



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0131654
(43) 공개일자 2020년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 1/32 (2007.01) H02M 7/483 (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02M 1/32 (2013.01)
H02M 7/483 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0056530
(22) 출원일자 2019년05월14일
심사청구일자 2019년05월14일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
허건
서울특별시 송파구 올림픽로 399, 5동 102호(잠실동, 진주아파트)
김희진
서울특별시 마포구 만리재로 36, 101동 1602호(신공덕동, 공덕 아이파크)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

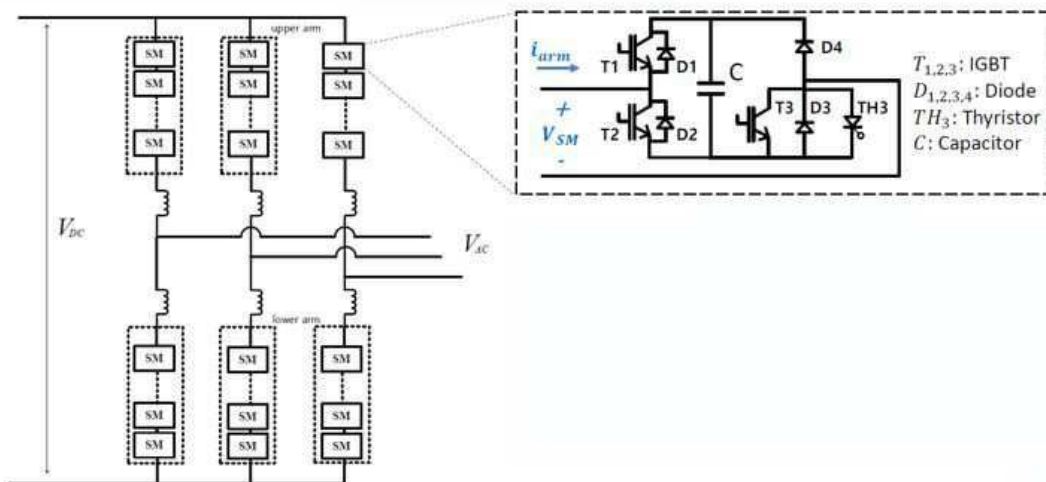
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하여 서브 모듈의 소자 손상을 억제할 수 있도록 한 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법에 관한 것으로, 서로 직렬로 연결되어 on/off 동작에 의해 서브 모듈의 on/off를 제어하는 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)와, 각각의 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에 병렬 연결되어 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에서 발생하는 역기전력을 해소하는 제 1,2 다이오드(D1)(D2)를 갖는 정상 회로; 제 3 스위칭 소자(T3)를 포함하고, 상기 정상 회로에 병렬 연결되는 커패시터(C)로 구성되어 DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하는 사고 DC 전류 차단 회로; 상기 사고 DC 전류 차단 회로에 병렬 연결되어 출력 전압(V_{SM})과 전류 방향(i_{arm})을 결정하여 DC 사고 전류 발생시에 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 우회 회로;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

김상민

서울특별시 동작구 대방동1길 30-10, A동 303호(대방동, 더 퍼스트 안 A동)

나종서

서울특별시 서대문구 연희로10가길 8, 405호 (연희동)

김량규

서울특별시 서대문구 연세로 42-24, 205호

명세서

청구범위

청구항 1

서로 직렬로 연결되어 on/off 동작에 의해 서브 모듈의 on/off를 제어하는 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)와, 각각의 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에 병렬 연결되어 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에서 발생하는 역기전력을 해소하는 제 1,2 다이오드(D1)(D2)를 갖는 정상 회로;

상기 정상 회로에 병렬 연결되는 커패시터(C)로 구성되어 DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하는 사고 DC 전류 차단 회로;

제 3 스위칭 소자(T3)를 포함하고, 상기 사고 DC 전류 차단 회로에 병렬 연결되어 출력 전압(V_{SM})과 전류 방향(i_{arm})을 결정하여 DC 사고 전류 발생시에 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 우회 회로;를 포함하는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 우회 회로는,

서로 병렬 연결되는 제 3 스위칭 소자(T3), 제 3 다이오드(D3), 싸이리스터(TH3) 및 제 3 다이오드(D3)에 직렬 연결되고 제 1 스위칭 소자(T1)에 연결되어, 사고 DC 전류 경로를 구성하는 제 4 다이오드(D4)를 포함하는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 제 1,2,3 스위칭 소자(T1)(T2)(T3)는 IGBT(Insulated gate bipolar transistor)로 구성되는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우($i_{ARM} > 0$)에는 전류는 항상 우회 회로의 제 3 다이오드(D3)를 통하여 흐르고,

제 1 스위칭 소자(T1)를 ON하면 제 1 다이오드(D1)로 전류가 흐르고 사고 DC 전류 차단 회로의 커패시터 전압(V_{cap})을 출력하고,

제 2 스위칭 소자(T2)를 ON하면 제 2 스위칭 소자(T2)로 전류가 흐르고 서브모듈 전압은 0이 되는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우($i_{ARM} > 0$)에,

서브 모듈 ON인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 ON, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF이고,

서브 모듈 OFF인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 ON, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF인 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 음수($i_{ARM} < 0$)인 경우 전류는 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 통해 흐르고,

제 1 스위칭 소자(T1)를 ON하면 제 1 스위칭 소자(T1)로 전류가 흐르고 사고 DC 전류 차단 회로의 커패시터 전압(V_{cap})을 출력하고,

제 2 스위칭 소자(T2)를 ON하면 제 2 다이오드(D2)로 전류가 흐르고 서브모듈 전압은 0이 되는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 음수인 경우($i_{ARM} < 0$)에,

서브 모듈 ON인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 ON, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 ON, 싸이리스터(TH3)는 ON이고,

서브 모듈 OFF인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 ON, 제 3 스위칭 소자(T3)는 ON, 싸이리스터(TH3)는 ON인 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 사고 동작시에 전류는 음의 방향($I_{Fault} < 0$)으로 흐르고,

사고시에 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 OFF하게 되면 전류는 제 4 다이오드(D4)와 제 2 다이오드(D2)로 흐르게 되어,

DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하여 사고 DC 전류를 차단하는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 사고 동작시의 서브 모듈의 스위칭 상태는,

제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF인 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈.

청구항 10

서로 직렬로 연결되어 on/off 동작에 의해 서브 모듈의 on/off를 제어하는 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)와, 각각의 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에 병렬 연결되어 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에서 발생하는 역기전력을 해소하는 제 1,2 다이오드(D1)(D2)를 갖는 정상 회로; 상기 정상 회로에 병렬 연결되는 커패시터(C)로 구성되어 DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하는 사고 DC 전류 차단 회로;서로 병렬 연결되는 제 3 스위칭 소자(T3), 제 3 다이오드(D3), 싸이리스터(TH3) 및 제 3 다이오드(D3)에 직렬 연결되어 제 1 스위칭 소자(T1)에 연결되어, 사고 DC 전류 경로를 구성하는 제 4 다이오드(D4)를 포함하는 우회 회로;를 포함하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어에 있어서,

사고 발생시에 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 OFF하여 전류가 제 4 다이오드(D4)와 제 2 다이오드(D2)로 흐르게 되어,

DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하여 사고 DC 전류를 차단하는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 사고 발생시의 서브 모듈의 스위칭 상태는,

제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF인 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 모듈러 멀티레벨 컨버터는 서브 모듈들을 갖는 상위 암(Upper Arm) 및 하위 암(Lower Arm)으로 구성되고,

상위 암(Upper Arm)의 서브 모듈의 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)는 음의 방향으로 설치되어 음(negative)의 상위 암 전류(upper arm current)에 대해서 경로를 제공하고,

상위 암 전류(upper arm current)가 음수가 되기 직전에 상위 암(Upper Arm)의 제 3 스위칭 소자(T3)를 ON함으로써 전류가 흐를 수 있도록 준비하는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, DC 사고 전류 발생시에 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)와 하위 암(lower arm) 싸이리스터(TH3)에 전류가 흘러 다이오드 루프 경로(diode loop path)가 발생하는 것을 막기 위해서,

하위 암 전류(lower arm current)가 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)에 흐르는 동안에는 상위 암 전류(upper arm current)는 제 3 스위칭 소자(T3)에 흐르도록 하여 OFF에 의해 사고 전류 차단이 가능하도록 하는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 하위 암 전류(lower arm current)가 양수가 되는 순간(lower arm current zero crossing 지점)부터 하위 암 전류(lower arm current)는 하위 암(lower arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)로 흐르지 않고, 상위 암 전류(upper arm current)가 상위 암(Upper Arm) 싸이리스터(TH3)로 흐르는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, Lower arm current zero crossing 지점에서 마진(margin)을 위한 일정 시간 지연후에 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)를 ON하게 되면 상위 암 전류(upper arm current)는 서브 모듈의 제 3 스위칭 소자(T3) 대신 싸이리스터(TH3)로 흐르도록 하여 전도 손실을 감소시키는 것을 특징으로 하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 모듈러 멀티레벨 컨버터에 관한 것으로, 구체적으로 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하여 서브 모듈의 소자 손상을 억제할 수 있도록 한 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 모듈러 멀티 레벨 컨버터(Modular Multilevel Converter : MMC)는 다중 레벨 컨버터의 한 종류로써, 여러 개의 서브 모듈(Sub Module: SM)로 이루어진 컨버터이다.

[0003] 이러한 모듈러 멀티 레벨 컨버터는 다중 컨버터가 가지는 높은 전압의 출력 및 대용량의 출력을 나타낼 수 있고, 계단식의 출력으로 출력 전압을 조절할 수 있다.

[0004] 모듈러 멀티 레벨 컨버터는 일반적인 다중 레벨 컨버터에 비해 구조가 간단하여 구현하기가 쉽고 여분의 서브 모듈을 사용함으로써 그 수명을 더욱 연장시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0005] 이와 같은 모듈러 멀티레벨 컨버터(MMC:Modular Multilevel Converter)의 경우에는 파워반도체회로가 2개의 출력단자를 형성하는 다수의 서브 모듈(sub-module)을 포함하고, 이들 다수의 서브 모듈은 직렬로 연결된다.

[0006] 각 서브 모듈은 예컨대 에너지저장부와 전력용 반도체를 포함한다.

[0007] 전력용 반도체는 파워반도체스위치 및 환류다이오드로 구성될 수 있으며, 예컨대 IGBT로 구현될 수 있다. 이러

한 서브 모듈은 다수의 전력용 반도체가 서로 연결됨으로써, 이른바 하프브릿지 또는 풀브릿지(Full-Bridge) 회로 등으로 구성된다.

- [0008] 또한, MMC 컨버터의 서브 모듈에서는 두 출력단자에 에너지저장부의 전압, 영전압 또는 극성반전되는 에너지저장부 전압 중 하나가 나타난다.
- [0009] 도 1a와 도 1b는 하프 브릿지 서브 모듈의 구성 및 사고 발생시의 전류 경로를 나타낸 구성도이고, 도 2a와 도 2b는 풀 브릿지 서브 모듈의 구성 및 사고 발생시의 전류 경로를 나타낸 구성도이다.
- [0010] 종래 기술의 모듈러 멀티레벨 컨버터는 하프 브릿지 서브 모듈 또는 풀 브릿지 서브 모듈 또는 하프 브릿지와 풀 브릿지 서브 모듈의 혼합으로 구성된다.
- [0011] 그러나 하프 브릿지(Half-bridge) 서브 모듈로 구성된 MMC는 DC 사고 전류를 차단하는 기능이 없으며, 풀 브릿지(Full-bridge) 서브 모듈로 구성된 MMC는 DC 사고 전류를 차단할 수 있지만 정상 동작시 손실이 크게 증가하는 문제가 있다.
- [0012] 이에 따라 하프 브릿지와 풀 브릿지를 동시에 사용하여 손실을 상대적으로 줄이면서 DC 사고 전류 차단 능력을 갖도록 한다.
- [0013] DC 사고시 전류가 서브 모듈 커패시터의 역전압에 의해 차단되도록 하는 것으로, 정상 상태에서 IGBT와 Diode 추가 경로에 의해 전도 손실이 증가하는 문제가 있다.
- [0014] 이와 같이, 종래 기술의 MMC에서는 DC 사고 시에 다이오드를 통하여 AC 연결점과 DC 연결점 사이에 큰 전위차에 의하여 대전류가 흐르게 되었다.
- [0015] 이러한 DC 사고 전류를 막기 위하여 별도의 DC 차단기 등이 개발 중이지만 DC 사고 전류는 AC 전류와 달리 0 교차점(zero crossing)이 없어서 사고 전류를 제거하고 차단하는데 어려움을 겪고 있다.
- [0016] 이상에서 설명한 바와 같이, 모듈러 멀티 레벨 컨버터는 다수 개의 모듈의 온/오프를 제어하여 전압을 생성하기 때문에 다른 전압형 전력변환장치보다 스위칭 손실이 적고 고조파 발생이 작다.
- [0017] 또한, 전압 및 용량 확장이 용이하기 때문에 고전압/대전력 송전을 위한 HVDC(High Voltage DC)시스템의 핵심 기술이다.
- [0018] 그러나 모듈러 멀티 레벨 컨버터를 구성하는 서브 모듈에 따라, 하프 브릿지(Half-bridge) MMC는 DC 사고 전류를 차단하기 어려우며, 풀 브릿지(Full-bridge) MMC는 DC 사고 전류를 차단할 수 있지만, 정상 동작시 손실이 크게 증가하는 문제가 있다.
- [0019] 따라서, DC 사고 대응 능력과 저손실 특성을 가지는 새로운 MMC 시스템 구성 토폴로지가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0020] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2014-0022374호
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2017-0083317호
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2017-0079613호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0021] 본 발명은 종래 기술의 모듈러 멀티 레벨 컨버터의 문제점을 해결하기 위한 것으로, DC 사고 전류 우회 통로를 제공하여 서브 모듈의 소자 손상을 억제할 수 있도록 한 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0022] 본 발명은 서브 모듈(SM)에 IGBT 1개와 Diode 2개, 싸이리스터 1개로 구성되는 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 모듈을 구성하여 모듈러 멀티 레벨 컨버터의 암(Arm) 내부의 DC 사고 전류를 저감할 수 있도록 한 DC 고장

전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0023] 본 발명은 DC 사고시 역전압을 제공하여 DC 사고 전류를 차단하여 IGBT/Diode, 커패시터의 손상을 막을 수 있으며, 커패시터의 전압의 방전을 막기 때문에 DC 사고 제거 후, 빠른 재기동이 가능하도록 한 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0024] 본 발명은 DC 사고 전류 저감 기능을 가지는 IGBT4개와 Diode 4개, 커패시터 1개로 구성되는 Full-bridge 형태의 모듈로 구성된 압과 비교하였을때, 정상 상태 동작시 압전류가 전도 손실 특성이 큰 IGBT보다 전도 손실 특성이 작은 싸이리스터로 흐르도록 하여 전도 손실을 감소시킬 수 있도록 한 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0025] 본 발명은 IGBT와 싸이리스터의 동작을 통해 DC사고시 사고 전류의 경로에 서브모듈 커패시터 전압이 사고에 의한 전압에 역전압을 제공하기 때문에 AC와 DC 연결점 사이의 전위차를 빠르게 줄여 DC 사고 전류가 흐르는 것을 막을 수 있도록 한 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0026] 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

[0027] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈은 서로 직렬로 연결되어 on/off 동작에 의해 서브 모듈의 on/off를 제어하는 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)와, 각각의 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에 병렬 연결되어 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에서 발생하는 역기전력을 해소하는 제 1,2 다이오드(D1)(D2)를 갖는 정상 회로;상기 정상 회로에 병렬 연결되는 커패시터(C)로 구성되어 DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하는 사고 DC 전류 차단 회로;제 3 스위칭 소자(T3)를 포함하고, 상기 사고 DC 전류 차단 회로에 병렬 연결되어 출력 전압(V_{SM})과 전류 방향(i_{arm})을 결정하여 DC 사고 전류 발생시에 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 우회 회로;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 여기서, 상기 우회 회로는, 서로 병렬 연결되는 제 3 스위칭 소자(T3), 제 3 다이오드(D3), 싸이리스터(TH3) 및 제 3 다이오드(D3)에 직렬 연결되고 제 1 스위칭 소자(T1)에 연결되어, 사고 DC 전류 경로를 구성하는 제 4 다이오드(D4)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 그리고 제 1,2,3 스위칭 소자(T1)(T2)(T3)는 IGBT(Insulated gate bipolar transistor)로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0030] 그리고 정상 동작시의 압전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우($i_{ARM} > 0$)에는 전류는 항상 우회 회로의 제 3 다이오드(D3)를 통하여 흐르고, 제 1 스위칭 소자(T1)를 ON하면 제 1 다이오드(D1)로 전류가 흐르고 사고 DC 전류 차단 회로의 커패시터 전압(V_{cap})을 출력하고, 제 2 스위칭 소자(T2)를 ON하면 제 2 스위칭 소자(T2)로 전류가 흐르고 서브모듈 전압은 0이 되는 것을 특징으로 한다.

[0031] 그리고 정상 동작시의 압전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우($i_{ARM} > 0$)에, 서브 모듈 ON인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 ON, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF이고, 서브 모듈 OFF인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 ON, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF인 것을 특징으로 한다.

[0032] 그리고 정상 동작시의 압전류(i_{ARM})의 방향이 음수($i_{ARM} < 0$)인 경우 전류는 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 통해 흐르고, 제 1 스위칭 소자(T1)를 ON하면 제 1 스위칭 소자(T1)로 전류가 흐르고 사고 DC 전류 차단 회로의 커패시터 전압(V_{cap})을 출력하고, 제 2 스위칭 소자(T2)를 ON하면 제 2 다이오드(D2)로 전류가 흐르고 서브모듈 전압은 0이 되는 것을 특징으로 한다.

[0033] 그리고 정상 동작시의 압전류(i_{ARM})의 방향이 음수인 경우($i_{ARM} < 0$)에, 서브 모듈 ON인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 ON, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 ON, 싸이리스터(TH3)는 ON이고, 서브 모듈 OFF인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 ON, 제 3

스위칭 소자(T3)는 ON, 싸이리스터(TH3)는 ON인 것을 특징으로 한다.

- [0034] 그리고 사고 동작시에 전류는 음의 방향($I_{Fault} < 0$)으로 흐르고, 사고시에 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 OFF하게 되면 전류는 제 4 다이오드(D4)와 제 2 다이오드(D2)로 흐르게 되어, DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하여 사고 DC 전류를 차단하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 그리고 사고 동작시의 서브 모듈의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF인 것을 특징으로 한다.
- [0036] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법은 서로 직렬로 연결되어 on/off 동작에 의해 서브 모듈의 on/off를 제어하는 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)와, 각각의 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에 병렬 연결되어 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에서 발생하는 역기전력을 해소하는 제 1,2 다이오드(D1)(D2)를 갖는 정상 회로; 상기 정상 회로에 병렬 연결되는 커패시터(C)로 구성되어 DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하는 사고 DC 전류 차단 회로;서로 병렬 연결되는 제 3 스위칭 소자(T3), 제 3 다이오드(D3), 싸이리스터(TH3) 및 제 3 다이오드(D3)에 직렬 연결되어 제 1 스위칭 소자(T1)에 연결되어, 사고 DC 전류 경로를 구성하는 제 4 다이오드(D4)를 포함하는 우회 회로;를 포함하는 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어에 있어서, 사고 발생시에 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 OFF하여 전류가 제 4 다이오드(D4)와 제 2 다이오드(D2)로 흐르게 되어, DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하여 사고 DC 전류를 차단하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 여기서, 사고 발생시의 서브 모듈의 스위칭 상태는, 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF인 것을 특징으로 한다.
- [0038] 그리고 모듈러 멀티레벨 컨버터는 서브 모듈들을 갖는 상위 암(Upper Arm) 및 하위 암(Lower Arm)으로 구성되고, 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)는 음의 방향으로 설치되어 음(negative)의 상위 암 전류(upper arm current)에 대해서 경로를 제공하고, 상위 암 전류(upper arm current)가 음수가 되기 직전에 상위 암(Upper Arm)의 제 3 스위칭 소자(T3)를 ON함으로써 전류가 흐를 수 있도록 준비하는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 그리고 DC 사고 전류 발생시에 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)와 하위 암(lower arm) 싸이리스터(TH3)에 전류가 흘러 다이오드 루프 경로(diode loop path)가 발생하는 것을 막기 위해서, 하위 암 전류(lower arm current)가 싸이리스터(TH3)에 흐르는 동안에는 상위 암 전류(upper arm current)는 제 3 스위칭 소자(T3)에 흐르도록 하여 OFF에 의해 사고 전류 차단이 가능하도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 그리고 하위 암 전류(lower arm current)가 양수가 되는 순간(lower arm current zero crossing 지점)부터 하위 암 전류(lower arm current)는 하위 암(lower arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)로 흐르지 않고, 상위 암 전류(upper arm current)가 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)로 흐르는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 그리고 Lower arm current zero crossing 지점에서 마진(margin)을 위한 일정 시간 지연후에 상위 암(Upper Arm) 싸이리스터(TH3)를 ON하게 되면 상위 암 전류(upper arm current)는 제 3 스위칭 소자(T3) 대신 싸이리스터(TH3)로 흐르도록 하여 전도 손실을 감소시키는 것을 특징으로 한다.
- 발명의 효과**
- [0042] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0043] 첫째, 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈에 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 모듈을 부가하여 서브 모듈의 소자 손상을 억제할 수 있도록 한다.
- [0044] 둘째, 서브 모듈(SM)에 IGBT 1개와 Diode 2개, 싸이리스터 1개로 구성되는 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 모듈을 구성하여 모듈러 멀티 레벨 컨버터의 암(Arm) 내부의 DC 사고 전류를 저감할 수 있도록 한다.
- [0045] 셋째, DC 사고시 역전압을 제공하여 DC 사고 전류를 차단하여 IGBT/Diode, 커패시터의 손상을 막을 수 있으며,

커패시터의 전압의 방전을 막기 때문에 DC 사고 제거 후, 빠른 재기동이 가능하도록 한다.

[0046] 넷째, DC 사고 전류 저감 기능을 가지는 IGBT4개와 Doide 4개, 커패시터 1개로 구성되는 Full-bridge 형태의 모듈로 구성된 암과 비교하였을때, 정상 상태 동작시 암전류가 전도 손실 특성이 큰 IGBT보다 전도 손실 특성이 작은 싸이리스터로 흐르도록 하여 전도 손실을 감소시킬 수 있도록 한다.

[0047] 다섯째, IGBT와 싸이리스터의 동작을 통해 DC사고시 사고 전류의 경로에 서브 모듈 커패시터 전압이 사고에 의한 전압에 역전압을 제공하기 때문에 AC와 DC 연결점 사이의 전위차를 빠르게 줄여 DC 사고 전류가 흐르는 것을 막을 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0048] 도 1a와 도 1b는 하프 브릿지 서브 모듈의 구성 및 사고 발생시의 전류 경로를 나타낸 구성도
 도 2a와 도 2b는 풀 브릿지 서브 모듈의 구성 및 사고 발생시의 전류 경로를 나타낸 구성도
 도 3a와 도 3b는 본 발명에 따른 서브 모듈의 구성 및 사고 발생시의 전류 경로를 나타낸 구성도
 도 4는 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 상세 구성도
 도 5는 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우의 서브 모듈의 전류 흐름 구성도
 도 6은 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 음수인 경우의 서브 모듈의 전류 흐름 구성도
 도 7은 사고 동작시의 서브 모듈의 전류 흐름 구성도
 도 8은 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법을 나타낸 동작 파형도
 도 9 및 도 10은 싸이리스터로 구성된 서브 모듈 및 싸이리스터 + IGBT로 구성된 서브 모듈의 구성 및 동작 파형 비교 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 이하, 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0050] 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[0051] 도 3a와 도 3b는 본 발명에 따른 서브 모듈의 구성 및 사고 발생시의 전류 경로를 나타낸 구성도이다.

[0052] 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법은 모듈러 멀티레벨 컨버터 HVDC의 DC 선로측 고장 전류를 차단할 수 있는 형태로 구성한 서브 모듈을 제공하기 위한 것이다.

[0053] 서브 모듈은 평상시 전도 손실이 적고, 사고시 DC 사고 전류의 경로를 결정할 수 있는 스위칭파트(IGBT, Thyristor, Diode)를 구비한다.

[0054] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈은 DC 사고 발생시 풀 브릿지 서브 모듈과 마찬가지로 DC 사고 전류가 커패시터의 역전압에 의해 차단되도록 하고, 정상 상태에서 IGBT보다 전도 손실 특성이 작은 Thyristor로 대부분의 전류가 흐르도록 하여 풀 브릿지의 경우보다 전도 손실이 경감되도록 한다.

[0055] 도 3a와 도 3b에서와 같이, 정상 동작시에는 초기 전류를 IGBT로 전도시켰다가 이후에 대부분의 전류가 전도 손실이 작은 Thyristor로 흐르도록 하며, 사고시에는 IGBT의 스위치를 OFF 함으로써 DC 사고 전류 경로를 서브 모듈 커패시터를 거치도록 하여 사고 전류를 경감할 수 있도록 한다.

[0056] 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 구성은 다음과 같다.

[0057] 도 4는 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 상세 구성도이다.

[0058] 모듈러 멀티레벨 컨버터는 도 4에서와 같이, 복수 개의 레그 및 암(Arm)으로 이루어지고, 각 암(Arm)에는 복수

의 서브모듈(SM)이 포함된다.

- [0059] 이러한 암(Arm)은 다시 상위 암(Upper Arm) 및 하위 암(Lower Arm)으로 구성될 수 있고, 이 암들은 서브 모듈들을 갖는다.
- [0060] 이와 같이 암(Arm)을 구성하는 서브 모듈은 서로 직렬로 연결되어 on/off 동작에 의해 서브 모듈의 on/off를 제어하는 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)와, 각각의 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에 병렬 연결되어 제 1,2 스위칭 소자(T1)(T2)에서 발생하는 역기전력을 해소하는 제 1,2 다이오드(D1)(D2)를 갖는 정상 회로(100)와, 정상 회로(100)에 병렬 연결되는 커패시터(C)로 구성되어 DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하는 사고 DC 전류 차단 회로(200)와, 사고 DC 전류 차단 회로(200)에 병렬 연결되어 출력 전압(V_{SM})과 전류 방향(i_{arm})을 결정하여 DC 사고 전류 발생시에 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 우회 회로(300)를 포함한다.
- [0061] 여기서, 우회 회로(300)는 IGBT 1개와 Diode 2개, 싸이리스터 1개로 구성되어 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하는 것으로, 서로 병렬 연결되는 제 3 스위칭 소자(T3)와, 제 3 다이오드(D3), 싸이리스터(TH3) 및 제 3 다이오드(D3)에 직렬 연결되어 제 1 스위칭 소자(T1)에 연결되고 사고 DC 전류 경로를 구성하는 제 4 다이오드(D4)를 포함한다.
- [0062] 여기서, 제 1,2,3 스위칭 소자(T1)(T2)(T3)는 IGBT(Insulated gate bipolar transistor)로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0063] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 서브 모듈에 의해 모듈러 멀티 레벨 컨버터의 암(Arm) 내부의 DC 사고 전류를 저감할 수 있도록 한다.
- [0064] DC 사고시에 사고 DC 전류 차단 회로(200)가 역전압을 제공하여 DC 사고 전류를 차단하여 IGBT/Diode, 커패시터의 손상을 막을 수 있으며, 커패시터의 전압의 방전을 막기 때문에 DC 사고 제거 후, 빠른 재기동이 가능하도록 한다.
- [0065] 이와 같은 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법 및 동작 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0066] 도 5는 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우의 서브 모듈의 전류 흐름 구성도이다.
- [0067] 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우($i_{ARM} > 0$)에는 전류는 항상 제 3 다이오드(D3)를 통하여 흐른다.
- [0068] 제 1 스위칭 소자(T1)를 ON하면 제 1 다이오드(D1)로 전류가 흐르고 사고 DC 전류 차단 회로(200)의 커패시터 전압(V_{cap})을 출력한다.
- [0069] 제 2 스위칭 소자(T2)를 ON하면 제 2 스위칭 소자(T2)로 전류가 흐르고 서브모듈 전압은 0이 된다.
- [0070] 이와 같은 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 양수인 경우($i_{ARM} > 0$)에 서브 모듈 ON인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 ON, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF이다.
- [0071] 그리고 서브 모듈 OFF인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 ON, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF이다.
- [0072] 도 6은 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 음수인 경우의 서브 모듈의 전류 흐름 구성도이다.
- [0073] 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 음수인 경우 전류는 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 통해 흐른다.
- [0074] 초기에 제 3 스위칭 소자(T3)를 ON하고 일정 시간 지연후에 싸이리스터(TH3)를 ON하여 싸이리스터(TH3)로 전류를 도통한다.
- [0075] 제 1 스위칭 소자(T1)를 ON하면 제 1 스위칭 소자(T1)로 전류가 흐르고 사고 DC 전류 차단 회로(200)의 커패시터 전압(V_{cap})을 출력한다.

- [0076] 제 2 스위칭 소자(T2)를 ON하면 제 2 다이오드(D2)로 전류가 흐르고 서브모듈 전압은 0이 된다.
- [0077] 이와 같은 정상 동작시의 암전류(i_{ARM})의 방향이 음수인 경우($i_{ARM} < 0$)에 서브 모듈 ON인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 ON, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 ON, 싸이리스터(TH3)는 ON이다.
- [0078] 그리고 서브 모듈 OFF인 경우의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 ON, 제 3 스위칭 소자(T3)는 ON, 싸이리스터(TH3)는 ON이다.
- [0079] 도 7은 사고 동작시의 서브 모듈의 전류 흐름 구성도이다.
- [0080] 사고 동작시에 전류는 음의 방향($I_{Fault} < 0$)으로 흐르게 된다.
- [0081] 사고시에 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)를 OFF하게 되면 전류는 제 4 다이오드(D4)와 제 2 다이오드(D2)로 흐르게 된다.
- [0082] 즉, DC 사고 경로에 커패시터 전압(V_{cap})을 사고 전압(V_{Fault})에 대한 역전압으로 인가(V_{block})되도록 하여 사고 DC 전류를 차단하는 것이다.
- [0083] 사고 동작시의 서브 모듈의 스위칭 상태는 제 1 스위칭 소자(T1)는 OFF, 제 2 스위칭 소자(T2)는 OFF, 제 3 스위칭 소자(T3)는 OFF, 싸이리스터(TH3)는 OFF이다.
- [0084] 도 8은 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법을 나타낸 동작 파형도이고, 도 9 및 도 10은 싸이리스터로 구성된 서브 모듈 및 싸이리스터 + IGBT로 구성된 서브 모듈의 구성 및 동작 파형 비교 그래프이다.
- [0085] 도 8을 참고하여 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈의 제어 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0086] 상위 암(Upper Arm)을 기준으로 보면, 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 제 3 스위칭 소자(T3)와 싸이리스터(TH3)는 음의 방향으로 설치되어 음(negative)의 상위 암 전류(upper arm current)에 대해서 경로를 제공한다.
- [0087] 상위 암 전류(upper arm current)가 음수가 되기 직전에 상위 암(Upper Arm)의 제 3 스위칭 소자(T3)를 ON함으로써 전류가 흐를 수 있도록 준비한다.
- [0088] DC 사고 전류 발생시에 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)와 하위 암(lower arm) 싸이리스터(TH3)에 전류가 흐르면 다이오드 루프 경로(diode loop path)가 발생하게 되는데, 싸이리스터는 OFF 기능이 없기 때문에 사고 전류를 막기가 어렵다.
- [0089] 다이오드 루프 경로(diode loop path)가 발생하는 것을 막기 위해서는 하위 암 전류(lower arm current)가 싸이리스터(TH3)에 흐르는 동안에는 상위 암 전류(upper arm current)는 제 3 스위칭 소자(T3)에 흐르고 있어야 한다.
- [0090] 사고 발생시 스위칭소자(T3)는 OFF를 할 수 있기 때문에 사고 전류 차단이 가능하다.
- [0091] 그리고 하위 암 전류(lower arm current)가 양수가 되는 순간(lower arm current zero crossing 지점)부터 하위 암 전류(lower arm current)는 하위 암(lower arm) 싸이리스터(TH3)로 흐르지 않기 때문에 상위 암 전류(upper arm current)가 상위 암(Upper Arm) 싸이리스터(TH3)로 흘러도 된다.
- [0092] Lower arm current zero crossing 지점에서 약간의 마진(margin)을 위한 일정 시간 지연후에 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 싸이리스터(TH3)를 ON하게 되면 상위 암 전류(upper arm current)는 제 3 스위칭 소자(T3) 대신 싸이리스터(TH3)로 흐르게 된다.
- [0093] 이때부터 상위 암 전류(upper arm current)는 상위 암(Upper Arm) 서브 모듈의 제 3 스위칭 소자(T3)가 아닌 상위 암(Upper Arm) 싸이리스터(TH3)으로 흐르기 때문에 상대적으로 전도 손실이 감소하게 되는 효과가 있다.
- [0094] 이와 같은 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법은 IGBT와 싸이리스터의 동작을 통해 DC 사고시에 사고 전류의 경로에 서브 모듈 커패시터 전압이 사고에 의한 전압에 역전압을 제공하기 때문에 AC와 DC 연결점 사이의 전위차를 빠르게 줄여 DC 사고 전류가 흐르는 것을 막을 수 있도록 한다.

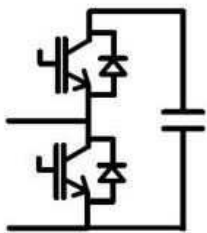
- [0095] DC 사고 전류 저감 기능을 가지는 IGBT4 개와 Doide 4개, 커패시터 1개로 구성되는 Full-bridge 형태의 모듈로 구성된 암과 비교하였을때, 정상 상태 동작시 암전류가 전도 손실 특성이 큰 IGBT보다 전도 손실 특성이 작은 싸이리스터로 흐르도록 하여 전도 손실을 감소시킬 수 있다.
- [0096] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법은 DC 사고 전류 우회 통로를 제공하여 서브 모듈의 소자 손상을 억제할 수 있도록 한 것이다.
- [0097] 풀 브릿지(Full-Bridge) 형태의 서브 모듈을 사용하여 문제를 해결할 수 있지만, 이 경우, 정상 상태 동작시 추가적인 IGBT 경로가 발생하기 때문에 하프 브릿지(Half-Bridge) 서브 모듈에 비하여 기존 대비 30% 이상의 손실 증가를 발생시킨다.
- [0098] 하지만, 본 발명에 따른 DC 고장 전류 차단 기능을 갖는 모듈러 멀티레벨 컨버터 서브 모듈 및 이의 제어 방법은 IGBT보다 전도 손실 특성이 작은 싸이리스터로 정상 상태 동작 전류가 흐르기 때문에 전도 손실을 경감하면서 DC 사고 시 사고 전류를 효율적으로 막을 수 있도록 한다.
- [0099] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0100] 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

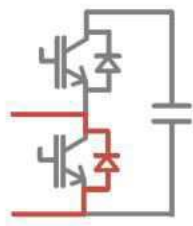
- [0101] 100. 정상 회로
200. 사고 DC 전류 차단 회로
300. 우회 회로

도면

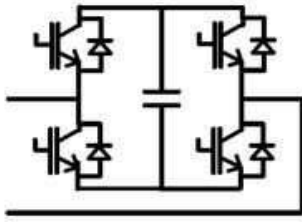
도면1a



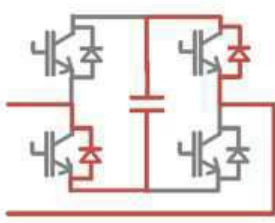
도면1b



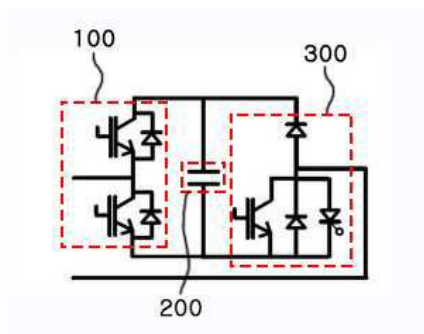
도면2a



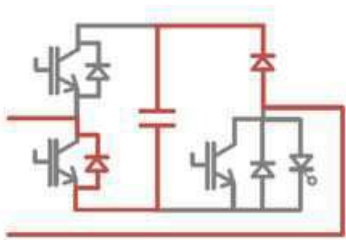
도면2b



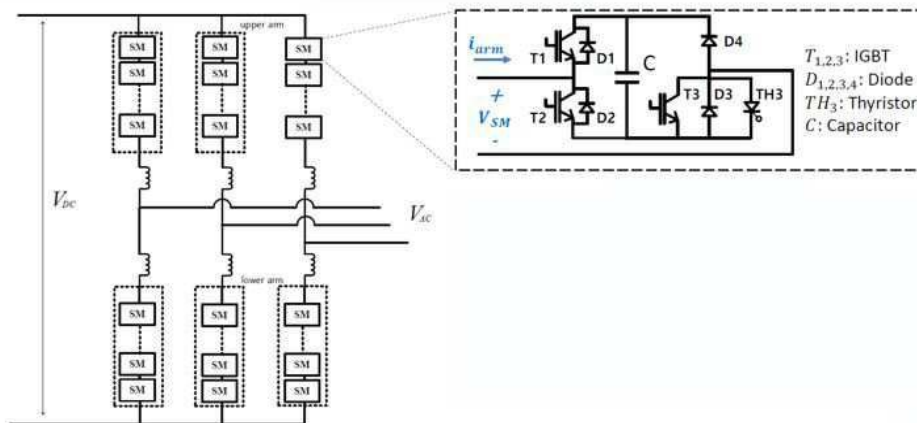
도면3a



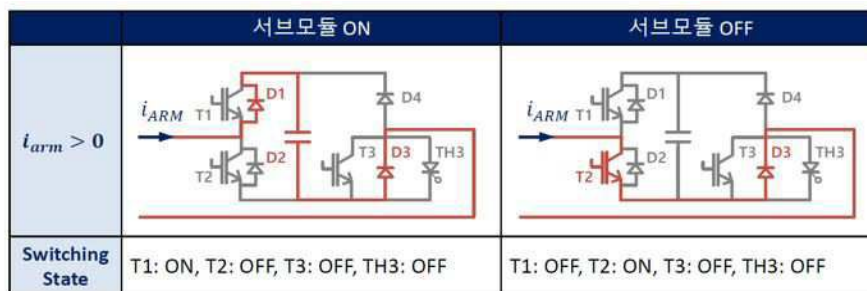
도면3b



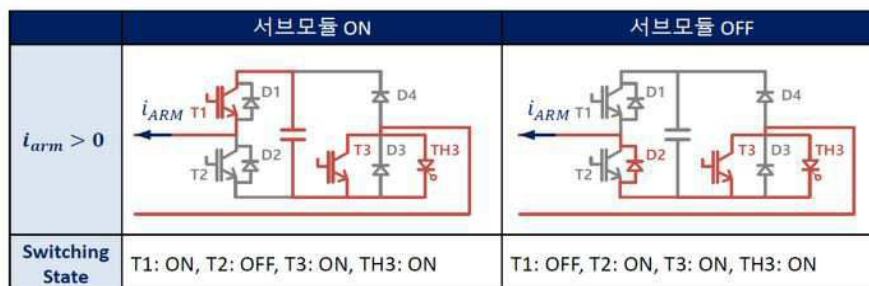
도면4



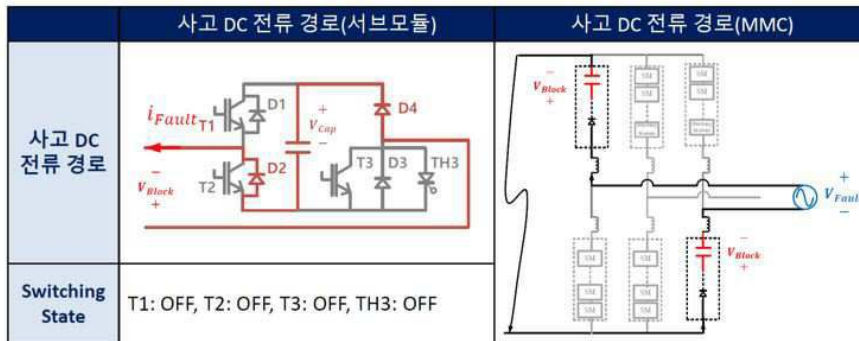
도면5



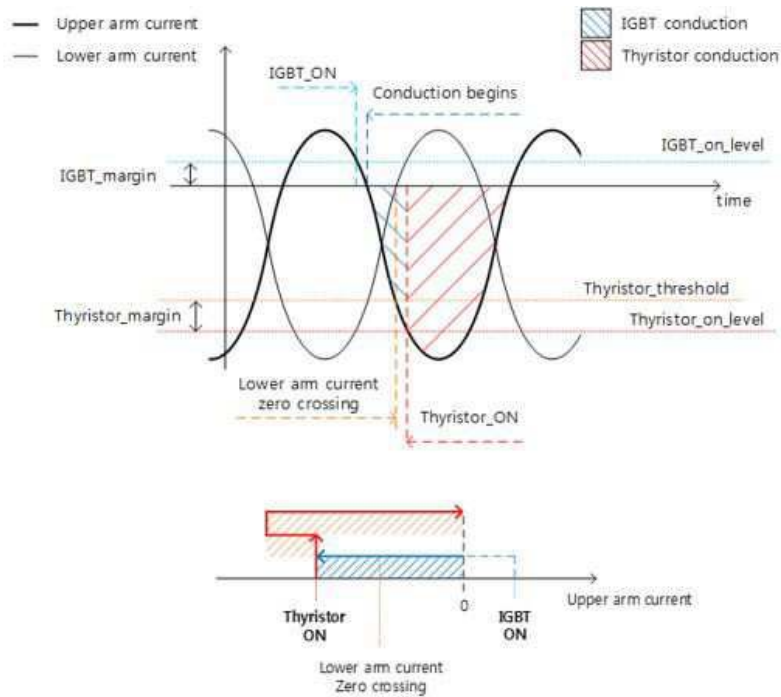
도면6



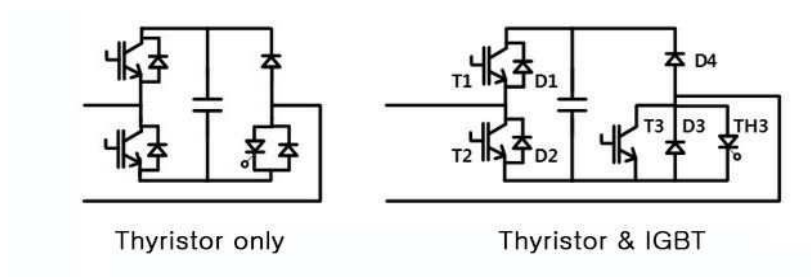
도면7



도면8



도면9



도면10

