



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0058466
(43) 공개일자 2021년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/156 (2006.01) H02M 1/00 (2007.01)
H02M 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/156 (2013.01)
H02M 1/0054 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2019-0145949
(22) 출원일자 2019년11월14일
심사청구일자 2019년11월14일

(71) 출원인
목포대학교산학협력단
전라남도 무안군 청계면 영산로 1666
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
이수형
경기도 시흥시 목감중앙로 65 그레이미움아파트
1202동 605호
박정욱
서울특별시 강남구 압구정로29길 71, 20동 701호
(압구정동, 현대아파트)
김이삭
경기도 수원시 장안구 장안로 200, 303동 407호(정자동, 동신아파트)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

전체 청구항 수 : 총 11 항

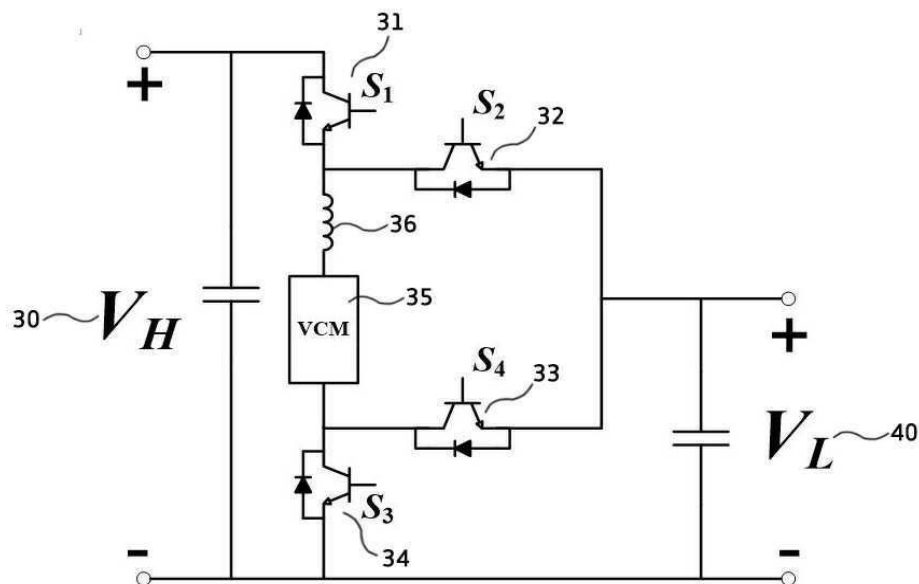
(54) 발명의 명칭 고효율 초고압 직류 송전용 DC / DC 컨버터

(57) 요약

본 발명은 DC 전력 계통 구현을 위하여 AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 효율적인 변환이 가능하도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터에 관한 것으로, 고압단의 (+)단자와 저압단의 (+)단자 사이에 직렬 연결 구성되어 컨버터 동작시에 on/off 동작을 수행하여 커패시터 모듈(VCM)의 충전 및 방

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



전이 이루어지도록 경로를 구성하는 제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 2 스위치 소자(S_2); 제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 2 스위치 소자(S_2)의 노드와 고압단의 (-)단자와 저압단의 (-)단자 사이 노드에 순차적으로 직렬 연결되는 인덕터, 컨버터 동작시에 충전 및 방전을 하는 커패시터 모듈(VCM), 제 3 스위치 소자(S_3); 커패시터 모듈(VCM)과 제 3 스위치 소자(S_3) 사이의 노드와 저압단의 (+)단자 사이에 연결되는 제 4 스위치 소자(S_4); 고압단의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 1 커패시터 및 저압단의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 2 커패시터;를 포함하는 것이다.

(52) CPC특허분류

H02M 1/083 (2013.01)

Y02B 70/10 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711098328
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	생애 첫 연구
연구과제명	높은 입출력 전압 비율의 커패시터 구동 양방향 DC-DC 컨버터 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	목포대학교
연구기간	2019.09.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711097641
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	전력계통 신뢰성 향상을 위한 신재생에너지원 통합 최적운영 및 해석 연구
기 여 율	1/3
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.08.01 ~ 2019.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415163443
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	스마트그리드핵심기술개발(R&D)
연구과제명	배전 혼잡선로 해소를 위한 태양광/ESS 일체형 시스템 및 EMS 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

고압단의 (+)단자와 저압단의 (+) 단자 사이에 직렬 연결 구성되어 컨버터 동작시에 on/off 동작을 수행하여 커패시터 모듈(VCM)의 충전 및 방전이 이루어지도록 경로를 구성하는 제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 2 스위치 소자(S_2);

제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 2 스위치 소자(S_2)의 노드와 고압단의 (-)단자와 저압단의 (-)단자 사이 노드에 순차적으로 직렬 연결되는 인덕터, 컨버터 동작시에 충전 및 방전을 하는 커패시터 모듈(VCM), 제 3 스위치 소자(S_3);

커패시터 모듈(VCM)과 제 3 스위치 소자(S_3) 사이의 노드와 저압단의 (+)단자 사이에 연결되는 제 4 스위치 소자(S_4);

고압단의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 1 커패시터 및 저압단의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 2 커패시터;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 제 1,2,3,4 스위치 소자의 개방 또는 투입 시 전압 또는 전류가 0을 지나 스위칭 손실이 최소화되고,

전류가 0이 되는 순간 스위치 소자를 구성하는 역평행 다이오드에 의해 실질적인 회로의 개방과 전압이 0이 되는 순간 연결이 결정되는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 다수의 커패시터에 충전된 전압에 의해 동작하는 DC/DC 컨버터 동작을 위하여,

커패시터 모듈(VCM)이 충전 또는 방전되면 제 1 스위치 소자(S_1)의 개방을 위하여 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 하여 고압으로 흐르는 전류를 감소시키는 제 1 단계와,

제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 3 스위치 소자(S_3)가 개방된 상태에서 제 2 스위치 소자(S_2) 및 제 4 스위치 소자(S_4)에 역평행으로 연결된 다이오드를 통해 전류를 흘려보내는 제 2 단계와,

제 4 스위치 소자(S_4) 개방 및 제 2 스위치 소자(S_2) 투입 완료 후 커패시터 모듈(VCM)의 전압을 정방향으로 가하여 다이오드를 통해 순환하던 전류를 감소시키는 제 3 단계와,

제 3 스위치 소자(S_3)에 역평행으로 연결된 다이오드에 전류가 흐를 때 제 3 스위치 소자(S_3)를 투입하고, 커패시터 모듈(VCM)의 전압을 제어하여 저압으로의 전류를 통해 방전 또는 충전하는 제 4 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 제 1 단계에서 고압단과 저압단이 커패시터들로 구성된 커패시터 모듈(VCM)을 통해 연결되고 커패시터 모듈(VCM) 양단의 전압을 높여서 전류가 일시적으로 고압으로 흐르도록 하고 제 1 스위치 소자(S_1) 개방하고,

제 1 스위치 소자(S_1)에 흐르는 전류가 0에 근접한 상태로 개방하여 스위칭 손실을 줄이는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 제 1 단계에서 제 1 스위치 소자(S_1)가 개방된 이후에는 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 하여 고압으로 흐르는 전류를 감소시키고, 이때, 커패시터 모듈(VCM)의 충전 레벨은 일부 상승하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 6

제 3 항에 있어서, 제 2 단계에서 전류가 다이오드로 흐를 때 제 4 스위치 소자(S_4)를 개방하고 제 2 스위치 소자(S_2)를 투입하고,

제 4 스위치 소자(S_4) 및 제 2 스위치 소자(S_2)로 흐르는 전류가 0에 근접하여 스위칭 손실이 억제되는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 7

제 3 항에 있어서, 제 3 단계에서 다이오드를 통해 흐르는 전류는 점차 줄어들어 0이 되고, 전류는 방향을 바꾸어 저압 쪽으로 흐르고,

제 3 스위치 소자(S_3)에 역평행으로 연결된 다이오드에 전류가 흐를 때 제 3 스위치 소자(S_3)를 투입하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 다수의 커패시터에 충전된 전압에 의해 동작하는 DC/DC 컨버터 동작을 위하여,

커패시터 모듈(VCM)이 방전 또는 충전되면, 커패시터 모듈(VCM) 양단 전압을 높여서 전류가 일시적으로 저압으로 흐르도록 하고 제 3 스위치 소자(S_3)를 개방하는 제 5 단계와,

제 3 스위치 소자(S_3) 개방 이후 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 가하여 저압으로 흐르는 전류를 감소시키는 제 6 단계와,

전류가 제 2 스위치 소자(S_2) 및 제 4 스위치 소자(S_4)와 역평행인 다이오드로 흐르면, 제 2 스위치 소자(S_2)를 개방하고 제 4 스위치 소자(S_4)를 투입하는 제 7 단계와,

제 2 스위치 소자(S_2) 개방 및 제 4 스위치 소자(S_4) 투입 이후 커패시터 모듈(VCM) 전압을 정방향으로 하여 다이오드 전류를 감소시키는 제 8 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 제 3 스위치 소자(S_3) 개방 이후 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 가하여 저압으로 흐르는 전류를 감소시키는 제 6 단계에서, 커패시터 모듈(VCM)의 충전 레벨은 일부 상승하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 10

제 8 항에 있어서, 커패시터 모듈(VCM) 전압을 정방향으로 하여 다이오드 전류를 감소시키는 제 8 단계를 수행하면,

다이오드 전류는 곧 0이되고, 전류의 방향이 바뀌어 고압으로 전류가 흐르고, 전류가 제 1 스위치 소자(S_1)에 평행한 다이오드로 흐르면, 제 1 스위치 소자(S_1)를 투입하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 제 1 스위치 소자(S_1)가 투입되면 다시 초기 상태가 되어 커패시터 모듈(VCM)을 제어하여

고압으로부터 전류를 받아 커패시터 모듈(VCM)을 충전하는 것을 특징으로 하는 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 DC 전력 계통 구현에 관한 것으로, 구체적으로 AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 효율적인 변환이 가능하도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 2015년 파리협정(Paris Agreement) 체결 이후 新기후체제 출범과 함께 우리나라는 2030년까지 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축을 목표로 하고 있으며, 제7차 전력수급기본계획에 의거하여 29년까지 전원구성 중 분산형 전원을 125%로 확대할 계획이다.

[0003] EPRI 보고서에 따르면 향후 5년 이내 직류 기반 디지털 부하가 전체의 50% 이상 점유할 것으로 예상되지만, 직류(DC)로 전력을 생산하고 있는 대부분의 분산전원은 교류(AC) 기반의 기존 배전망에 연계하기 위하여 별도의 전력변환단계(AC/DC)를 거치며 이로 인한 전력 손실이 발생하고 있다.

[0004] 그러나 배전망이 직류(DC) 기반일 경우, 직류로 생산된 전력을 교류로 변환하지 않으므로 분산전원의 효율적인 연계가 가능하고, 직류 전원을 디지털 부하에 직접 공급함으로써 에너지 효율을 높일 수 있다.

[0005] 또한, 직류는 교류 대비 장거리 대용량 전송이 가능하여 분산전원의 배전계통 연계용량을 확대시킬 수 있고, 주파수가 없어 기차재의 절연레벨을 낮출 수 있다. 이와 같이 전력 분야 新기후체제의 대응과 신재생에너지 확산 생태계 조성을 위한 직류 배전 기술이 각광받고 있다.

[0006] 직류 배전은 교류를 직류로 변환하여 전송하거나, 직류 전원을 직접 고객에게 공급하는 기술이다. 그 동안 직류 기술은 HVDC(High Voltage Direct Current)를 중심으로 기술개발 및 상용화가 추진되어 왔으나, 최근 직류 기반 신재생에너지와 직류 부하 증가에 맞춰 MVDC(Medium Voltage Direct Current) 및 LVDC(Low Voltage Direct Current)의 직류 배전 기술개발이 전 세계에서 추진되고 있다.

[0007] 한편, 송전소가 발전소에서 생산되는 교류 전력을 직류 전력으로 변환시켜서 송전한 후, 수전소에서 교류로 재변환시켜 전력을 공급하는 송전 방식을 초고압 직류 송전(HVDC)이라 일컫는다. 이러한 HVDC 시스템은 해저 케이블 송전, 대용량 장거리 송전, 교류 계통 간 연계 등에 적용된다.

[0008] HVDC 시스템은 복수의 서브 모듈을 포함하고, 교류 전력을 직류 전력으로 변환한다. 이러한 서브 모듈은 전력용 반도체, 예컨대 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)를 이용할 수 있다. HVDC 시스템에서 교류 전력을 직류 전력으로 변환하기 위해서는 복수의 IGBT 모듈이 사용되므로, 복수의 IGBT 모듈을 효율적으로 제어하는 것이 전력 변환 동작에서 가장 중요하다.

[0009] HVDC-MVDC-LVDC로 이루어진 완전한 DC 전력계통의 구현을 위해서는 DC-DC 전압 변환이 필수이다. 현재 상용 IGBT는 최대 6.4kV 수준의 전압을 견딜 수 있으므로, 일반적인 DC-DC 컨버터는 1.5kV 수준의 LVDC에서 이보다 낮은 전압인 eLVDC에 적용이 가능하다.

[0010] LVDC를 현재 배전계통 용량 수준으로 높이려면, 22.9kV 수준으로 전압을 높여야 하는데, 이 경우는 LVDC-eLVDC간 전압 변환도 어렵다. 고압을 견디기 위해, MMC 두 개를 변압기를 사이에두고 Front-to-Front 연결한 DC-DC 변압기가 있으나, 구조적으로 MMC 두 개의 손실과 변압기의 손실이 합해져 손실이 크게 되며, 경우에 따라 AC 계통을 사이에 두고 활용하는 것이 효과적일 수도 있다.

[0011] 종래 기술에서 주로 사용되는 고 전압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 거대한 AC 변압기로 입력단과 출력단의 모듈을 연결한다.

[0012] 즉, AC 변압기를 통해 연결된 두 개의 모듈형 멀티레벨 컨버터를 전압을 변환하는데 사용한다. 이 방식은 높은 DC 전압을 모듈형 멀티레벨 컨버터를 사용하여 AC전압으로 변환시킨 후 AC 변압기를 사용하여 전압을 강압을 시키고 이 전압을 다시 DC 전압으로 변환하여 높은 DC 전압을 낮은 DC 전압으로 변환한다.

- [0013] 반대의 경우에는 낮은 DC 전압을 AC 변압기를 사용하여 높은 DC 전압으로 변환하는 방식으로 동작한다.
- [0014] 그런데, 두 개의 모듈형 멀티레벨 컨버터와 이를 연결해주는 거대한 AC 변압기에 의해 큰 손실이 발생하고, 고압을 견디기 위해 많은 스위치가 필요하다는 문제가 있다.
- [0015] 이러한 문제를 해결하기 위해 AC 변압기를 사용하지 않는 DC/DC 컨버터를 사용하는 방법이 있으나, 고압을 견디기 위해 많은 스위치가 사용된다는 단점이 있다.
- [0016] 도 1a와 도 1b는 종래 기술의 모듈형 멀티레벨 DC/DC 컨버터의 구성도이다.
- [0017] DC 입력전압과 출력전압 사이에는 전압을 큰 범위로 승압 혹은 강압하기 위한 AC 변압기와 이를 통해 연결된 두 개의 모듈형 멀티레벨 컨버터가 사용된다.
- [0018] 입력 DC_1 을 모듈형 멀티레벨 컨버터(MMC)를 통해 AC 전압으로 변환한 후 AC 변압기를 사용하여 승압 혹은 강압하고, 이를 다시 DC_2 로 변환시키는 방식으로 작동한다.
- [0019] 여기서, DC_1 은 병렬 입력 DC 전압이며, DC_2 는 출력 DC 전압이다.
- [0020] 도 1a와 도 1b에서와 같이, 두 개의 MMC와 AC 변압기가 DC/DC 전압 변환을 하는 과정에서 사용된다.
- [0021] 이와 같은 구조에서의 변환 손실을 줄이기 위해 AC 변압기를 사용하지 않는 도 2a와 도 2b에서와 같은 DC/DC 컨버터 구조가 있다.
- [0022] 도 2a와 도 2b는 종래 기술의 하이브리드 캐스케이드 DC/DC 컨버터의 구성도이다.
- [0023] 도 2a와 도 2b에서의 구조를 갖는 컨버터의 경우 모듈의 충전 시 스위치에 의해 모듈이 고압에만 연결되고, 방전시에는 저압에만 모듈이 연결되며 동작한다.
- [0024] 즉, 고압 충전 중인 모듈은 저압에 전력을 공급할 수 없는 단점이 있다.
- [0025] 따라서, AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 전력 변환 효율 및 비용 절감 측면에서 유리한 새로운 기술의 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터에 관한 기술 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0026] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2016-0080018호
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2017-0083317호
(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2017-0079613호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0027] 본 발명은 종래 기술의 DC/DC 컨버터의 문제점을 해결하기 위한 것으로, AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 효율적인 변환이 가능하도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0028] 본 발명은 적은 스위치를 사용하여 동작하고 초 고압에서 각 스위치에 인가되는 스트레스를 견디며 동작하도록 하여 손실을 줄여 높은 효율로 동작하는 것이 가능하도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0029] 본 발명은 하나의 모듈을 사용하여 DC/DC 컨버터를 구성하고 큰 AC 변압기를 사용하지 않기 때문에 작은 손실을 기대할 수 있고, 또한 보다 적은 스위치로 전압을 변환할 수 있도록 하여 효율성, 경제성 확보가 가능하도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0030] 본 발명은 HVDC, MVDC, LVDC 간에 AC를 거치지 않고 직접 전압 변환을 하고, 멀티 모듈을 기반으로 높은 전압을

각 스위치들이 나누어 감당할 수 있도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0031] 본 발명은 인덕터에 전류를 충전하는 방식으로 동작하지 않고, 다수의 커패시터에 충전된 전압에 의해 동작하도록 하여 변환 효율을 높일 수 있도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0032] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0033] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 고압단의 (+)단자와 저압단의 (+)단자 사이에 직렬 연결 구성되어 컨버터 동작시에 on/off 동작을 수행하여 커패시터 모듈(VCM)의 충전 및 방전이 이루어지도록 경로를 구성하는 제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 2 스위치 소자(S_2); 제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 2 스위치 소자(S_2)의 노드와 고압단의 (-)단자와 저압단의 (-)단자 사이 노드에 순차적으로 직렬 연결되는 인덕터, 컨버터 동작시에 충전 및 방전을 하는 커패시터 모듈(VCM), 제 3 스위치 소자(S_3); 커패시터 모듈(VCM)과 제 3 스위치 소자(S_3) 사이의 노드와 저압단의 (+)단자 사이에 연결되는 제 4 스위치 소자(S_4); 고압단의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 1 커패시터 및 저압단의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 2 커패시터;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 여기서, 제 1,2,3,4 스위치 소자의 개방 또는 투입 시 전압 또는 전류가 0을 지나 스위칭 손실이 최소화되고, 전류가 0이 되는 순간 스위치 소자를 구성하는 역평행 다이오드에 의해 실질적인 회로의 개방과 전압이 0이 되는 순간 연결이 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0035] 그리고 다수의 커패시터에 충전된 전압에 의해 동작하는 DC/DC 컨버터 동작을 위하여, 커패시터 모듈(VCM)이 충전 또는 방전되면 제 1 스위치 소자(S_1)를 개방하기 위하여 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 하여 고압으로 흐르는 전류를 감소시키는 제 1 단계와, 제 1 스위치 소자(S_1) 및 제 3 스위치 소자(S_3)가 개방된 상태에서 제 2 스위치 소자(S_2) 및 제 4 스위치 소자(S_4)에 역평행으로 연결된 다이오드를 통해 전류를 흘려보내는 제 2 단계와, 제 4 스위치 소자(S_4) 개방 및 제 2 스위치 소자(S_2) 투입 완료 후 커패시터 모듈(VCM)의 전압을 정방향으로 가하여 다이오드를 통해 순환하던 전류를 감소시키는 제 3 단계와, 제 3 스위치 소자(S_3)에 역평행으로 연결된 다이오드에 전류가 흐를 때 제 3 스위치 소자(S_3)를 투입하고, 커패시터 모듈(VCM)의 전압을 제어하여 저압으로의 전류를 통해 방전 또는 충전하는 제 4 단계를 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 그리고 제 1 단계에서 고압단과 저압단이 커패시터들로 구성된 커패시터 모듈(VCM)을 통해 연결되고 커패시터 모듈(VCM) 양단의 전압을 높여서 전류가 일시적으로 고압으로 흐르도록 하고 제 1 스위치 소자(S_1) 개방하고, 제 1 스위치 소자(S_1)에 흐르는 전류가 0에 근접한 상태로 개방하여 스위칭 손실을 줄이는 것을 특징으로 한다.

[0037] 그리고 제 1 단계에서 제 1 스위치 소자(S_1)가 개방된 이후에는 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 하여 고압으로 흐르는 전류를 감소시키고, 이때, 커패시터 모듈(VCM)의 충전 레벨은 일부 상승하는 것을 특징으로 한다.

[0038] 그리고 제 2 단계에서 전류가 다이오드로 흐를 때 제 4 스위치 소자(S_4)를 개방하고 제 2 스위치 소자(S_2)를 투입하고, 제 4 스위치 소자(S_4) 및 제 2 스위치 소자(S_2)로 흐르는 전류가 0에 근접하여 스위칭 손실이 억제되는 것을 특징으로 한다.

[0039] 그리고 제 3 단계에서 다이오드를 통해 흐르는 전류는 점차 줄어들어 0이 되고, 전류는 방향을 바꾸어 저압 쪽으로 흐르고, 제 3 스위치 소자(S_3)에 역평행으로 연결된 다이오드에 전류가 흐를 때 제 3 스위치 소자(S_3)를 투입하는 것을 특징으로 한다.

[0040] 그리고 다수의 커패시터에 충전된 전압에 의해 동작하는 DC/DC 컨버터 동작을 위하여, 커패시터 모듈(VCM)이 방전 또는 충전되면, 커패시터 모듈(VCM) 양단 전압을 높여서 전류가 일시적으로 저압으로 흐르도록 하고 제 3 스

위치 소자(S_3)를 개방하는 제 5 단계와, 제 3 스위치 소자(S_3) 개방 이후 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 가하여 저압으로 흐르는 전류를 감소시키는 제 6 단계와, 전류가 제 2 스위치 소자(S_2) 및 제 4 스위치 소자(S_4)와 역평행인 다이오드로 흐르면, 제 2 스위치 소자(S_2)를 개방하고 제 4 스위치 소자(S_4)를 투입하는 제 7 단계와, 제 2 스위치 소자(S_2) 개방 및 제 4 스위치 소자(S_4) 투입 이후 커패시터 모듈(VCM) 전압을 정방향으로 하여 다이오드 전류를 감소시키는 제 8 단계를 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0041] 그리고 제 3 스위치 소자(S_3) 개방 이후 커패시터 모듈(VCM) 전압을 역방향으로 가하여 저압으로 흐르는 전류를 감소시키는 제 6 단계에서, 커패시터 모듈(VCM)의 충전 레벨은 일부 상승하는 것을 특징으로 한다.

[0042] 그리고 커패시터 모듈(VCM) 전압을 정방향으로 하여 다이오드 전류를 감소시키는 제 8 단계를 수행하면, 다이오드 전류는 곧 0이 되고, 전류의 방향이 바뀌어 고압으로 전류가 흐르고, 전류가 제 1 스위치 소자(S_1)에 평행한 다이오드로 흐르면, 제 1 스위치 소자(S_1)를 투입하는 것을 특징으로 한다.

[0043] 그리고 제 1 스위치 소자(S_1)가 투입되면 다시 초기 상태가 되어 커패시터 모듈(VCM)을 제어하여 고압과의 전류를 통해 커패시터 모듈(VCM)을 충전 또는 방전하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0044] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 다음과 같은 효과가 있다.

[0045] 첫째, AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 효율적인 변환이 가능하도록 한 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터를 제공한다.

[0046] 둘째, 적은 스위치를 사용하여 동작하고 초 고압에서 각 스위치에 인가되는 스트레스를 견디며 동작하도록 하여 손실을 줄여 높은 효율로 동작하는 것이 가능하도록 한다.

[0047] 셋째, 하나의 모듈을 사용하여 DC/DC 컨버터를 구성하고 큰 AC 변압기를 사용하지 않기 때문에 작은 손실을 기대할 수 있고, 또한 보다 적은 스위치로 전압을 변환할 수 있도록 하여 효율성, 경제성 확보가 가능하도록 한다.

[0048] 넷째, HVDC, MVDC, LVDC 간에 AC를 거치지 않고 직접 전압 변환을 하고, 멀티 모듈을 기반으로 높은 전압을 각 스위치들이 나누어 감당할 수 있도록 한 고효율 초고압 직류 송전이 가능한 DC 전력 계통 구현이 가능하다.

[0049] 다섯째, 인덕터에 전류를 충전하는 방식으로 동작하지 않고, 다수의 커패시터에 충전된 전압에 의해 동작하도록 하여 변환 효율을 높일 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0050] 도 1a와 도 1b는 종래 기술의 모듈형 멀티레벨 DC/DC 컨버터의 구성도

도 2a와 도 2b는 종래 기술의 하이브리드 캐스케이드 DC/DC 컨버터의 구성도

도 3은 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 구성도

도 4a내지 도 4n은 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 동작을 설명하기 위한 동작 상태도

도 5a와 도 5b는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 동작 타이밍도

도 6a와 도 6b는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 분산전원 미연계시의 고압 모션 전원(강압) 및 저압 모션 전원(승압) 파형도

도 7a와 도 7b는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 분산전원 연계시의 고압 모션 전원(강압), 저압 분산 전원 및 저압 모션 전원(승압), 고압 $P_{gen} > P_{load}$ 파형도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0051] 이하, 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면

다음과 같다.

- [0052] 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0053] 도 3은 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 구성도이다.
- [0054] 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 효율적인 변환이 가능하도록 한 것으로, 적은 스위치를 사용하여 동작하고 초 고압에서 각 스위치에 인가되는 스트레스를 견디며 동작하도록 하여 손실을 줄여 높은 효율로 동작하는 것이 가능하도록 한 것이다.
- [0055] 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 도 3에서와 같이, 고압단(30)의 (+)단자와 저압단(40)의 (+) 단자 사이에 직렬 연결 구성되어 컨버터 동작시에 on/off 동작을 수행하여 커패시터 모듈(VCM)(35)의 충전 및 방전이 이루어지도록 경로를 구성하는 제 1 스위치 소자(S_1)(31) 및 제 2 스위치 소자(S_2)(32)와, 제 1 스위치 소자(S_1)(31) 및 제 2 스위치 소자(S_2)(32)의 노드와 고압단(30)의 (-)단자와 저압단(40)의 (-)단자 사이 노드에 직렬 연결되는 인덕터(36), 컨버터 동작시에 충전 및 방전을 하는 커패시터 모듈(VCM)(35), 제 3 스위치 소자(S_3)(34)와, 커패시터 모듈(VCM)(35)과 제 3 스위치 소자(S_3)(34) 사이의 노드와 저압단(40)의 (+) 단자 사이에 연결되는 제 4 스위치 소자(S_4)(33)와, 고압단(30)의 (+)단자와 (-)단자 사이에 구성되는 제 1 커패시터 및 저압단(40)의 (+) 단자와 (-) 단자 사이에 구성되는 제 2 커패시터를 포함한다.
- [0056] 이와 같은 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동한다.
- [0057] 고압에서 저압으로 변환될 때는 도 2에서의 컨버터와 같이 충전시에는 고압에만 연결되고 방전시에는 저압에만 연결되어 많은 스위치가 필요한 것이 아니라, 모듈 양단에 고압과 저압이 연결되어 작동한다.
- [0058] 500kV의 고압을 200kV의 전압으로 강압하는 경우에 하나의 모듈이 최대 500kV의 전압을 견디는 것이 아닌 최대 300kV의 전압만 견디며 전압을 변환하는 방식으로 동작한다.
- [0059] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 동작을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0060] 도 4a내지 도 4n은 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 동작을 설명하기 위한 동작 상태 도이고, 도 5a와 도 5b는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 동작 타이밍도이다.
- [0061] 먼저, 도 4a에서와 같이, 고압단(30)과 저압단(40)이 커패시터들로 구성된 커패시터 모듈(VCM)(35)을 통해 연결된다.
- [0062] 이때 커패시터 모듈(VCM)(35)의 전압은 고압과 저압 전압의 차이를 유지하는데, 전압을 조정하여 양단간 전류를 제어하여 에너지 흐름의 방향을 결정한다.
- [0063] 이어, 도 4b에서와 같이, 커패시터 모듈(VCM)(35)이 충분히 충전(강압 시) 또는 방전(승압 시)되면, 커패시터 모듈(VCM)(35) 양단의 전압을 높여서 전류가 일시적으로 고압으로 흐르도록 하고 제 1 스위치 소자(S_1)(31)를 개방한다.
- [0064] 제 1 스위치 소자(S_1)(31)에 흐르는 전류가 0에 근접한 상태로 개방하므로 스위칭 손실은 거의 없다.
- [0065] 그리고 도 4c에서와 같이, 제 1 스위치 소자(S_1)(31)가 개방된 이후에는 커패시터 모듈(VCM)(35) 전압을 역방향으로 하여 고압으로 흐르는 전류를 감소시킨다. 이때, 커패시터 모듈(VCM)(35)의 충전 레벨은 일부 상승한다.
- [0066] 이어, 도 4d에서와 같이, 짧은 시간 안에 고압으로 흐르던 전류는 방향을 바꾸는데, 제 1 스위치 소자(S_1)(31) 및 제 3 스위치 소자(S_3)(34)가 개방된 상태이므로 제 2 스위치 소자(S_2)(32) 및 제 4 스위치 소자(S_4)(33)에 역평행으로 연결된 다이오드를 통해 전류를 흘려보낸다. 전류가 다이오드로 흐를 때 제 4 스위치 소자(S_4)(33)를 개방하고 제 2 스위치 소자(S_2)(32)를 투입하는데, 제 4 스위치 소자(S_4)(33) 및 제 2 스위치 소자(S_2)(32)로 흐르는 전류가 0에 근접하므로 스위칭 손실도 0에 가깝다.
- [0067] 그리고 도 4e에서와 같이, 제 4 스위치 소자(S_4)(33) 개방 및 제 2 스위치 소자(S_2)(32) 투입 완료 후 커패시터

모듈(VCM)(35)의 전압을 정방향으로 가하여 다이오드를 통해 순환하던 전류를 감소시킨다.

- [0068] 이어, 도 4f에서와 같이, 다이오드를 통해 흐르는 전류는 점차 줄어들어 0이 되고, 전류는 방향을 바꾸어 저압 쪽으로 흐른다.
- [0069] 그리고 도 4g에서와 같이, 제 3 스위치 소자(S_3)(34)에 역평행으로 연결된 다이오드에 전류가 흐를 때 제 3 스위치 소자(S_3)(34)를 투입하는데, 제 3 스위치 소자(S_3)(34) 양단 전압이 0에 근접하므로 스위칭 손실이 0에 가깝다.
- [0070] 이어, 도 4h에서와 같이, 커패시터 모듈(VCM)(35)의 전압을 적절히 제어하여 저압으로 전류를 흘려주며 방전한다.
- [0071] 그리고 도 4i에서와 같이, 커패시터 모듈(VCM)(35)이 충분히 방전(강압 시) 또는 충전(승압 시)되면, 커패시터 모듈(VCM)(35) 양단 전압을 높여서 전류가 일시적으로 고압으로 흐르도록 하고 제 3 스위치 소자(S_3)(34)를 개방한다. 제 3 스위치 소자(S_3)(34)에 흐르는 전류가 0에 근접하므로 스위칭 손실은 0에 가깝다.
- [0072] 이어, 도 4j에서와 같이, 제 3 스위치 소자(S_3)(34) 개방 이후 커패시터 모듈(VCM)(35) 전압을 역방향으로 가하여 저압으로 흐르는 전류를 감소시킨다. 이때, 커패시터 모듈(VCM)(35)의 충전 레벨은 일부 상승한다.
- [0073] 그리고 도 4k에서와 같이, 전류가 제 2 스위치 소자(S_2)(32) 및 제 4 스위치 소자(S_4)(33)와 역평행인 다이오드로 흐르면, 제 2 스위치 소자(S_2)(32)를 개방하고 제 4 스위치 소자(S_4)(33)를 투입한다.
- [0074] 이어, 도 4l에서와 같이, 제 2 스위치 소자(S_2)(32) 개방 및 제 4 스위치 소자(S_4)(33) 투입 이후 커패시터 모듈(VCM)(35) 전압을 정방향으로 하여 다이오드 전류를 감소시킨다.
- [0075] 그리고 도 4m에서와 같이, 다이오드 전류는 곧 0이되고, 전류의 방향이 바뀌어 고압으로 전류가 흐른다.
- [0076] 이어, 도 4n에서와 같이, 전류가 제 1 스위치 소자(S_1)(31)에 평행한 다이오드로 흐르면, 제 1 스위치 소자(S_1)(31)를 투입한다. 이때, 제 1 스위치 소자(S_1)(31) 양단 전압이 0에 근접하므로 스위칭손실은 0에 가깝다.
- [0077] 이와 같이 제 1 스위치 소자(S_1)(31)이 투입되면 다시 도 4a의 상태가 되고, 커패시터 모듈(VCM)(35)을 제어하여 고압으로부터 전류를 받아 커패시터 모듈(VCM)(35)을 충전한다.
- [0078] 이와 같은 동작원리 따른 각 성분 값 그래프는 도 5a 및 도 5b에서와 같다.
- [0079] 각 스위치의 개방 또는 투입 시 전압 또는 전류가 0을 지나므로, 스위칭 손실이 최소화 된다. 전류가 0이 되는 순간 역평행 다이오드에 의해 실질적인 회로의 개방과 전압이 0이 되는 순간 연결이 결정되므로, 다이오드의 snubber만으로 직렬로 연결된 IGBT의 전압 균형을 맞출 수 있음을 의미한다. 즉, 다이오드 및 IGBT의 직렬 연결에 의해 각각 고압을 나누어서 견디게 된다.
- [0080] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 동작 시뮬레이션 결과를 설명하면 다음과 같다.
- [0081] 고압 500kV 및 저압 200kV, 부하 200MW, 샘플링 주파수 10kHz, 커패시터 모듈 20개, 커패시터 모듈의 개별 커패시턴스 34mF, 저압 커패시턴스 100uF, 고압 커패시턴스 1000uF로 모의시험을 수행하였다.(전압 단위 kV, 전류 단위 kA, 전력 단위 MW)
- [0082] 도 6a와 도 6b는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 분산전원 미연계시의 고압 모션 전원(강압) 및 저압 모션 전원(승압) 파형도이다.
- [0083] 단방향 조류(분산전원 미 연계)시의 특성을 나타낸 것으로, 스위칭 시점에 스위치의 손실 전력 증가가 나타나지 않는다. 이는 스위칭 동작에 의한 급격한 손실 증가 발생하지 않는다는 것을 의미한다.
- [0084] 그리고 고압 → 저압 변환, 저압 → 고압 변환 모두 원하는 전압으로 변환하는 것이 가능하다.
- [0085] 도 7a와 도 7b는 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터의 분산전원 연계시의 고압 모션 전원(강압), 저압 분산 전원 및 저압 모션 전원(승압), 고압 $P_{gen} > P_{load}$ 파형도이다.
- [0086] 양방향 조류(분산전원 연계)시의 특성을 나타낸 것으로, 분산전원의 투입량 증가에 따라 역전류 발생 → DC-DC

컨버터의 운전 중 역방향 송전으로 전압 유지를 한다.

[0087] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 고효율 초고압 직류 송전용 DC/DC 컨버터는 AC 변압기를 사용하지 않고 직접 전압 변환을 하며 작동하여 효율적인 변환이 가능하도록 한 것으로, 하나의 모듈을 사용하여 DC/DC 컨버터를 구성하고 큰 AC 변압기를 사용하지 않기 때문에 작은 손실을 기대할 수 있고, 또한 보다 적은 스위치로 전압을 변환할 수 있도록 하여 효율성, 경제성 확보가 가능하도록 한 것이다.

[0088] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

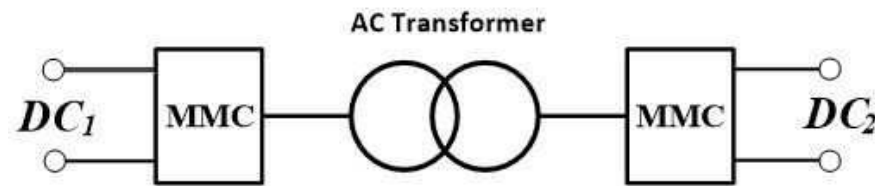
[0089] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

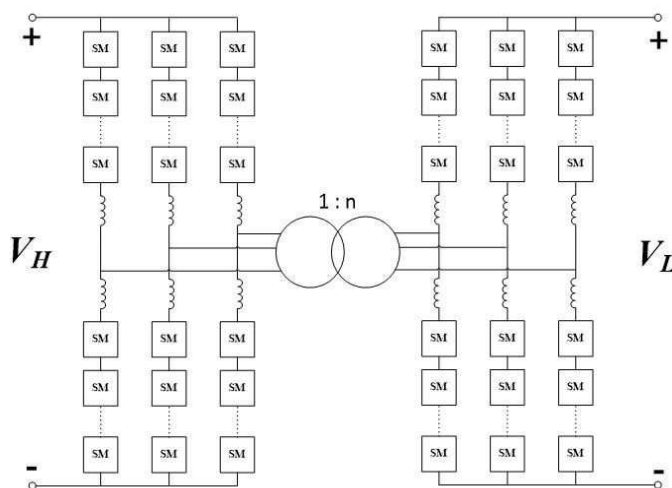
- | | | |
|--------|----------------|----------------|
| [0090] | 30. 고압단 | 31. 제 1 스위치 소자 |
| | 32. 제 2 스위치 소자 | 33. 제 4 스위치 소자 |
| | 34. 제 3 스위치 소자 | 35. 커패시터 모듈 |
| | 36. 인덕터 | |

도면

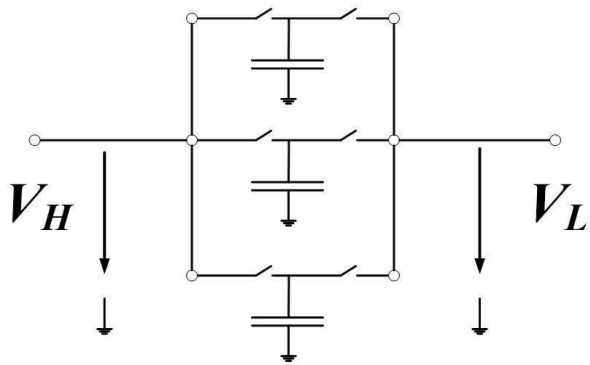
도면 1a



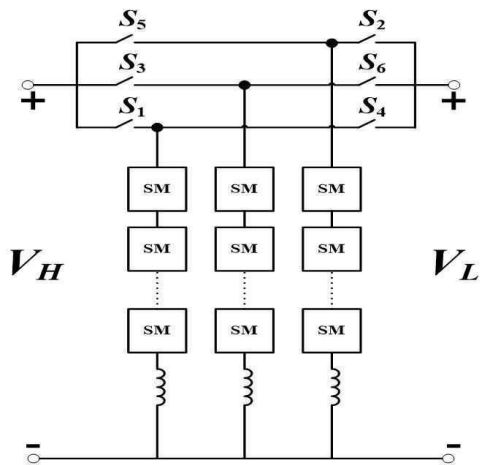
도면 1b



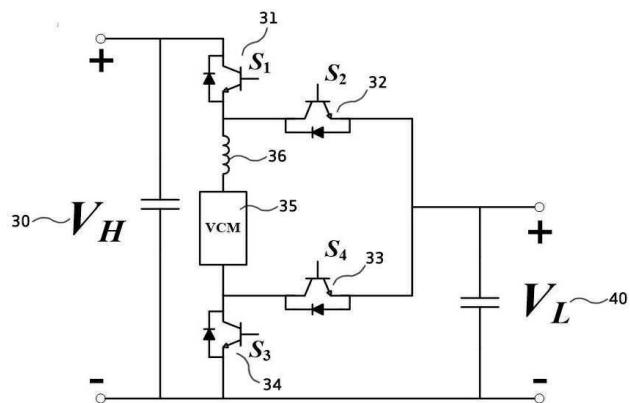
도면2a



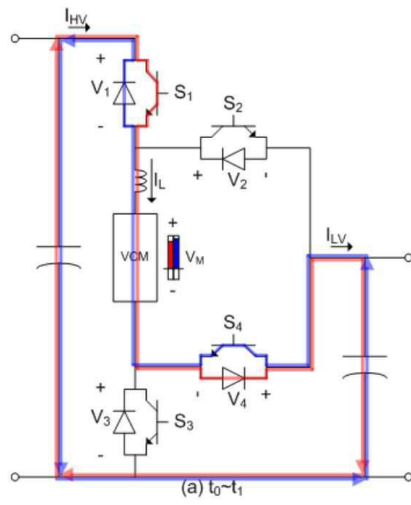
도면2b



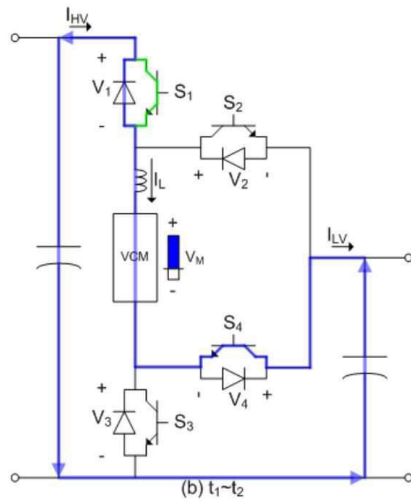
도면3



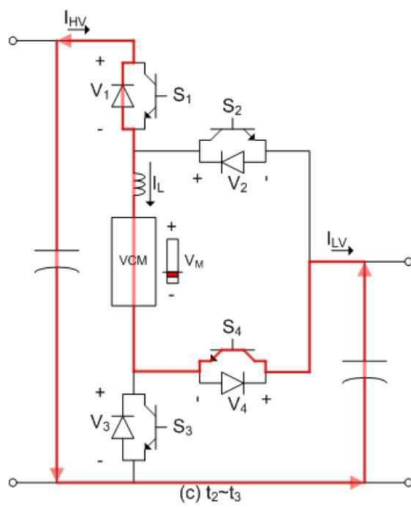
도면4a



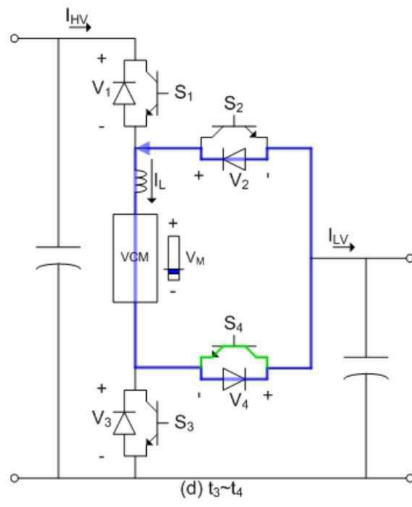
도면4b



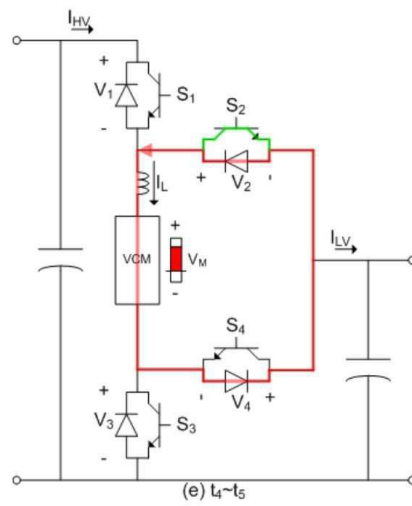
도면4c



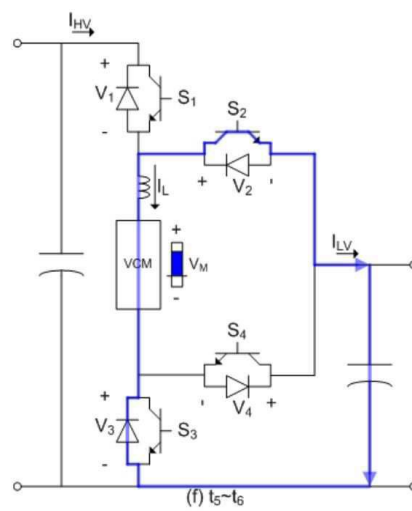
도면4d



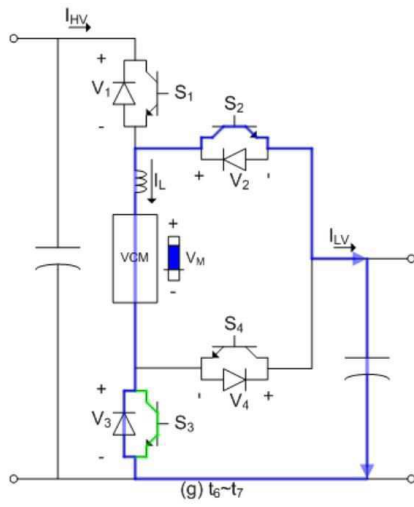
도면4e



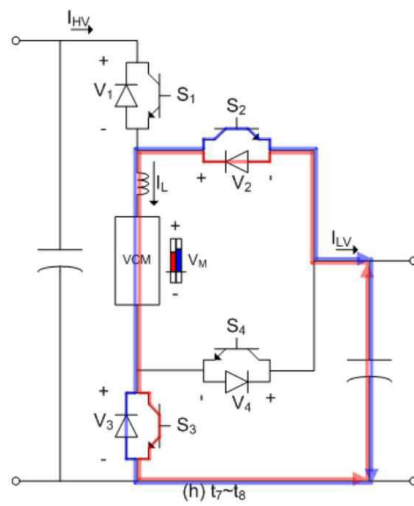
도면4f



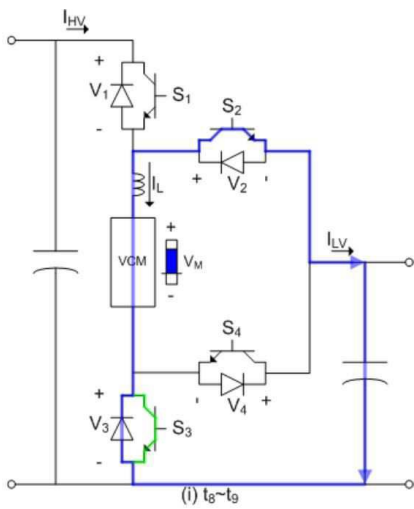
도면4g



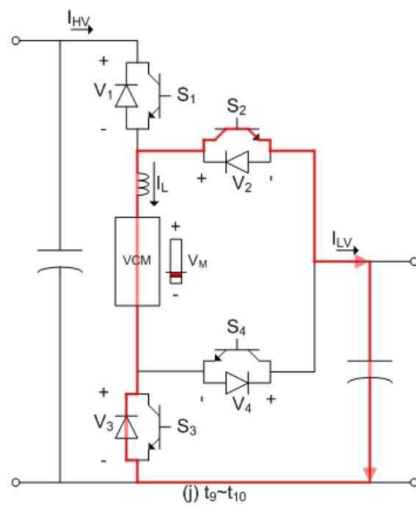
도면4h



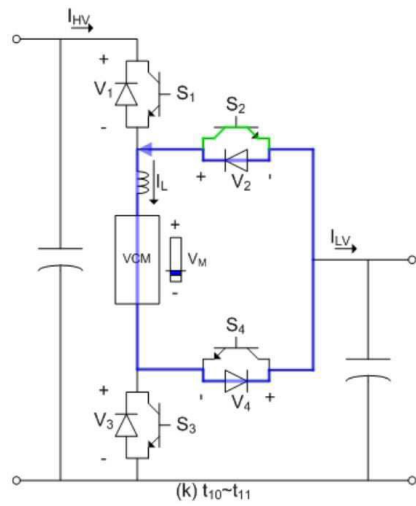
도면4i



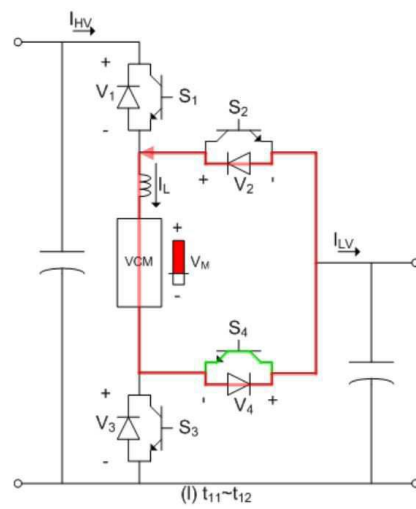
도면4j



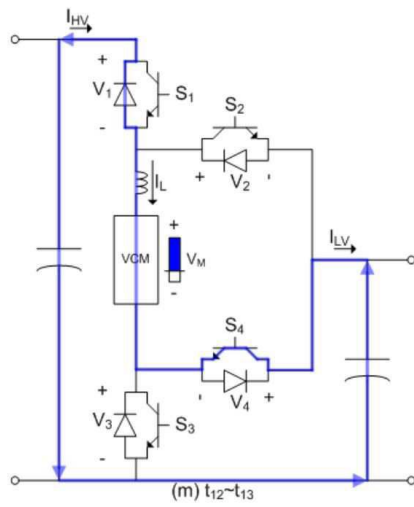
도면4k



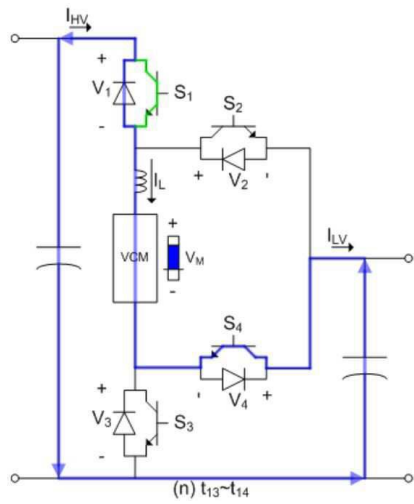
도면4l



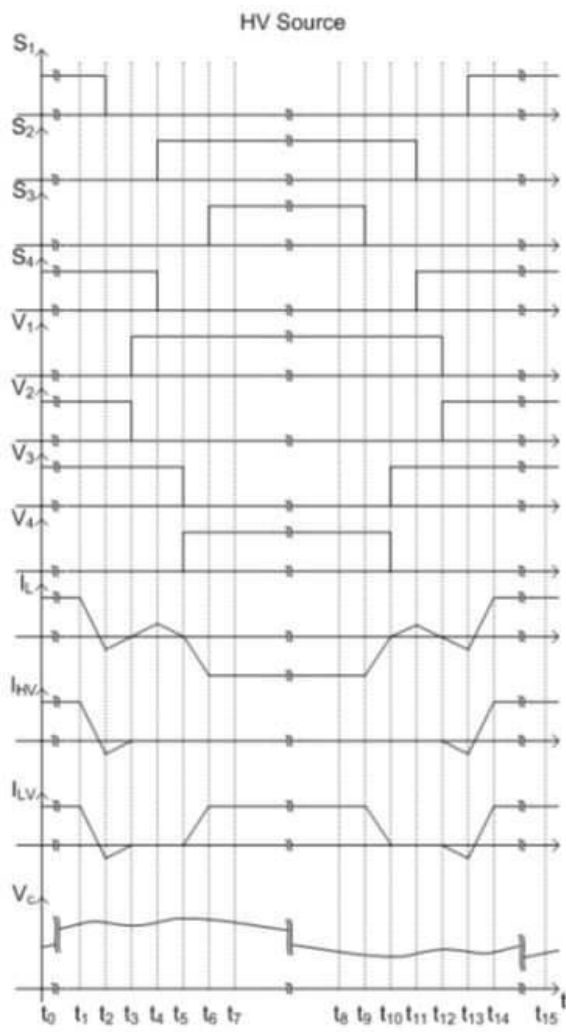
도면 4m



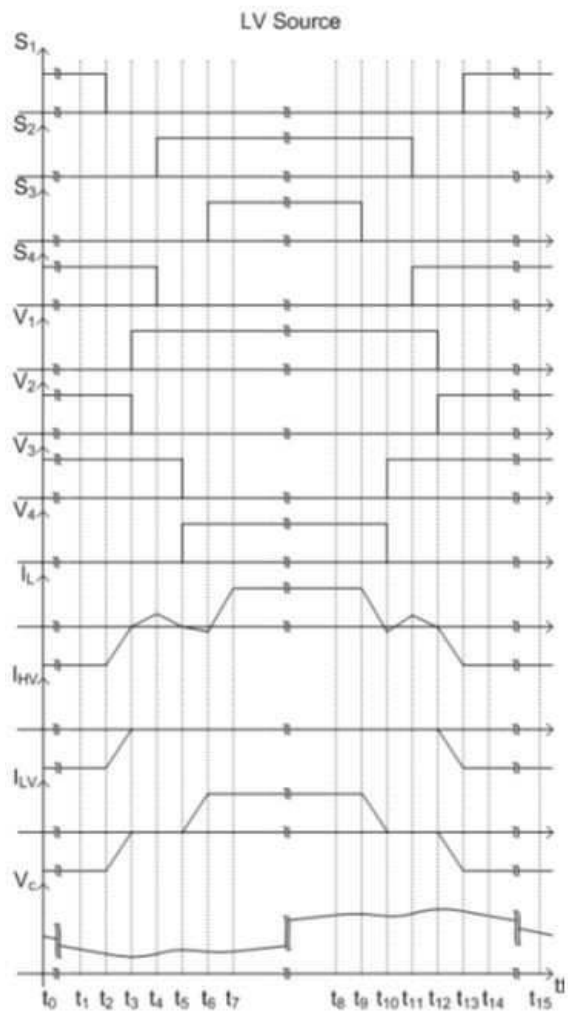
도면 4n



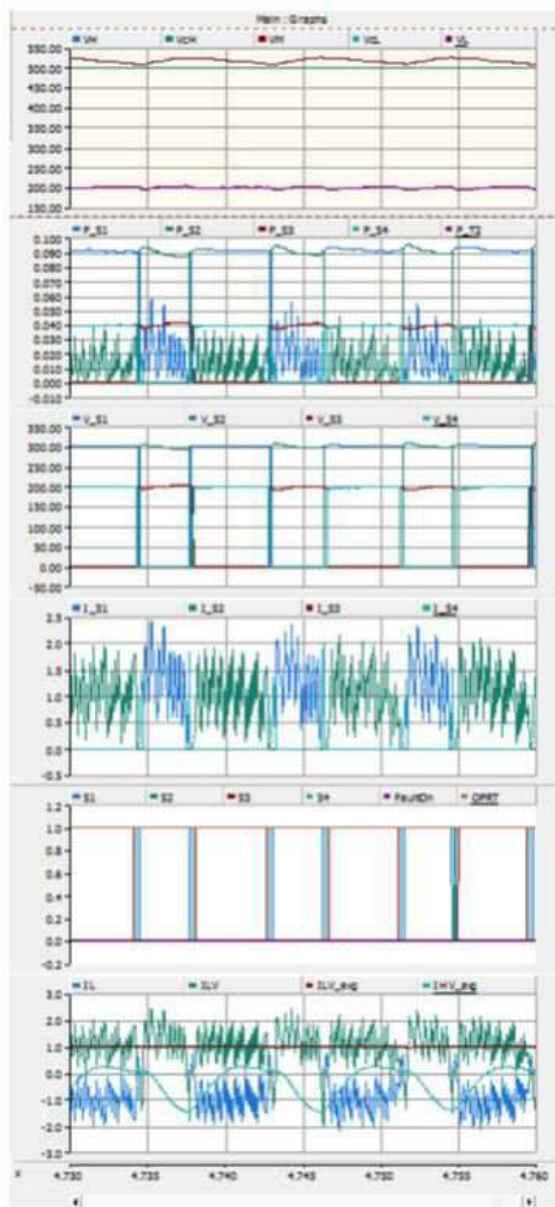
도면5a



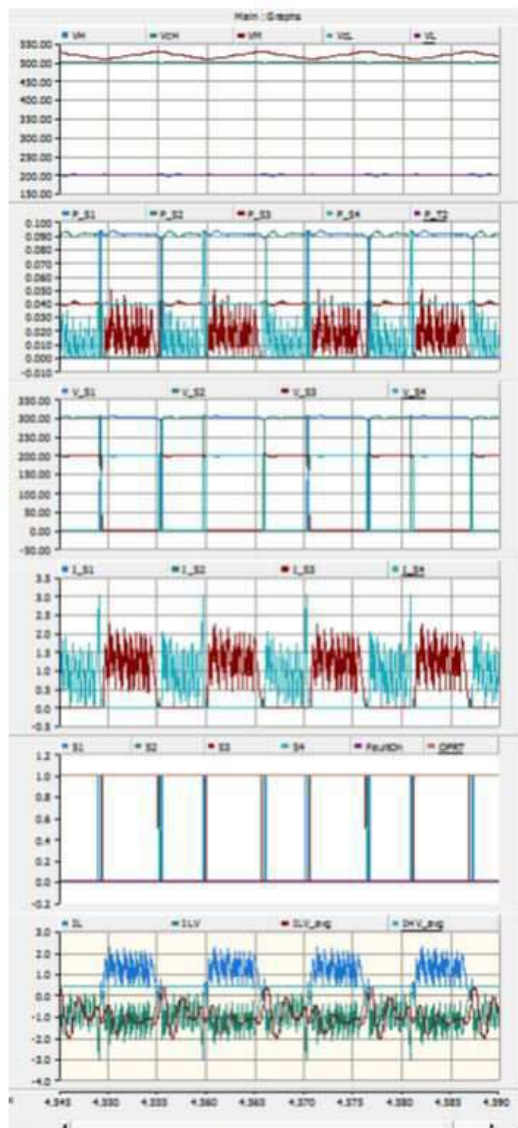
도면5b



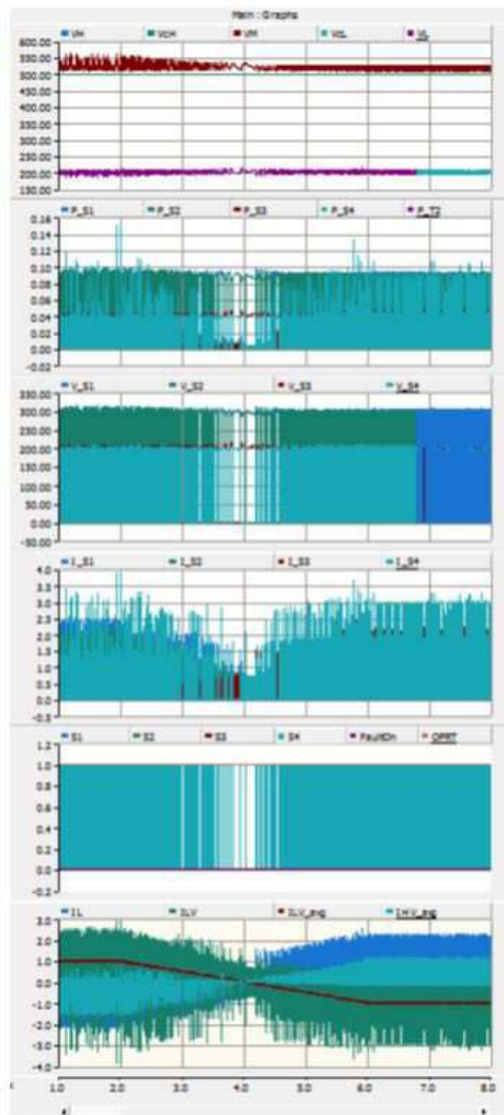
도면6a



도면6b



도면7a



도면 7b

