub>)에 충전된 전압인 V<sub>dc</sub>/2과 두번째 상단 캐패시터(C<sub>DC3</sub>)에 충전된 전압인 V<sub>dc</sub>/2이 합쳐져서 V<sub>dc</sub>를 출력한다.

[0054] 또한, 도 5b를 참고하면 첫번째 상단 회로부 내의 제1 스위칭 소자(S<sub>A1</sub>)는 턴-온이고, 두번째 상단 회로부 내의

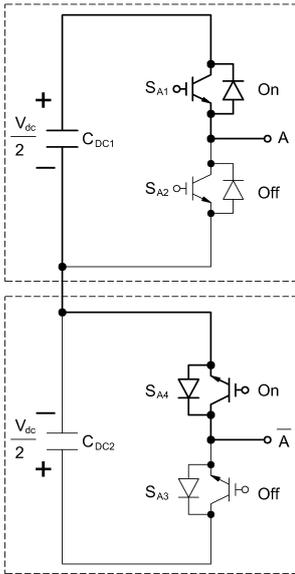
제1 스위칭 소자( $S_{A5}$ )와 2 개의 하단 회로부 내의 제3 스위칭 소자( $S_{A3}, S_{A7}$ )는 턴-오프 상태를 나타내는 '1000'의 스위칭 상태임을 알 수 있다. 이러한 스위칭 상태에서 굵은 선으로 표시된 전류의 도통회로를 살펴보면, 첫 번째 상단 캐패시터( $C_{DC1}$ )에 충전된 전압인  $V_{dc}/2$ 만을 출력한다.

- [0055] 이와 같이 기존에 사용되던 5 레벨 컨버터에 비해 적은 개수의 소자만을 활용한 미러형 5 레벨 컨버터를 통해 총 16가지 스위칭 상태를 만들어낼 수 있고, 이에 따라  $V_{dc}, V_{dc}/2, 0, -V_{dc}/2, -V_{dc}$ 의 5 레벨 전압이 출력됨을 알 수 있다(표 2 참고).
- [0056] 나아가, 도 6에 도시된 것처럼 2개의 상단 회로부(100a, 100b)는 각각 제1 스위칭 소자(121), 제2 스위칭 소자(122)로 이루어진 2개의 세트(120b, 120c)를 더 추가적으로 포함하여 구성될 수 있다. 2개의 하단 회로부(200a, 200b)도 마찬가지로 각각 제3 스위칭 소자(221), 제4 스위칭 소자(222)로 이루어진 2개의 세트(220b, 220c)를 더 추가적으로 포함하여 구성될 수 있다. 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 미러형 5 레벨 3상 컨버터의 회로도이다.
- [0057] 다시 말하자면, 각각의 상단 회로부(100a, 100b)에서 상단 캐패시터(110a, 110b)는 세트(120a, 120b, 120c)를 이루는 3개씩의 제1, 제2 스위칭 소자(121, 122)와 병렬 연결되고, 각각의 하단 회로부(200a, 200b)에서 하단 캐패시터(210a, 210b)는 세트(220a, 220b, 220c)를 이루는 3개씩의 제3, 제4 스위칭 소자(221, 222)와 병렬 연결되며, 각 상단 캐패시터(110a, 110b)와 하단 캐패시터(210a, 210b)의 음극 단자는 도 6처럼 서로 연결(line 'X')된다.
- [0058] 또한 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130a', 130b', 130c') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230a', 230b', 230c')을 제외한 나머지 각 상단 회로부(100a, 100b) 내의 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130a, 130b, 130c)과 각 하단 회로부 내의 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230a, 230b, 230c)은 서로 연결(line 'A', 'B', 'C')된다.
- [0059] 이로써, 연결선끼리 연결되지 않은 나머지 연결선인 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선(130a', 130b', 130c') 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선(230a', 230b', 230c')에서 출력전압을 측정하게 되는데, 이때 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화할 수 있다. 즉, A, B, C 3상에 대해 5 레벨의 전압이 서로 상보적으로 스위칭 동작하는 각 스위칭 소자에 의해 출력된다. 이때, 각 상은 단락회로 발생을 방지하기 위해 절연된 부하 혹은 전원에 사용되는 것이 바람직하다.
- [0060] 덧붙여서, 미러형 5 레벨 단상 또는 3상 컨버터에서 사용되는 제1, 제2, 제3, 제4 스위칭 소자(121, 122, 221, 222)는 다양한 형태의 소자가 사용될 수 있지만, 동종의 IGBT와 프리휠 다이오드(FWD)가 역병렬로 접속된 형태로 구성된 소자가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0061] 최종적으로, 미러형 5 레벨 컨버터로부터 개념을 확장하여 미러형 N 레벨 컨버터를 구현하면 도 7과 같이 나타낼 수 있다. 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 미러형 N 레벨 3상 컨버터의 회로도이다.
- [0062] 미러형 N 레벨 컨버터는, 상단 캐패시터와 병렬 연결되고, 동일한 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제1, 제2 스위칭 소자를 포함하는 k 개의 상단 회로부; 및 상단 캐패시터와 동일한 크기의 직류 링크 전압을 충전하는 하단 캐패시터와 병렬 연결되고, 제1, 제2 스위칭 소자와 반대 방향으로 직렬 연결되면서 서로 상보적으로 스위칭 동작하도록 세트를 이루는 제3, 제4 스위칭 소자를 포함하는 k 개의 하단 회로부;로 이루어지고, 각각의 상단 회로부와 하단 회로부가 서로 거울을 보는 형태를 이루도록 각 상단 회로부 내의 상단 캐패시터의 음극 단자와 각 하단 회로부 내의 하단 캐패시터의 음극 단자가 서로 연결되고, 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선을 제외한 나머지 각 상단 회로부 내의 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선과 각 하단 회로부 내의 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선은 서로 연결되며, 위 출력전압이 측정되는 제1, 제2 스위칭 소자 간의 연결선 및 제3, 제4 스위칭 소자 간의 연결선으로부터 출력되는 출력전압은 각 스위칭 소자의 스위칭 동작에 의해 변화하는 것을 특징으로 한다. 여기서,  $N=2*k+1$ 을 만족하고, k는 양의 정수로 정의되어, 3레벨, 5 레벨, 7 레벨, 9레벨 등과 같이 홀수 레벨로 확장되는 출력전압을 출력하는 본 발명에 따른 미러형 멀티 레벨 컨버터가 구현될 수 있다.
- [0063] 비록 본 발명이 실시예와 몇몇 도면에 의해 도시되고 설명되었지만, 본 발명의 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

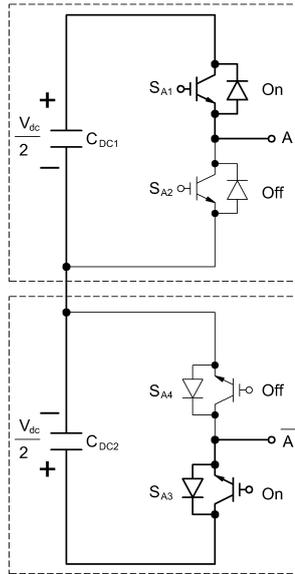


도면2

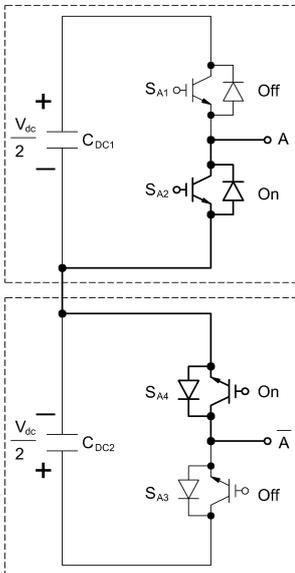
(a)  $S_{X1} S_{X3}$   
- '10'



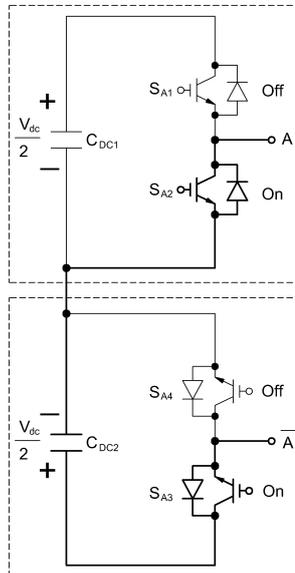
(b)  $S_{X1} S_{X3}$   
- '11'



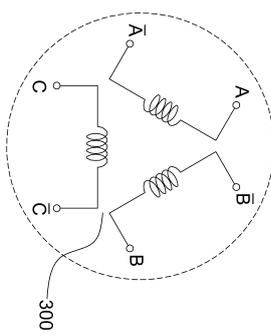
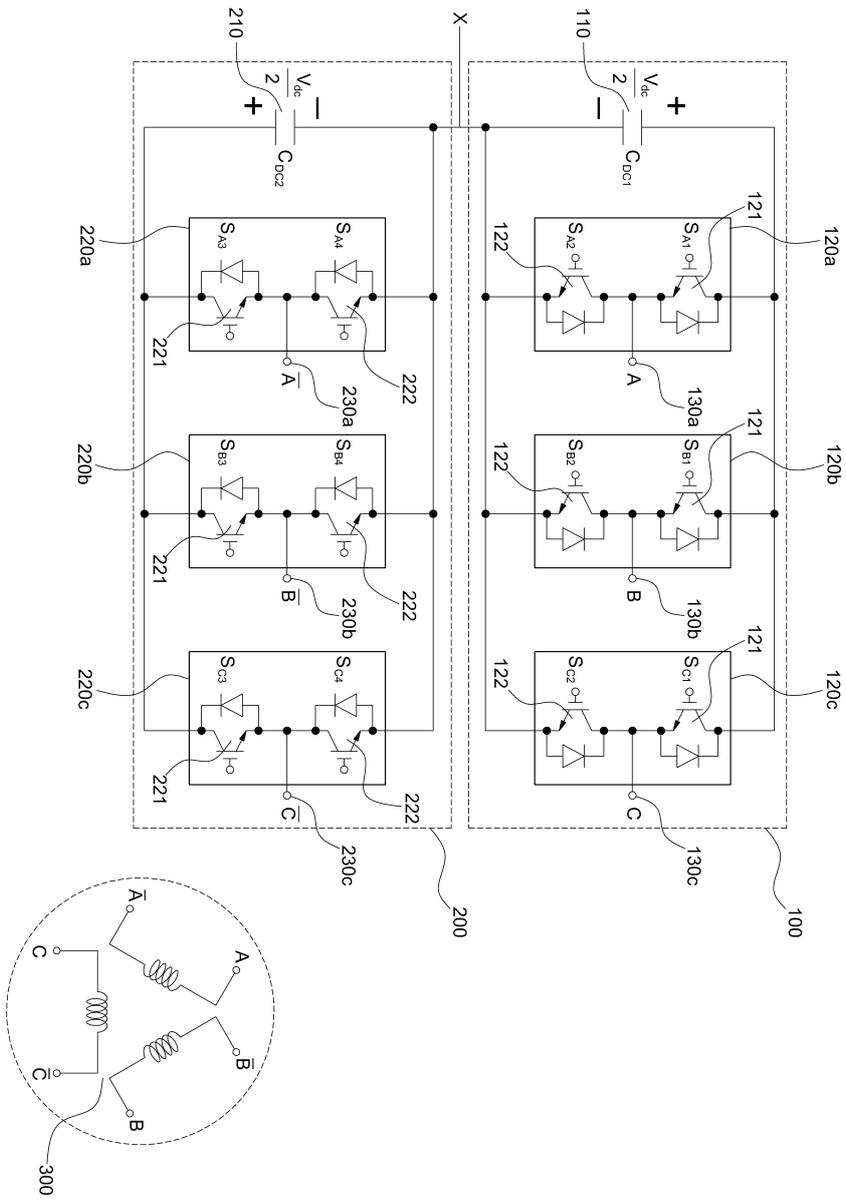
(c)  $S_{X1} S_{X3}$   
- '00'



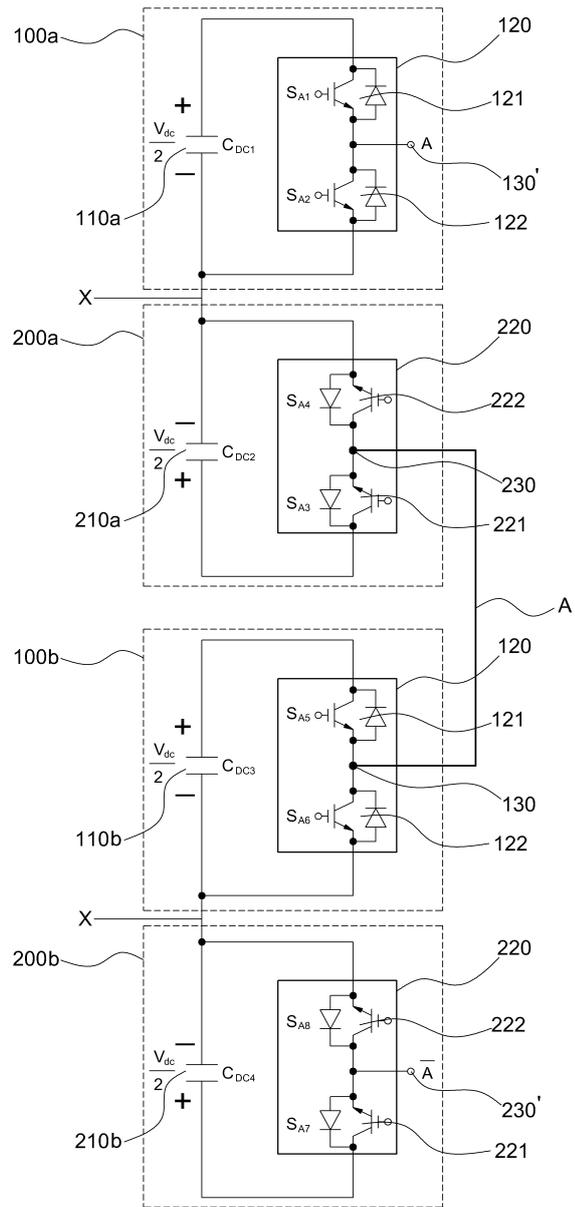
(d)  $S_{X1} S_{X3}$   
- '01'



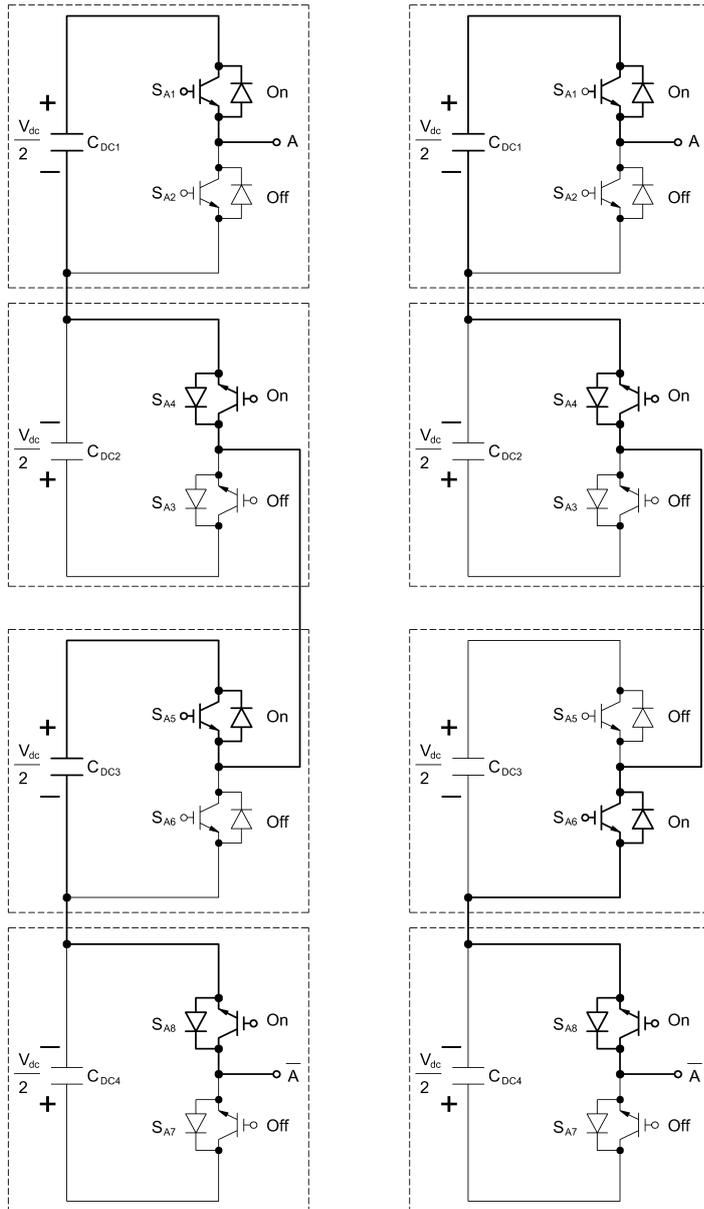
도면3



도면4



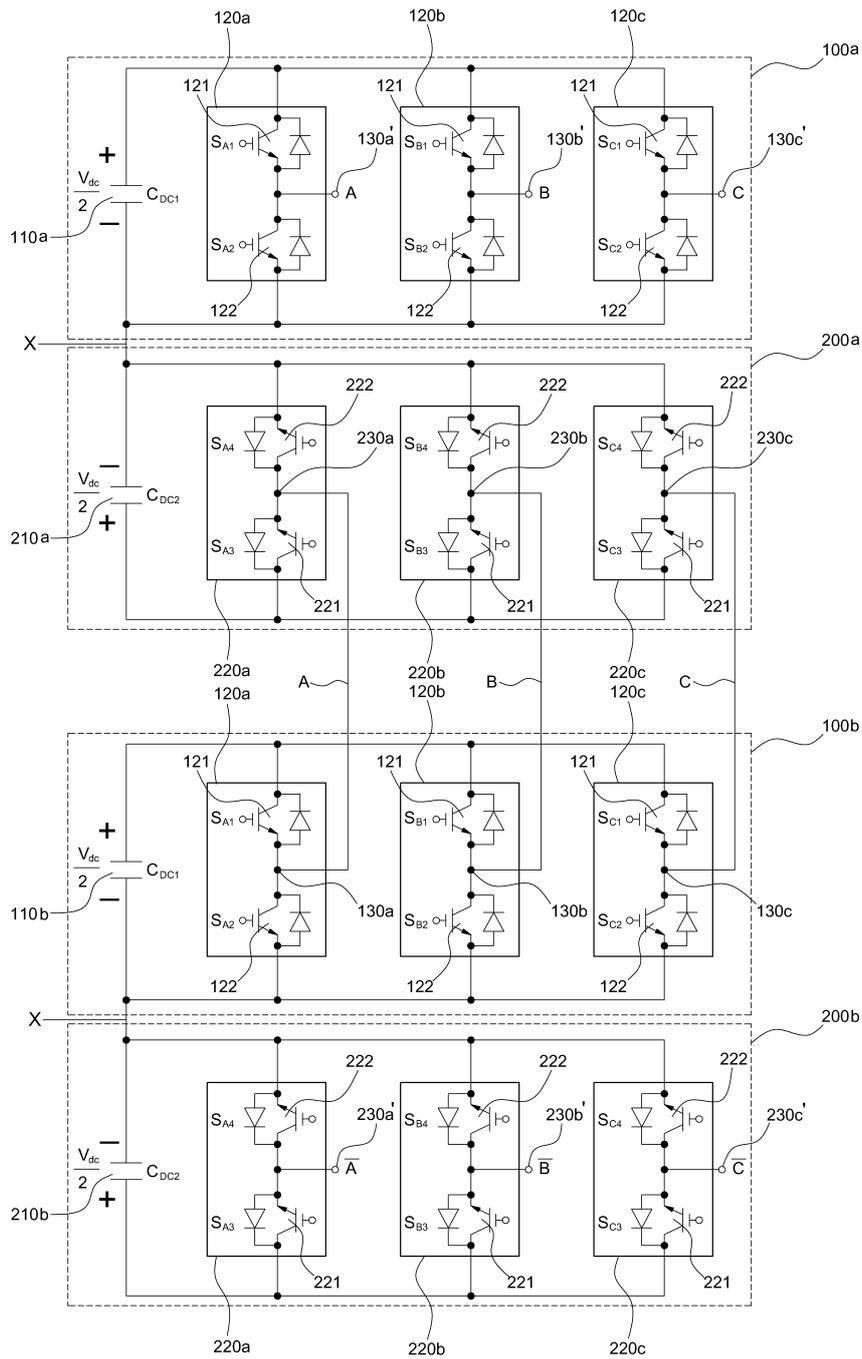
도면5



(a)  $S_{X1} S_{X3} S_{X5} S_{X7} - '1010'$

(b)  $S_{X1} S_{X3} S_{X5} S_{X7} - '1000'$

도면6



도면7

