



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0109221
(43) 공개일자 2022년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 7/23 (2006.01) H02M 1/00 (2007.01)
H02M 1/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 7/23 (2013.01)
H02M 1/0006 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2021-0012620
(22) 출원일자 2021년01월28일
심사청구일자 2021년01월28일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
고영중
부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스
가운관 402호
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

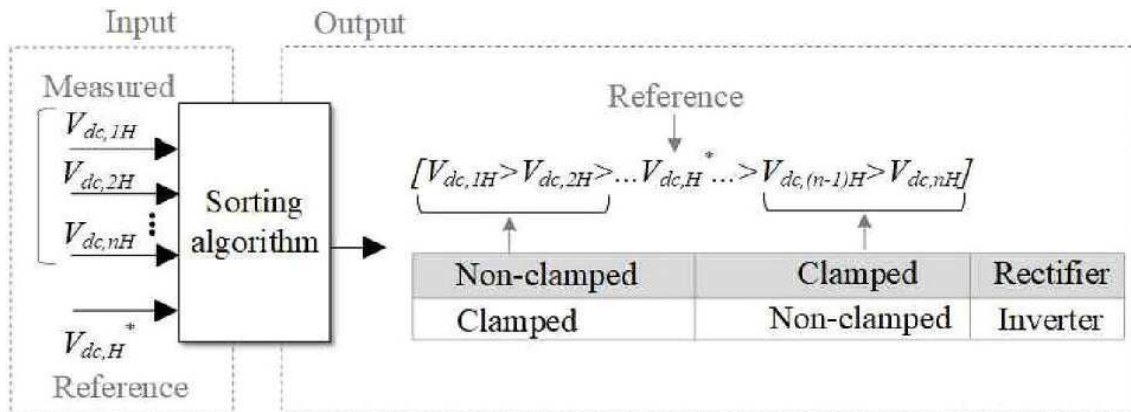
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하여 제어 가능범위 확장 및 제어 동특성 향상에 기여할 수 있도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에 따라 정렬하는 전압 비교 분류부; 기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트하는 셀 수 카운트부; 사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 최대 카운트(N_M)를 결정하는 최대 카운트 결정부; 최대 카운트 결정부에서 결정된 최대 카운트(N_M)를 기준으로 셀 페어링을 하는 셀 페어링부; 페어링이 이루어지면 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정하는 동작 모드 결정부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류
H02M 1/14 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에 따라 정렬하는 전압 비교 분류부;

기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트하는 셀 수 카운트부;

사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 최대 카운트(N_M)를 결정하는 최대 카운트 결정부;

최대 카운트 결정부에서 결정된 최대 카운트(N_M)를 기준으로 셀 페어링을 하는 셀 페어링부;

페어링이 이루어지면 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정하는 동작 모드 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 셀 페어링부는,

$N_H \neq 0$ and $N_L \neq 0$ 인 제 1 케이스 및 $N_H = 0$ or $N_L = 0$ 인 제 2 케이스를 구분하여 셀 페어링을 하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 셀 페어링부에서 $N_H \neq 0$ and $N_L \neq 0$ 인 제 1 케이스는,

$N_M = N_L$ if $N_H > N_L$, $N_M = N_H$ if $N_H < N_L$, $N_M = N_H$ or N_L if $N_H = N_L$ 으로 N_M 쌍을 페어링을 하고,

$N_H = 0$ or $N_L = 0$ 인 제 2 케이스의 경우에는,

$N_M = N_L$ if $N_H = 0$, $N_M = N_H$ if $N_L = 0$ 으로 $N_M/2$ 쌍을 페어링을 하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 전압 비교 분류부에서 정렬된 출력 전압 배열을 2개의 전압씩 페어링되고,

가장 큰 전압과 가장 작은 전압을 갖는 셀이 페어링되고, 두 번째 큰 전압과 두 번째 작은 전압을 갖는 셀이 페어링되는 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 페어링된 전압 중 기준 전압보다 큰 전압, 작은 전압으로 구분하여 Clamped, Non-clamped 동작모드를 결정하고,

페어링되지 못한 셀은 연속 변조 모드로 동작하도록 하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 동작 모드의 결정은 사용자가 임의로 정한 주기에 따라서 반복적으로 실행되어,

클램핑 모드(Clamped mode)와 비클램핑 모드(Non-clamped mode)의 두 가지 동작 모드를 사용하고,

$$v_c^* = \begin{cases} 1 & \text{if } v_g > 0 \\ -1 & \text{if } v_g < 0, \end{cases} \quad v_{nc}^* = N \cdot v^* - v_c^*$$

여기서, v_c^* 는 클램프된 신호, v_{nc}^* 는 클램프되지 않은 신호, v^* 는 전류 제어기(current controller)의 레퍼런스, N은 전체 셀 수인 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 변조 인덱스(modulation index)의 선형 영역은 -1에서 1 사이 이고, 클램프된 신호의 출력은 그리드 전압 방향에 따라 결정되고,

클램프된 신호는 클램프되지 않은 신호에 의해 보정되는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 모든 셀의 변조 신호의 합계는

$v_c^* + v_{nc}^* = N \cdot v^*$ 으로 정의되고, 사인파(sinusoidal)이며, 이는 전체 컨버터 전압(v_{inv})이 각 셀의 동작 모드 결정에 영향을 받지 않는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 동작 모드 결정부에서 각 셀의 동작 모드는 기준 전압과 비교하여 결정되고,

셀 전압이 기준 전압보다 낮으면 셀이 클램핑 모드에서 동작하여 캐패시터를 충전하고, 그렇지 않으면 비클램핑 모드에서 방전되도록 동작하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 동작 모드 결정은 제어 주기 t_{bal} 마다 수행되며, 여기서 기본 주기 t_f ($t_f = a \cdot t_{bal}$, a 는 정수)의 팩터(division)로 선택되고,

동작 모드 결정은 다른 제어 루프에 독립적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서, 컨버터가 정류(Rectifier) 모드로 동작하는 경우에는,

셀 전압($V_{dc,xH}$) > 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 비클램핑 모드,

셀 전압($V_{dc,xH}$) < 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 클램핑 모드로 동작 모드가 결정되고,

컨버터가 인버터(Inverting) 모드로 동작하는 경우에는,

셀 전압($V_{dc,xH}$) > 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 클램핑 모드,

셀 전압($V_{dc,xH}$) < 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 비클램핑 모드로 동작 모드가 결정되는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치.

청구항 12

전압 비교 분류부에서 입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에

따라 정렬하는 전압 비교 분류 단계;

셀 수 카운트부에서 기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트하는 셀 수 카운트 단계;

최대 카운트 결정부에서 사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 최대 카운트(N_M)를 결정하는 최대 카운트 결정 단계;

최대 카운트 결정 단계에서 결정된 최대 카운트(N_M)를 기준으로 셀 페어링부에서 셀 페어링을 하는 셀 페어링 단계;

페어링이 이루어지면 동작 모드 결정부에서 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정하는 동작 모드 결정 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 전압 비교 분류 단계에서 정렬된 출력 전압 배열을 2개의 전압씩 페어링되고,

가장 큰 전압과 가장 작은 전압을 갖는 셀이 페어링되고, 두 번째 큰 전압과 두 번째 작은 전압을 갖는 셀이 페어링되는 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 페어링된 전압 중 기준 전압보다 큰 전압, 작은 전압으로 구분하여 Clamped, Non-clamped 동작모드를 결정하고,

페어링되지 못한 셀은 연속 변조 모드로 동작하도록 하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서, 동작 모드 결정 단계에서 각 셀의 동작 모드는 기준 전압과 비교하여 결정되고,

셀 전압이 기준 전압보다 낮으면 셀이 클램핑 모드에서 동작하여 캐패시터를 충전하고, 그렇지 않으면 비클램핑 모드에서 방전되도록 동작하는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 동작 모드 결정은 제어 주기 t_{bal} 마다 수행되며, 여기서 기본 주기 t_f ($t_f = a \cdot t_{bal}$, a 는 정수)의 팩터(division)로 선택되고,

동작 모드 결정은 다른 제어 루프에 독립적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 컨버터가 정류(Rectifier) 모드로 동작하는 경우에는,

셀 전압($V_{dc,xH}$) > 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 비클램핑 모드,

셀 전압($V_{dc,xH}$) < 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 클램핑 모드로 동작 모드가 결정되고,

컨버터가 인버터(Inverting) 모드로 동작하는 경우에는,

셀 전압($V_{dc,xH}$) > 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 클램핑 모드,

셀 전압($V_{dc,xH}$) < 기준전압($V_{dc,H}^*$)인 경우에는 비클램핑 모드로 동작 모드가 결정되는 것을 특징으로 하는 모

들형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 모듈형 컨버터에 관한 것으로, 구체적으로 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하여 제어 가능범위 확장 및 제어 동특성 향상에 기여할 수 있도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 대체로 태양 발전소 및 다른 분산 발전(DG, distributed generation) 장비의 증가된 존재감으로 인해, 유틸리티 전력 네트워크 내의 중간 전압 배전 라인 상의 발전원의 혼합 및 전기 부하의 성질이 변화하고 있다.
- [0003] 이들 새 전력원은 매우 긍정적인 발전사항이지만, 이들은 배전 라인 상의 특정 위치에서 전기적 문제를 발생시킬 수 있으며, 이는, 종종 변전소로부터 멀리 떨어진, 배전 라인 상의 타겟 동적 전압 조정 해결책에 대한 유틸리티에 의한 필요를 증가시켜 왔다.
- [0004] 이와 같이, 운송의 전기화와 함께 분산 발전 시스템의 설치 증분으로, 전류 그리드 시스템은 지정된 한계 내에서 전압 프로파일을 유지하는 전력 흐름 제어 능력에 의해 도전받고 있다.
- [0005] 모듈형 컨버터에서 높은 신뢰성의 보장은 가장 취약한 구성 요소로 잘 알려진 전력 반도체 수의 증가로 인해 가장 어려운 과제 중 하나이다.
- [0006] 도 1은 계통연계형 모듈형 컨버터 구성도이고, 도 2는 모듈형 컨버터의 제어 블록도이다.
- [0007] 그리고 도 3은 종래 기술의 PI 제어루프 기반 전압 균형제어를 나타낸 구성도이다.
- [0008] 모듈형 컨버터는 다수의 기본 셀들이 직렬로 연결된 구조를 갖는 것으로, 대표적인 예로 CHB(Cascaded-H Bridge) 컨버터와 MMC(Modular Multilevel Converter)가 있다.
- [0009] 기본 셀들은 독립적인 직류단 커패시터를 가짐에 따라 셀간 직류단 전압 균형제어가 필수적으로 요구된다.
- [0010] 3가지 전력 단계를 갖춘 모듈형 스마트 변압기(ST)는 추가적인 유연한 전력 흐름 제어를 가능하게 하는 잠재적 솔루션이며, 잠재적으로 DC 그리드를 제공하고 그리드 강화 비용을 절감한다.
- [0011] ST 아키텍처는 MVAC-MVDC 단계를 위한 Cascaded-H Bridge(CHB) 컨버터와 MVDC-LVDC 단계를 위한 분리된 DC/DC 컨버터로 구성된다.
- [0012] 스마트 트랜스포머(ST)는 배전 그리드에 더 많은 유연성을 제공하는 것을 목표로 하는 고급 제어 및 통신 기능을 갖춘 솔리드 스테이트 트랜스포머이다.
- [0013] 그러나 ST는 전력 반도체의 수명이 제한되어 있기 때문에 높은 신뢰성과 수명 요구사항으로 인해 어려움을 겪고 있다.
- [0014] 이를 해결하기 위해, 전력 라우팅 개념은 모듈형 ST 아키텍처에 대해 제안되었다. 제어 관점에서 CHB 컨버터의 경우, 선형 변조 영역이 전력 라우팅 기능을 제한하기 때문에 PI 기반 전압 밸런싱 제어에 문제가 있다.
- [0015] 종래 기술의 균형제어 방법은 전통적인 비례-적분(PI) 제어 루프를 추가적으로 이용함에 따라 제어기의 설계가 복잡하고, 선형 변조영역에 따른 제한적 제어 가능 범위 및 제어 동특성 향상에 많은 제약이 있는 문제가 있다.
- [0016] 따라서, 다른 제어 루프(전압, 전류)와 유기적으로 설계되어야 하는 제어기 설계의 문제를 해결하고, 제어 가능 범위 및 제어 동특성 향상이 가능하도록 하는 새로운 전압 밸런싱에 관한 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2020-0048724호

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2016-0091875호

(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2019-0080624호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 종래 기술의 모듈형 컨버터 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하여 시스템 동작 범위를 효율적으로 확장시킬 수 있도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0019] 본 발명은 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하고 사용자가 임의로 정한 주기에 따라서 반복적으로 실행되도록 하여 복잡한 제어기 설계 문제를 해결하여 시스템 안정성을 향상시킬 수 있도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0020] 본 발명은 셀 간 직류단 리플 전압 차이 발생시에도 리플전압 균형 제어가 가능하도록 하여 향상된 정상상태특성을 갖도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0021] 본 발명은 균형에서 불균형 상태로 변화하는 시점에서 정상상태 도달까지의 과도응답을 대폭 개선하여 향상된 과도상태특성을 갖도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0022] 본 발명은 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하는 것에 의해 역률 변동에도 우수한 과도응답특성과 정상상태 응답특성을 갖도록 한 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 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

- [0024] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치는 입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에 따라 정렬하는 전압 비교 분류부; 기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트하는 셀 수 카운트부; 사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 최대 카운트(N_M)를 결정하는 최대 카운트 결정부; 최대 카운트 결정부에서 결정된 최대 카운트(N_M)를 기준으로 셀 페어링을 하는 셀 페어링부; 페어링이 이루어지면 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정하는 동작 모드 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법은 전압 비교 분류부에서 입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에 따라 정렬하는 전압 비교 분류 단계; 셀 수 카운트부에서 기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트하는 셀 수 카운트 단계; 최대 카운트 결정부에서 사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 최대 카운트(N_M)를 결정하는 최대 카운트 결정 단계; 최대 카운트 결정 단계에서 결정된 최대 카운트(N_M)를 기준으로 셀 페어링부에서 셀 페어링을 하는 셀 페어링 단계; 페어링이 이루어지면 동작 모드 결정부에서 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정하는 동작 모드 결정 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0026] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0027] 첫째, 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하여 시스템 동작 범위를 효율

적으로 확장시킬 수 있도록 한다.

- [0028] 둘째, 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하고 사용자가 임의로 정한 주기에 따라서 반복적으로 실행되도록 하여 복잡한 제어기 설계 문제를 해결하여 시스템 안정성을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0029] 셋째, 셀 간 직류단 리플 전압 차이 발생시에도 리플전압 균형 제어가 가능하도록 하여 향상된 정상상태특성을 갖도록 한다.
- [0030] 넷째, 균형에서 불균형 상태로 변화하는 시점에서 정상상태 도달까지의 과도응답을 대폭 개선하여 향상된 과도상태특성을 갖도록 한다.
- [0031] 다섯째, 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하는 것에 의해 역률 변동에 도 우수한 과도응답특성과 정상상태 응답특성을 갖도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 계통연계형 모듈형 컨버터 구성도
- 도 2는 모듈형 컨버터의 제어 블록도
- 도 3은 종래 기술의 PI 제어루프 기반 전압 균형제어를 나타낸 구성도
- 도 4는 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 기본 개념을 나타낸 구성도
- 도 5는 셀 수가 2개이고 t_{bal} 이 5ms인 경우, (a)셀 1 및 (b) 셀 2에 대한 변조 신호의 예를 나타낸 구성도
- 도 6a와 도 6b는 n개의 셀로 구성된 시스템에 적용을 위한 예시를 나타낸 구성도
- 도 7은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 구성 블록도
- 도 8은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 9는 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 제어 성능 비교 그래프
- 도 10은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 역률 변동에 따른 제어 성능 비교 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0034] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0035] 도 4는 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 기본 개념을 나타낸 구성도이다.
- [0036] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법은 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하여 제어 가능범위 확장 및 제어 동특성 향상에 기여할 수 있도록 한 것이다.
- [0037] 이를 위하여, 본 발명은 측정된 각 셀들의 직류단 전압과 지령전압은 분류 알고리즘(sorting algorithm)을 통하여 내림차순(descending order)으로 정렬된 전압 배열 출력을 하고, 지령전압을 기준으로 각 셀들의 동작 모드가 결정되는 구성을 포함한다.
- [0038] 본 발명은 분류 알고리즘을 통하여 출력 전압 배열을 2개의 전압씩 페어링을 하고, 가장 큰 전압과 가장 작은 전압을 갖는 셀이 페어링 되고, 두 번째 큰 전압과 두 번째 작은 전압을 갖는 셀이 페어링을 하는 형태를 갖도록 하는 구성을 포함한다.
- [0039] 그리고 페어링이 이루어진 전압 중 기준 전압보다 큰 전압, 작은 전압으로 구분하고, Clamped, Non-clamped 동작모드를 결정하고, 페어링을 이루지 못한 셀은 연속 변조 모드로 동작하도록 한다.

- [0040] 컨버터가 정류(Rectifier) 모드로 동작하는 경우에는,
- [0041] 셀 전압($V_{dc,xH}$) > 기준전압($V_{dc,H}^*$) : Non-clamped 모드
- [0042] 셀 전압($V_{dc,xH}$) < 기준전압($V_{dc,H}^*$) : Clamped 모드
- [0043] 컨버터가 인버터(Inverting) 모드로 동작하는 경우에는,
- [0044] 셀 전압($V_{dc,xH}$) > 기준전압($V_{dc,H}^*$) : Clamped 모드
- [0045] 셀 전압($V_{dc,xH}$) < 기준전압($V_{dc,H}^*$) : Non-clamped 모드
- [0046] 도 4를 참고하여 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 기본 개념을 설명하면 다음과 같다.
- [0047] 불연속 변조 체계는 3상 시스템에 채택된 이전 기술들에서 컨버터의 전압을 양의 직류단 전압 또는 음의 직류단 전압으로 클램핑하여 최대 전력 지점에서 전용 단계의 스위칭 프로세스를 비활성화함으로써 전력 변환 효율을 향상시키는 목적으로, 많이 검증되었다.
- [0048] 또한 변조 신호를 생성하기 위해 3차 고조파(시퀀스 제로)를 사용하기 때문에 고조파 간 상호 보상은 내부적으로 이루어지는 것으로, 직류단 전압 밸런싱 기능을 제공할 수 없다.
- [0049] 본 발명에서는 단상 CHB 컨버터에 적용할 수 있고 개별 셀에 의해 전달되는 전력 제어 능력을 가진 새로운 불연속 변조 체계가 제안된다.
- [0050] 전원 제어 기능은 1차 고조파를 사용하여 각 셀에 대한 변조 신호를 생성함으로써 달성되고, 이 능력은 다른 전력을 전달하는 셀의 직류단 전압이 제안된 방법에 의해 균형을 이룰 수 있음을 의미한다.
- [0051] 본 발명은 클램핑 모드(Clamped mode)와 비클램핑 모드(Non-clamped mode)의 두 가지 동작 모드를 사용한다.

수학식 1

$$v_c^* = \begin{cases} 1 & \text{if } v_g > 0 \\ -1 & \text{if } v_g < 0, \end{cases} \quad v_{nc}^* = N \cdot v^* - v_c^*$$

[0052]

- [0053] 여기서, v_c^* 는 클램프된 신호, v_{nc}^* 는 클램프되지 않은 신호, v^* 는 전류 제어기(current controller)의 레퍼런스, N은 전체 셀 수이다.
- [0054] 변조 인덱스(modulation index)의 선형 영역은 -1에서 1 사이 이다. 클램프된 신호의 출력은 그리드 전압 방향에 따라 결정된다.
- [0055] 또한 방정식에서 볼 수 있듯이 클램프된 신호는 클램프되지 않은 신호에 의해 보정된다. 따라서, 모든 셀의 변조 신호의 합계는 수학식 2에서와 같이 사인파(sinusoidal)이며, 이는 전체 컨버터 전압(v_{inv})이 본 발명에서 제안한 방법에 의해 영향을 받지 않음을 의미한다.

수학식 2

$$v_c^* + v_{nc}^* = N \cdot v^*$$

[0056]

- [0057] 각 셀의 동작 모드는 분류 알고리즘(sorting algorithm)에 의해 결정된다.
- [0058] 동작 원리는 도 4에서와 같다.

- [0059] 측정된 셀 전압 $V_{dc,xH}$ 및 기준 셀 전압 $V_{dc,H}^*$ 은 분류 알고리즘의 입력으로 사용되며, 입력이 내림차순(descending order)으로 정렬되어 출력된다.
- [0060] 마지막으로, 각 셀의 동작 모드는 기준 전압과 비교하여 결정된다.
- [0061] 즉, 셀 전압이 기준 전압보다 낮으면 셀이 클램핑 모드에서 동작하여 캐패시터를 충전하고, 그렇지 않으면 비클램핑 모드에서 방전되도록 동작한다.
- [0062] 도 4의 알고리즘은 제어 주기 t_{bal} 마다 수행되며, 여기서 기본 주기 t_f ($t_f = a \cdot t_{bal}$, a 는 정수)의 팩터(division)로 선택된다.
- [0063] 주목할 만한 점은 본 발명에서 제안된 방법이 기존의 방법과 달리 제어구간 측면에서 다른 제어 루프에 독립적이라는 점이다. 이는 더 빠른 동적 응답을 달성할 수 있도록 하는 본 발명에서 제안된 방법의 주요 특징이다.
- [0064] 도 5는 셀 수가 2개이고 t_{bal} 이 5ms인 경우, (a)셀 1 및 (b) 셀 2에 대한 변조 신호의 예를 나타낸 구성도이다.
- [0065] 도 5에서와 같이, CHB 컨버터에 두 개의 셀이 있고 제어주기 t_{bal} 이 5 msec($t_f=20$, $a=4$)일 때, 실선은 제안된 방법을 제시하고 점선은 사인법(sinusoidal method)일 때 간단한 경우를 보여준다.
- [0066] 여기서, 제어 주기 t_{bal} 은 실제 구현에 더 빨리 설계되어야 하며, 제어 주기가 빨라지면 동적 응답 속도가 빨라지는 특징을 갖는다.
- [0067] 일 예로, 도 5에서와 같이 각 셀의 동작 모드가 결정되며, 이 예에서는 제어 주기가 5 msec이므로 20 msec 동안 모드가 4번 변경된다. 따라서 알고리즘은 4개의 영역으로 설명되며 각 제어주기에 대한 분류 알고리즘의 출력은 다음과 같이 가정될 수 있다.
- [0068] 영역 I: $V_{dc,2H} > V_{dc,H}^* > V_{dc,1H}$
- [0069] 영역 II: $V_{dc,1H} > V_{dc,H}^* > V_{dc,2H}$
- [0070] 영역 III: $V_{dc,1H} > V_{dc,2H} > V_{dc,H}^*$
- [0071] 영역 IV: $V_{dc,H}^* > V_{dc,2H} > V_{dc,1H}$
- [0072] 영역 I에서 셀 2 전압이 기준 전압보다 크고 셀 1 전압이 기준 전압보다 낮다. 따라서, 셀 1은 충전을 위해 클램핑 모드로 동작하는 반면, 기준 전압보다 낮은 전압을 가진 셀 2는 비클램핑 모드로 동작하여 방전을 한다.
- [0073] 영역 II는 영역 I과 정반대의 상황을 보여준다. 즉, 셀 1은 비클램핑 모드이고 셀 2는 클램핑 모드이다.
- [0074] 영역 III에서 두 셀 전압은 기준 전압보다 크고, 두 셀 전압은 영역 IV에서의 기준 전압보다 낮다.
- [0075] 이 경우 다른 셀보다 전압이 낮은 셀은 클램프된 신호로 변조되는 반면, 전압이 높은 셀은 수학식 2에서 언급한 대로 사용된 1차 고조파를 보상하기 위해 비클램핑 모드에서 동작한다.
- [0076] 따라서, 셀 1은 비클램핑 모드이고 셀 2는 영역 III에 대해 클램핑 모드인 반면 셀 1은 클램핑 모드, 셀 2는 영역 IV에 대해 비클램핑 모드이다.
- [0077] 도 5a와 도 5b의 예에 기초하여, 본 발명에서 제안된 방법은 더 많은 수의 셀에 대해 쉽게 일반화될 수 있다.
- [0078] 가장 중요한 규칙은, 셀이 수학식 2의 요구 조건을 만족시키기 위해 쌍을 만들어야 한다는 것이다.
- [0079] 즉, 클램프된 셀의 수와 클램프되지 않은 셀의 수가 동일해야 한다.
- [0080] 도 6a와 도 6b는 n개의 셀로 구성된 시스템에 적용을 위한 예시를 나타낸 것으로, 네 개의 셀이 있는 포괄적인 시나리오를 고려하여 일반화된 구현을 보여준다.
- [0081] 기준 전압이 셀 전압의 중간에 위치하는 첫 세 시나리오에서 보듯이, 기준 전압보다 높은 전압을 가진 셀은 기

준 전압보다 낮은 전압을 가진 셀과 쌍을 이루어 페어링된다.

- [0082] 그런 다음 더 높은 전압 셀은 클램프되지 않은 모드로 동작하는 반면, 더 낮은 전압 셀은 클램프된 모드로 동작한다.
- [0083] 마지막으로, 쌍을 이루지 않은 나머지 셀(두 번째와 세 번째 경우에만)은 사인변조(sinusoidal modulation)를 사용하여 동작된다.
- [0084] 반면, 기준 전압이 가장 크거나 낮을 때 네 번째와 다섯 번째 경우가 존재한다.
- [0085] 이러한 경우 모든 셀은 다음 규칙에 따라 가능한 한 많은 쌍을 만든다.
- [0086] 가장 높은 셀 전압은 가장 낮은 셀 전압과 쌍을 이루어 페어링되며, 두 번째로 낮은 셀 전압과 같은 두 번째로 높은 셀 전압과 쌍을 이루어 페어링된다.
- [0087] 마찬가지로 사인과 변조는 남아 있는 셀에 적용된다.
- [0088] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0089] 도 7은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 구성 블록도이다.
- [0090] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치는 도 7에서와 같이, 입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에 따라 정렬하는 전압 비교 분류부(10)와, 기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트하는 셀 수 카운트부(20)와, 사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 두 가지 경우를 고려하여 최대 카운트(N_M)를 결정하는 최대 카운트 결정부(30)와, $N_H \neq 0$ and $N_L \neq 0$ 인 제 1 케이스 및 $N_H = 0$ or $N_L = 0$ 인 제 2 케이스를 구분하여 셀 페어링을 하는 셀 페어링부(40)와, 페어링이 이루어지면 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정하는 동작 모드 결정부(50)를 포함한다.
- [0091] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0092] 도 8은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0093] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법은 먼저, 전압 비교 분류부(10)에서 입력되는 측정된 전압과 기준 전압을 내림차순(descending order)으로 분류 알고리즘에 따라 정렬한다.(S801)
- [0094] 이어, 셀 수 카운트부(20)에서 기준 전압 $V_{dc,H}^*$ 보다 높은 전압을 갖는 셀의 수(N_H)와 $V_{dc,H}^*$ 보다 낮은 전압을 갖는 셀의 수(N_L)를 카운트한다.(802)
- [0095] 그리고 최대 카운트 결정부(30)에서 사용 가능한 쌍의 수를 찾기 위해 두 가지 경우를 고려하여 최대 카운트(N_M)를 결정한다.(S603)
- [0096] 예를 들어, 셀 페어링부(40)에서 $N_H \neq 0$ and $N_L \neq 0$ 인 제 1 케이스는,
- [0097] $N_M = N_L$ if $N_H > N_L$, $N_M = N_H$ if $N_H < N_L$, $N_M = N_H$ or N_L if $N_H = N_L$ 으로 N_M 쌍을 페어링을 하고,
- [0098] $N_H = 0$ or $N_L = 0$ 인 제 2 케이스의 경우에는,
- [0099] $N_M = N_L$ if $N_H = 0$, $N_M = N_H$ if $N_L = 0$ 으로 $N_M/2$ 쌍을 페어링을 한다.(S804)
- [0100] 이어, 페어링이 이루어지면 동작 모드 결정부(50)에서 각 셀의 동작 모드를 규칙에 따라 결정한다.(S805)
- [0101] 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 방법에서 동작 모드의 결정은 사용자가 임의로 정한 주기에 따라서 반복적으로 실행된다.
- [0102] 이와 같은 직류단 전압 균형 제어는 모듈형 컨버터에 필수적으로 요구되는 기술로 모듈형 컨버터가 사용되는 다양한 분야에 적용이 가능하다.

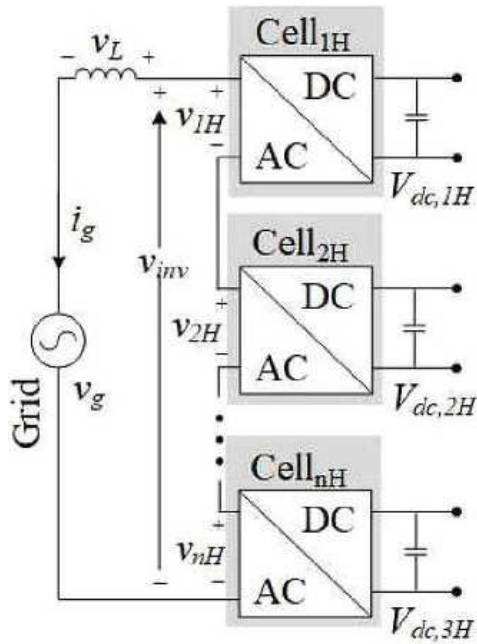
- [0103] 본 발명은 직류단 전압 균형제어 가능 범위 확장이 가능하도록 하여 적용되는 시스템 동작 범위를 확장할 수 있도록 하고, 제어기 설계가 불필요하여 시스템 안정성을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0104] 도 9는 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 제어 성능 비교 그래프이다.
- [0105] 도 9는 제어 성능을 비교한 것으로, (a)기존 방법, (b)본 발명에 따른 제어 방법(역률=1)을 나타낸 것이다.
- [0106] 셀 간 직류단 전압 불균형 발생 전(0.5초 이전)에는 기존 방법과 본 발명에 따른 제어 방법이 유사한 성능을 보인다.
- [0107] 정상 상태 특성에서는, 셀 간 직류단 전압 불균형 발생 후(0.5초 이후) 본 발명에 따른 제어 방법이 우수한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0108] 기존 기법의 경우 셀 간 직류단 리플 전압에 차이 발생하는데, 본 발명에 따른 제어 방법에서는 리플전압 균형 제어가 가능하다.
- [0109] 그리고 과도 상태 특성에서는, 균형에서 불균형 상태로 변화하는 0.5초 시점에서 기존의 기법은 정상상태 도달까지 과도 응답시간이 필요하다. 이에 비하여, 본 발명에 따른 제어 방법의 경우 과도응답을 대폭 개선시키는 것을 알 수 있다.
- [0110] 도 10은 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치의 역률 변동에 따른 제어 성능 비교 그래프이다.
- [0111] 도 10은 역률 변동에 따른 제안한 기법 제어 성능을 나타낸 것으로, (a)역률 0.8, (b)역률 0.6인 경우를 나타낸 것으로, 역률 변동에도 본 발명에 따른 제어 방법에서 우수한 과도 응답 특성과 정상 상태 응답 특성을 나타낸다.
- [0112] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 모듈형 컨버터의 직류단 전압 균형제어를 위한 장치 및 방법은 불연속(Discontinuous) 변조 신호를 기반으로 직류단 전압 균형제어를 수행하여 시스템 동작 범위를 효율적으로 확장시킬 수 있도록 하고, 사용자가 임의로 정한 주기에 따라서 반복적으로 실행되도록 하여 복잡한 제어기 설계 문제를 해결하여 시스템 안정성을 향상시킬 수 있도록 한 것이다.
- [0113] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0114] 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

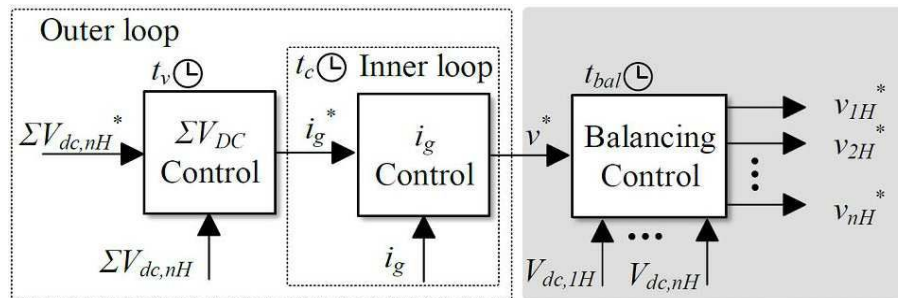
- [0115] 10. 전압 비교 분류부
20. 셀 수 카운트부
30. 최대 카운트 결정부
40. 셀 페어링부
50. 동작 모드 결정부

도면

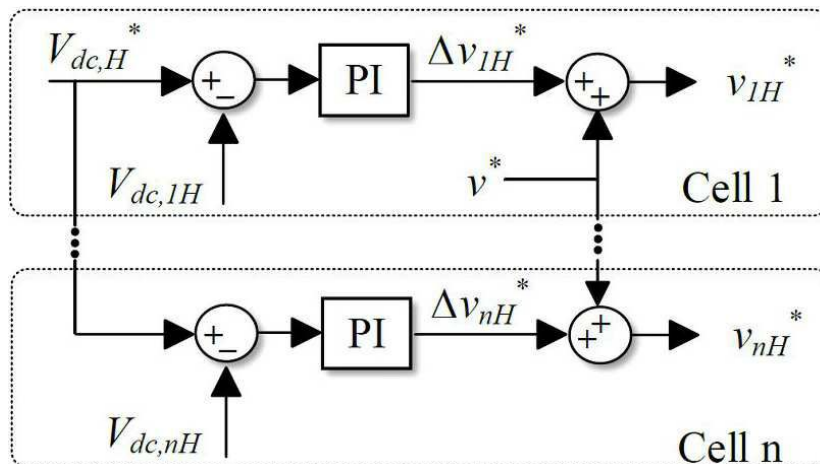
도면1



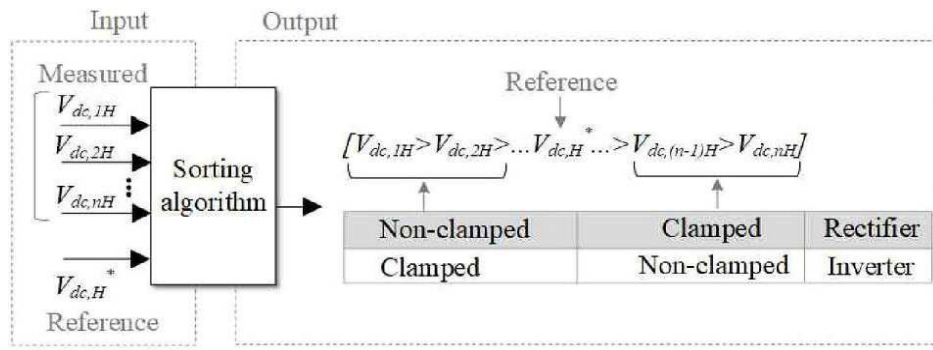
도면2



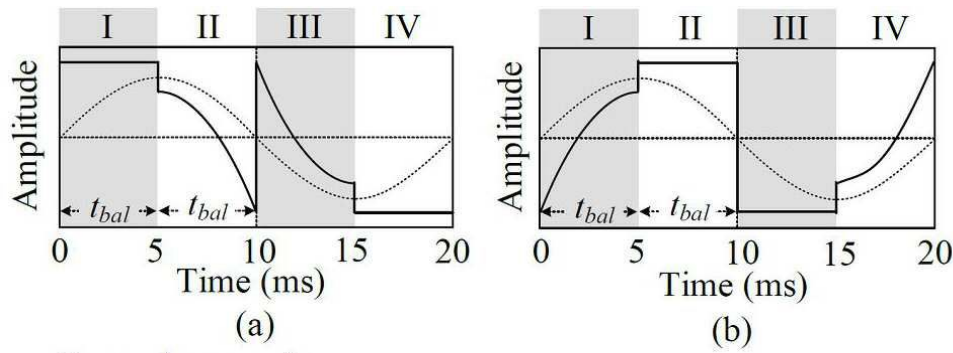
도면3



도면4



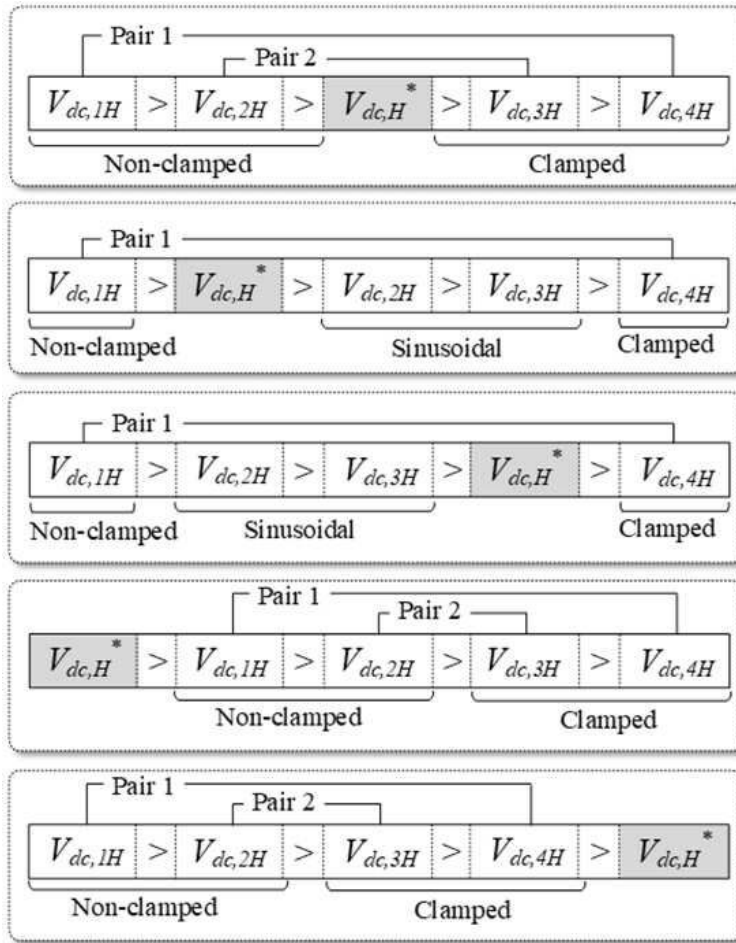
도면5



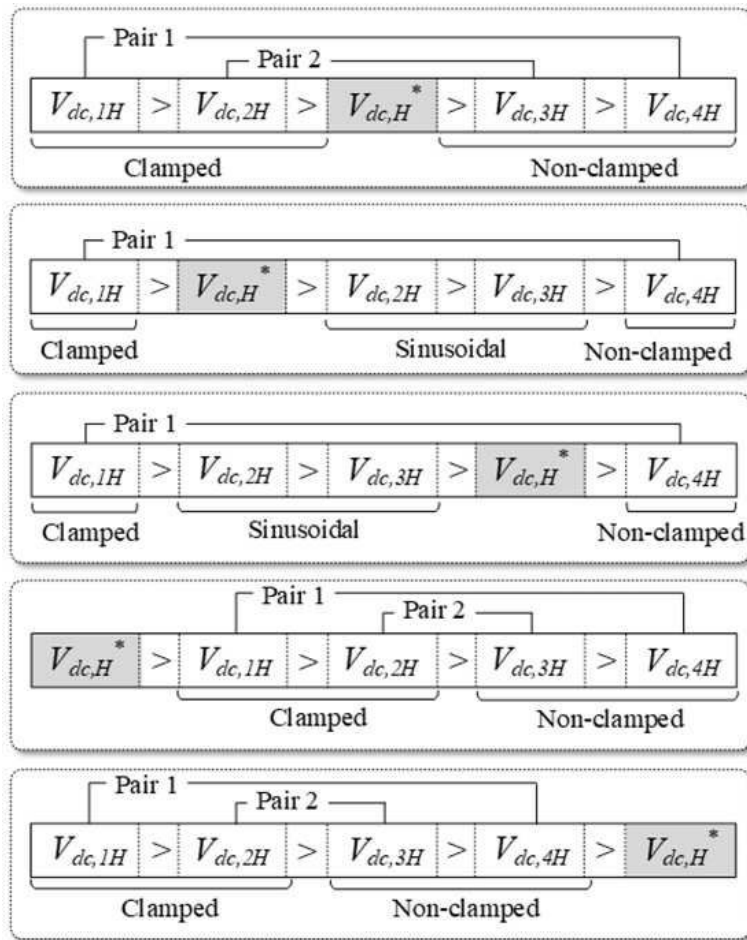
Example scenario

Region I : $V_{dc,2H} > V_{dc,H}^* > V_{dc,1H}$ Region III: $V_{dc,1H} > V_{dc,2H} > V_{dc,H}^*$	Region II : $V_{dc,1H} > V_{dc,H}^* > V_{dc,2H}$ Region IV: $V_{dc,H}^* > V_{dc,2H} > V_{dc,1H}$
--	--

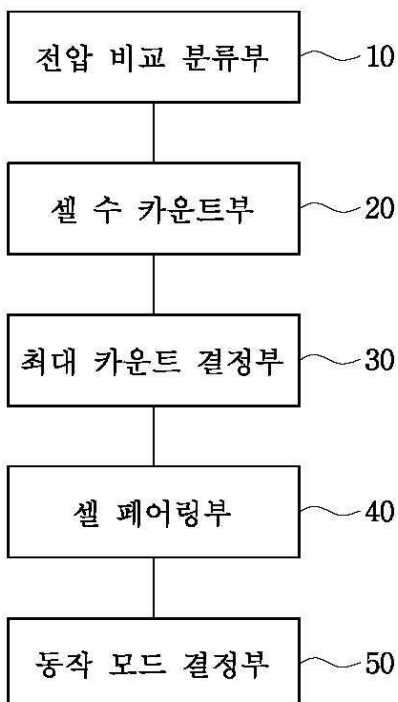
도면6a



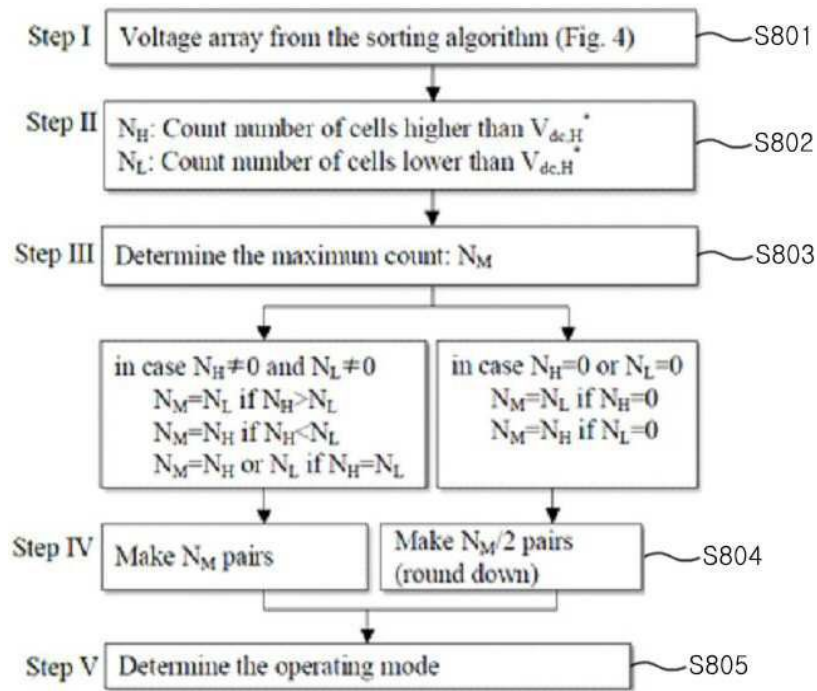
도면6b



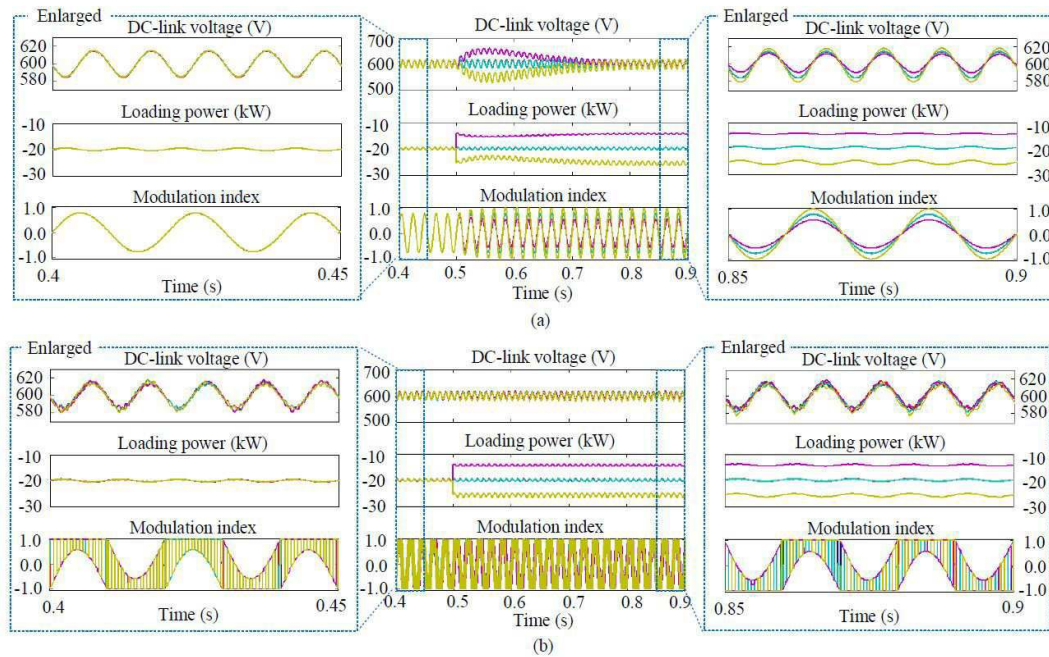
도면7



도면8



도면9



도면10

