(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0043505
(43) 공개일자 2023년03월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 7/493 (2007.01) *H02M 1/00* (2007.01)
(52) CPC특허분류
H02M 7/493 (2021.05)
H02M 1/008 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2021-0126480
(22) 출원일자 2021년09월24일
심사청구일자 2021년09월24일

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

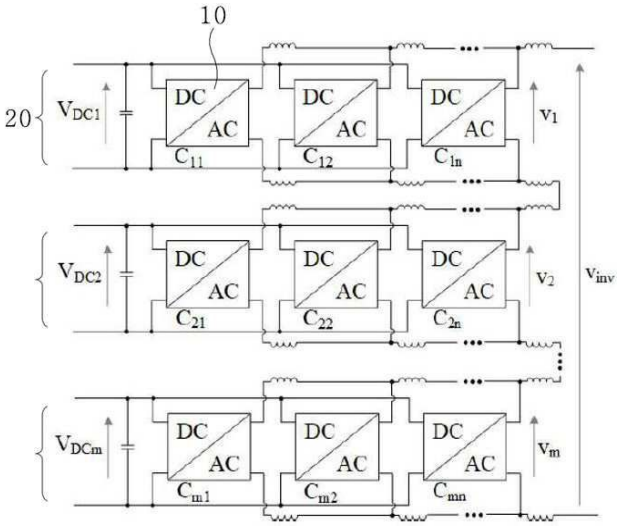
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터**

(57) 요 약

본 발명은 직렬구조와 병렬구조의 장점을 모두 갖도록 모듈형 컨버터를 구성하고, 멀티레벨의 AC 출력으로 높은 전력 품질을 갖도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터에 관한 것으로, DC-AC 셀들;n개의 DC-AC 셀들이 DC 측과 AC측 모두 병렬로 연결되어 각각 공통 DC 포트(V_{DCx})와 AC 포트(v_x)를 형성하여 단위 DC-AC 컨버터 모듈;을 구성하고, m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성하고, 각각의 DC-AC 셀의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀에 연결되어, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의되는 것이다.

대 표 도 - 도1a



명 세 서

청구범위

청구항 1

DC-AC 셀들;

n개의 DC-AC 셀들이 DC측과 AC측 모두 병렬로 연결되어 각각 공통 DC 포트(V_{DCx})와 AC 포트(v_x)를 형성하여 단위 DC-AC 컨버터 모듈;을 구성하고,

m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성하고,

각각의 DC-AC 셀의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀에 연결되어, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 모든 DC-AC 컨버터 모듈의 AC 포트(v_x)를 직렬로 연결하여 컨버터의 총 AC 전압 v_{inv}(즉, $v_1+v_2+...+V_m=v_{inv}$)이 되고, 모든 DC-AC 컨버터 모듈의 DC 포트(V_{DCx})는 격리되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 3

제 1 항에 있어서, n개 DC-AC 셀의 DC측 병렬, AC측 병렬 구조를 갖는 단위 DC-AC 컨버터 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 DC-AC 모듈의 DC측 독립(isolated), AC측 직렬 구조로 구성하여 m개의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여,

정격전압과 정격전류 설계를 하는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 4

DC-AC 셀들;

n개의 DC-AC 셀들이 AC 측은 병렬로 연결되고 DC 측은 분리되어 공통 AC 포트(v_x)를 제공하는 각각의 격리된 DC 포트(V_{DCij})(i=1,2,..,n, j=1,2,..,m)를 갖는 단위 DC-AC 컨버터 모듈;을 구성하고,

m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성하고,

각각의 DC-AC 셀의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀에 연결되어, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 5

제 4 항에 있어서, n개의 DC-AC 셀의 DC측 독립, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립, AC측 직렬 구조로 구성하여 m*n개의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여,

정격전압과 정격전류 설계를 하는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 6

제 1 항 또는 제 4항에 있어서, SPWM 기반의 위상 시프트 멀티캐리어 특성에서,

모든 캐리어의 주파수와 크기는 동일하고, 인접한 carrier 간 위상차는

$\Phi_{cr} = 360^\circ/(2nm)$ 으로 정의되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 7

제 1 항 또는 제 4항에 있어서, SPWM 기반의 레벨 시프트 멀티캐리어 특성에서,

모든 carrier의 주파수와 크기는 동일하고 캐리어간 다른 오프셋을 갖고, 캐리어의 크기는,

$V_{cr} = 1/(nm)$ 으로 결정되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 8

제 1 항 또는 제 4항에 있어서, DC-AC 멀티레벨 컨버터는 멀티레벨 AC 전압을 출력하고,

멀티레벨 AC 전압의 레벨(s)은 DC-AC 셀의 갯수에 따라

$s = 2nm + 1$ 으로 결정되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 9

제 1 항 또는 제 4항에 있어서, DC-AC 멀티레벨 컨버터는 멀티레벨 AC 전압을 출력하고,

멀티레벨 AC 전압의 최대 크기전압은 $|v_{inv}| = m V_{DCx}$ 으로, m과 셀 직류단 전압 V_{DCx}에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 10

제 1 항 또는 제 4항에 있어서, DC-AC 멀티레벨 컨버터는 멀티레벨 AC 전압을 출력하고,

멀티레벨 AC전압의 고조파 스펙트럼에 보인 첫 번째 고조파 그룹이 $18m_f$ 고조파와 sidebands 형태로 나타나고,

$m_f = f_{cr}/f_m$ 으로 정의되어,

멀티레벨 AC전압의 스위칭 주파수 f_{inv}는 셀의 갯수에 따라 $f_{inv} = 2mnf_{cr}$ 으로 결정되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

청구항 11

제 1 항 또는 제 4항에 있어서, DC-AC 셀 전력 개별 제어 및 비활성화(deactivation) 제어에서,

비활성화 셀 최대 갯수 D는 $D = m(n-1)$ 으로 정의되는 것을 특징으로 하는 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 멀티레벨 컨버터에 관한 것으로, 구체적으로 직렬구조와 병렬구조의 장점을 모두 갖도록 모듈형 컨버터를 구성하고, 멀티레벨의 AC 출력으로 높은 전력 품질을 갖도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 화석연료의 사용으로 인한 환경오염과, 화석연료의 고갈이 세계적인 주목을 받고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 태양, 풍력, 연료전지, 바이오매스 등의 신재생에너지원을 이용한 에너지 발전뿐 아니라 전기 자동차 등 에너지 소비 관점에서도 전기화(electrification)를 통한 전기 에너지 사용이 해결책으로 부각되고 있다.

[0003] 또한, 이러한 에너지 패러다임 변화에 따라 기존 송, 배전 시스템도 마이크로그리드 또는 스마트그리드 등 새로

운 형태로 변화를 도모하고 있다.

[0004] 위에서 언급한 신재생에너지 발전 및 소비 에너지의 전기화, 미래 송, 배전 시스템에는 전력전자 기반의 전력변환장치가 필수적으로 적용되고 있다.

[0005] 또한, 증가하는 전기에너지 사용에 따른 전력변환장치의 대용량화 추세에 있다.

[0006] 전력변환장치의 대용량화를 위해 모듈형 구조를 갖는 컨버터가 고려되고 있다.

[0007] 전력변환장치의 대용량화 및 직류 발전 및 부하 연계를 위한 대표적인 모듈형 컨버터에는 CHB(Cascaded H-Bridge) 구조가 있다. 이 구조는 다수개의 H-Bridge 셀로 구성되어 있으며, ac측은 직렬연결되어 하나의 공통된 ac 단자을 갖고, 다수개의 독립된 dc 단자를 갖는다.

[0008] 하지만 모듈의 직렬연결을 통하여 정격전압 설계에는 유연함을 갖지만 정격전류 설계에는 많은 제약이 존재한다.

[0009] 또한, 제약적인 셀 간 전력 불균형 제어 성능으로 인하여 직류 발전 및 부하 연계 동작의 효율성이 크게 저하된다. 이는 하나 또는 소수의 셀에 고장이 발생 되었을 경우 전체 전력변환장치의 동작이 불가능해 지기 때문에 전체 시스템의 신뢰성과도 연관된다.

[0010] 따라서, 유연한 정격전압과 정격전류의 컨버터 설계를 제공함과 동시에, 높은 정격전압과 정격전류를 갖는 대용량 DC-AC 전력변환기에 적용하기 위한 새로운 모듈형 구조 컨버터에 관한 기술 개발이 요구되고 있다.

[0011] 또한, 효율적인 직류 발전 및 부하 연계를 위해 모듈형 구조를 구성하는 셀들의 독립적인 전력제어 성능이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허번호 제10-1465973호

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허번호 제10-2020-0056270호

(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허번호 제10-2016-0002967호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 종래 기술의 멀티레벨 컨버터 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 직렬구조와 병렬구조의 장점을 모두 갖도록 모듈형 컨버터를 구성하고, 멀티레벨의 AC 출력으로 높은 전력 품질을 갖도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 본 발명은 태양광 발전, 배터리 에너지 저장장치, 전기차 충전기 등 모듈 간 실시간 전력이 불균형 하여 개별 제어가 필요한 분야에 적용이 가능하도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 본 발명은 다수개의 독립된 DC측을 갖고 개별 제어 및 셀 비활성화(deactivation)가 가능하도록 하고, 멀티레벨 AC 출력으로 높은 전력품질을 제공할 수 있도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0016] 본 발명은 n개 셀의 DC측 병렬, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립(isolated), AC측 직렬 구조로 구성하여 m개(모듈의 갯수)의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0017] 본 발명은 n개의 셀의 DC측 독립, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립, AC측 직렬 구조로 구성하여 m*n개(셀의 갯수)의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0018] 본 발명은 모듈 레벨에서 병렬 AC, 컨버터 레벨에서 직렬 AC으로 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하도록 하여 대전력 시스템의 현실화에 기여할 수 있도록 한 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0019] 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

[0020] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 DC-AC 셀들;n개의 DC-AC 셀들이 DC측과 AC측 모두 병렬로 연결되어 각각 공통 DC 포트(V_{DCx})와 AC 포트(v_x)를 형성하여 단위 DC-AC 컨버터 모듈;을 구성하고, m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성하고, 각각의 DC-AC 셀의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀에 연결되어, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 DC-AC 셀들;n개의 DC-AC 셀들이 AC 측은 병렬로 연결되고 DC 측은 분리되어 공통 AC 포트(v_x)를 제공하는 각각의 격리된 DC 포트(V_{DCij})(i=1,2,..,n, j=1,2,..,m)를 갖는 단위 DC-AC 컨버터 모듈;을 구성하고, m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성하고, 각각의 DC-AC 셀의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀에 연결되어, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0022] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 다음과 같은 효과가 있다.

[0023] 첫째, 직렬구조와 병렬구조의 장점을 모두 갖도록 모듈형 컨버터를 구성하고, 멀티레벨의 AC 출력으로 높은 전력 품질을 갖도록 한다.

[0024] 둘째, 태양광 발전, 배터리 에너지 저장장치, 전기차 충전기 등 모듈 간 실시간 전력이 불균형 하여 개별 제어가 필요한 분야에 적용이 가능하다.

[0025] 셋째, 다수개의 독립된 DC측을 갖고 개별 제어 및 셀 비활성화(deactivation)가 가능하도록 하고, 멀티레벨 AC 출력으로 높은 전력품질을 제공할 수 있도록 한다.

[0026] 넷째, n개 셀의 DC측 병렬, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립(isolated), AC측 직렬 구조로 구성하여 m개(모듈의 갯수)의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하다.

[0027] 다섯째, n개의 셀의 DC측 독립, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립, AC측 직렬 구조로 구성하여 m*n개(셀의 갯수)의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하다.

[0028] 여섯째, 모듈 레벨에서 병렬 AC, 컨버터 레벨에서 직렬 AC으로 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하도록 하여 대전력 시스템의 현실화에 기여할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1a와 도 1b는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터 구성도

도 2a와 도 2b는 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터 구성도

도 3은 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터의 위상 시프트 멀티캐리어 특성 그래프

도 4는 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터의 레벨 시프트 멀티캐리어 특성 그래프

도 5는 멀티레벨 AC 출력(상)과 고조파 스펙트럼(하) 구성도

도 6은 1개의 셀이 비활성화인 경우의 멀티레벨 AC전압(상) 및 셀 전력(하) 그래프

도 7은 6개의 셀이 비활성화인 경우의 멀티레벨 AC전압(상) 및 셀 전력(하) 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0031] 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[0032] 도 1a와 도 1b는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터 구성도이다.

[0033] 신재생 에너지를 이용한 분산발전 시스템 증가 및 배터리, 전기자동차 등 새로운 직류 부하의 사용량 증가는 기존 전력 시스템의 에너지 운영 및 관리 능력 한계로 인하여 마이크로그리드 혹은 스마트 그리드 개념이 등장하고 있다.

[0034] 이에 따라 컨버터(전력변환기) 또한 대용량화 추세에 있으며, 모듈형 구조의 컨버터는 대용량 시스템 현실화에 있어 반드시 필요한 기술이다.

[0035] 모듈형 컨버터란 다수의 기본 셀이 직/병렬 연결되어 구성된 하나의 컨버터 시스템이다.

[0036] 기본적인 모듈형 컨버터는 아래와 같이 4종류로 구분할 수 있다.

[0037] 병렬 모듈형 구조의 컨버터는, 다수의 모듈들의 입출력이 병렬로 연결되는 것으로, 높은 정격전류를 갖는 시스템에 적용에 유리하고, 모듈 전력의 개별 제어 및 모듈 비활성화(deactivation)가 가능하다.

[0038] 직렬 모듈형 구조의 컨버터는, 다수의 모듈들의 입출력이 직렬로 연결되는 것으로, 높은 정격전압을 갖는 시스템 적용에 유리하고, 모듈 전력의 개별 제어 및 모듈 비활성화(deactivation) 매우 제한적이다.

[0039] 병렬입력/직렬출력 모듈형 구조의 컨버터는, 다수의 모듈들의 입력은 병렬, 출력은 직렬로 연결되는 것으로, 입력은 높은 정격전류, 출력은 높은 정격전압을 갖는 시스템 적용에 유리하다.

[0040] 직렬입력/병렬출력 모듈형 구조의 컨버터는, 다수의 모듈들의 입력은 직렬, 출력은 병렬로 연결되는 것으로, 입력은 높은 정격전압, 출력은 높은 정격전류를 갖는 시스템 적용에 유리하다.

[0041] 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 직렬구조와 병렬구조의 장점을 모두 갖도록 모듈형 컨버터를 구성하고, 멀티레벨의 AC 출력으로 높은 전력 품질을 갖도록 한 것이다.

[0042] 이를 위하여, 본 발명은 n개 셀의 DC측 병렬, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립(isolated), AC측 직렬 구조로 구성하여 m개(모듈의 갯수)의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0043] 본 발명은 n개의 셀의 DC측 독립, AC측 병렬 구조를 갖는 모듈을 사용하여 컨버터를 m개의 모듈의 DC측 독립, AC측 직렬 구조로 구성하여 m*n개(셀의 갯수)의 독립된 DC와 하나의 AC를 갖도록 하여 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0044] 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 도 1a 및 도 1b에서와 같이, DC-AC 셀(10)들과, n개의 DC-AC 셀(10)들이 DC측과 AC측 모두 병렬로 연결되어 각각 공통 DC 포트(V_{DCx})와 AC 포트(v_x)를 형성하여 단위 DC-AC 컨버터 모듈(20)을 구성하고, m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈(20)들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성한다.

[0045] 여기서, 도 1a 및 도 1b에서와 같이, 각각의 DC-AC 셀(10)의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀(10)에 연결된다.

[0046] 즉, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀(10)의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의된다.

[0047] 그런 다음 모든 DC-AC 컨버터 모듈(20)의 AC 포트(v_x)를 직렬로 연결하여 컨버터의 총 AC 전압 v_{inv}(즉, $v_1+v_2+...+V_m=v_{inv}$)이 되고, 모든 DC-AC 컨버터 모듈(20)의 DC 포트(V_{DCx})는 격리된다.

[0048] 결과적으로, 이 구조는 회로를 구성하는 단위 DC-AC 컨버터 모듈(20) 수와 동일한 숫자의 다중 DC 포트와 공통 AC 포트를 제공한다.

[0049] 도 2a와 도 2b는 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터 구성도이다.

[0050] 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 DC-AC 셀(11)들과, n개의 DC-AC 셀(10)들이 AC 측은 병렬로 연결되고 DC 측은 분리되어 공통 AC 포트(v_x)를 제공하는 각각의 격리된 DC 포트(V_{DCij})(i=1,2,..,n, j=1,2,..,m)를 갖는 단위 DC-AC 컨버터 모듈(21)을 구성하고, m개의 단위 DC-AC 컨버터 모듈(21)들이 연결되어 DC-AC 멀티레벨 컨버터를 구성한다.

[0051] 도 2a와 도 2b에서와 같이, 각각의 DC-AC 셀(11)의 일측 또는 양측 출력 노드에 인덕터가 대응하여 구성되어 다음단의 DC-AC 셀(11)에 연결된다.

[0052] 즉, 병렬로 연결된 각각의 DC-AC 셀(11)의 AC 측면이 인덕터에 의해 상호 연결되고 병렬로 연결된 셀 세트가 모듈 Mx로 정의된다.

[0053] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 DC-AC 셀 레벨의 병렬 연결과 단위 DC-AC 컨버터 모듈 레벨의 직렬 연결에 의해 구조화된다.

[0054] 따라서, 병렬 연결은 정격 전류에 대한 설계 자유도를 허용하는 반면 정격 전압은 계단식 모듈의 수를 고려하여 설계될 수 있다.

[0055] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 모듈 레벨에서 병렬 AC, 컨버터 레벨에서 직렬 AC으로 높은 정격전압과 정격전류 설계에 유리하여 대전력 시스템의 현실화에 기여할 수 있다.

[0056] 독립 DC측에 연결된 독립적인 전원/부하의 전력을 개별적 제어 가능하고, 특히, 차세대 모듈형 전력변환기에 필수적으로 요구되는 셀 비활성화가 가능한 구조이다.

[0057] 직렬 구조와 병렬구조의 장점을 모두 갖고, 멀티레벨 AC 출력으로 높은 전력 품질(낮은 Total Harmonics Distortion, THD)의 효과를 갖는다.

[0058] 셀의 구조는 half-bridge, full-bridge, Neutral Point Clamped(NPC), Active Neutral Point Clmaped(ANPC) 등 다양한 DC-AC 컨버터 적용 가능하다.

[0059] 본 발명의 제 1 실시 예(partly isolated DC ports) 및 제 2 실시 예(fully isolated DC ports) 두 개의 구조 모두 다중 삼각파 비교법(multicarrier sinusoidal pulse width modulation)을 이용한 변조 기법 적용한 구동을 한다.

[0060] 도 3은 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터의 위상 시프트 멀티캐리어 특성 그래프이다.

[0061] SPWM 기반의 위상 시프트 멀티캐리어 특성은 다음과 같다.

[0062] 도 3은 n*m=4인 경우의 위상 시프트 멀티캐리어(Phase-shifted multicarrier)를 나타낸 것이고, 모든 캐리어의 주파수와 크기는 동일하지만 캐리어간 위상차가 존재한다.

[0063] 인접한 carrier 간 위상차는 수학식 1에서와 같다.

수학식 1

[0064] $$\Phi_{cr} = 360^{\circ} / (2nm)$$

[0065] 도 4는 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터의 레벨 시프트 멀티캐리어 특성 그래프이다.

[0066] SPWM 기반의 레벨 시프트 멀티캐리어 특성은 다음과 같다.

[0067] 도 4는 n*m=4인 경우의 레벨 시프트 멀티캐리어(Level-shifted multicarrier)를 나타낸 것이고, 모든 carrier의 주파수와 크기는 동일하지만 캐리어간 다른 오프셋을 갖는다.

[0068] 캐리어의 크기는 수학식 2에서와 같이 결정된다.

수학식 2

[0069] $$V_{cr} = 1/(nm)$$

[0070] 도 4는 In-phase disposition의 경우만 나타낸 것으로, Alternative phase opposite disposition, Phase opposite disposition 등 이 적용될 수 있다.

[0071] 도 5는 멀티레벨 AC 출력(상)과 고조파 스펙트럼(하) 구성도이다.

[0072] full-bridge의 셀 구조를 갖는 3*3 컨버터 모의실험 결과는 다음과 같다.

[0073] 셀 구조: full-bridge, 컨버터 구조(m*n): 3*3, 셀 직류단 전압(VDCx): 100V, 스위칭 주파수(fcr): 500Hz, AC 출력 주파수(fm): 50Hz, 변조지수(ma): 1, 변조기법: Phase-shifted multicarrier based SPWM으로 진행된 것이다.

[0074] 도 5에서와 같이, 멀티레벨 AC 전압을 출력하고, 총 19 레벨의 전압으로 구성된다.

[0075] 멀티레벨 AC 전압의 레벨(s)은 수학식 3에서와 같이 셀의 갯수에 따라 결정되고, 예시의 경우 n=m=3으로 s=19이다.

수학식 3

[0076] $$s = 2nm + 1$$

[0077] 도 5에서 멀티레벨 AC 전압의 최대 크기전압은 ±300V이다.

[0078] 멀티레벨 AC 전압의 최대 크기전압은 수학식 4에서와 같이 m과 셀 직류단 전압 V_{DCx}에 따라 결정된다.

[0079] 예시의 경우 m=3, V_{dcx}=100V로 최대 전압크기는 300V이다.

수학식 4

[0080] $$|v_{inv}| = m V_{DCx}$$

[0081] 도 5의 멀티레벨 AC전압의 고조파 스펙트럼에 보인 첫 번째 고조파 그룹이 $18m_f$ 고조파와 sidebands 형태로 나타난다.

[0082] 여기서, $m_f=f_{Cr}/f_m$으로 정의된다. 따라서, 멀티레벨 AC전압의 스위칭 주파수 f_{inv}는 수학식 5에서와 같이 셀의 갯수에 따라 결정된다.

수학식 5

[0083] $$f_{inv} = 2mnf_{cr}$$

[0084] 도 6은 1개의 셀이 비활성화인 경우의 멀티레벨 AC전압(상) 및 셀 전력(하) 그래프이고, 도 7은 6개의 셀이 비활성화인 경우의 멀티레벨 AC전압(상) 및 셀 전력(하) 그래프이다.

[0085] 셀 전력 개별 제어 및 비활성화(deactivation) 실시 예로 1개의 셀이 deactivation 된 경우와 6개의 셀이 deactivation 된 경우는 도 6 및 도 7에서와 같다.

[0086] 비활성화 셀 최대 갯수 D는 수학식 6에서와 같이 구해진다.

수학식 6

[0087] $$D = m(n-1)$$

[0088] 예시의 경우, m=n=3으로 D=6이다.

[0089] 도 6은 1개의 셀 C_{33}이 40ms에 deactivation되어 0전력이 된 경우이다.

[0090] 1개의 셀이 deactivation 됨에 따라 멀티레벨AC 전압의 THD 증가(6.19%->9.29%)하는 것을 알 수 있다.

[0091] 도 7은 6개의 셀 C_{12}, C_{22}, C_{32}, C_{13}, C_{23}, C_{33}이 deactivation으로 예시에서 가능한 최대 갯수의 셀이 deactivation 된 경우를 나타낸 것이다.

[0092] 6개의 셀이 deactivation 됨에 따라 멀티레벨 AC 전압의 THD 증가(6.19%->18.26%)하는 것을 나타낸 것이다.

[0093] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 양방향 모듈형 DC-AC 멀티레벨 컨버터는 직렬구조와 병렬구조의 장점을 모두 가지고, 멀티레벨의 AC 출력으로 높은 전력 품질을 갖도록 한 것으로, 태양광 발전, 배터리 에너지 저장장치, 전기차 충전기 등 모듈 간 실시간 전력이 불균형하여 개별 제어가 필요한 분야에 모두 적용이 가능하다.

[0094] 특히, 전기자동차 충전소에서 복수의 충전기를 개별적으로 제어해야 하는 곳에서 모듈형 타입으로 이루어져 하나의 컨버터로 제어 가능한 본 발명은 현재 기술로서 적용되지 않는 문제점을 해결할 수 있을 뿐 아니라 비용을 절감시킬 수 있다.

[0095] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0096] 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.

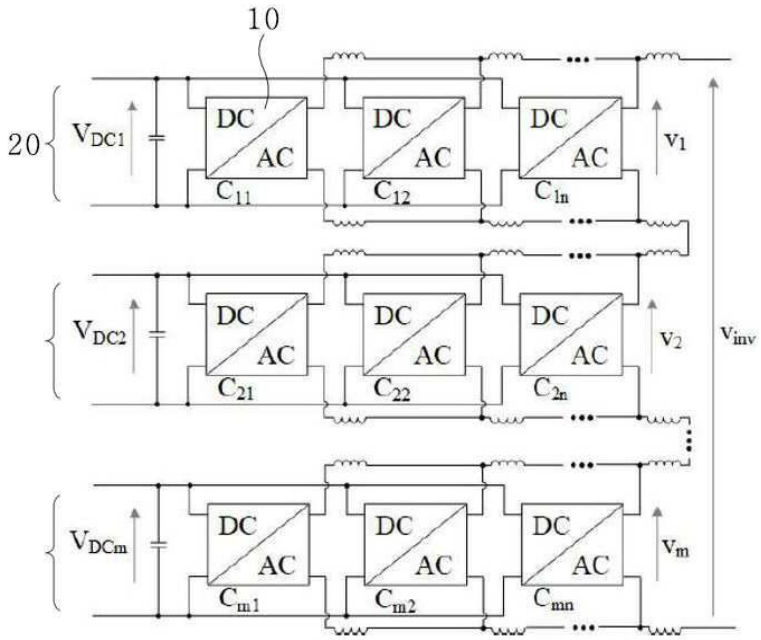
부호의 설명

[0097] 10.11. DC-AC 셀

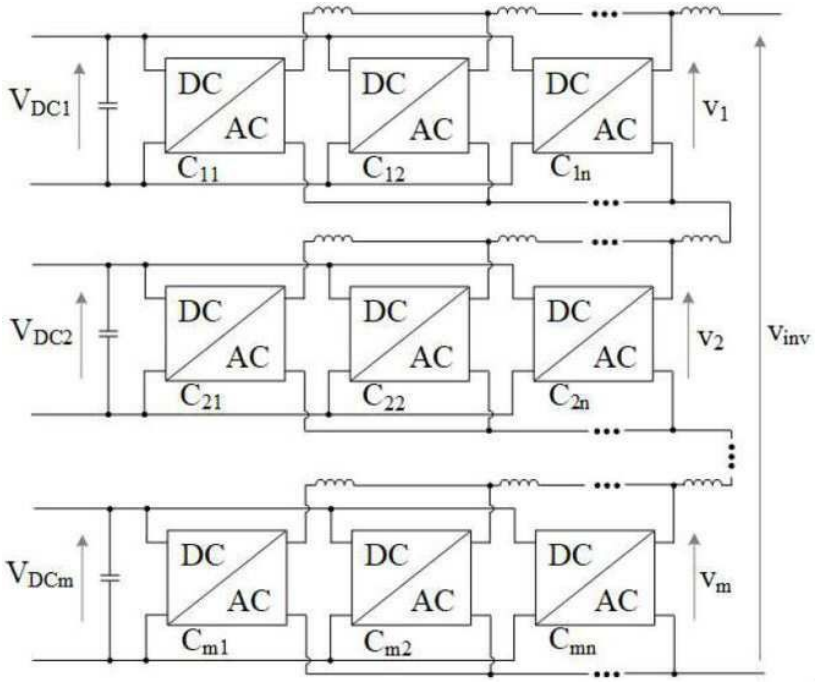
20.21. DC-AC 컨버터 모듈

도면

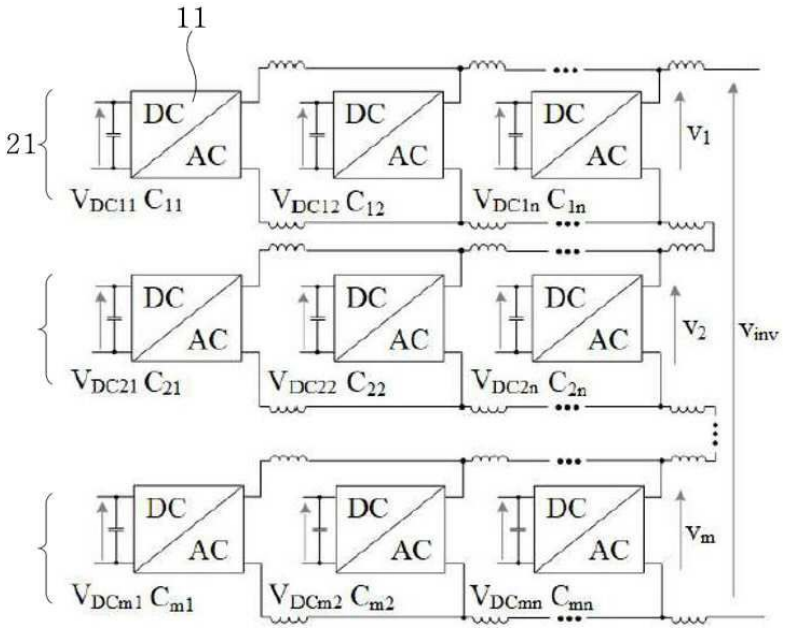
도면1a


10
20
DC
AC
V_{DC1}
V_{DC2}
V_{DCm}
C_{11}
C_{12}
C_{1n}
C_{21}
C_{22}
C_{2n}
C_{m1}
C_{m2}
C_{mn}
V_1
V_2
V_m
V_{inv}

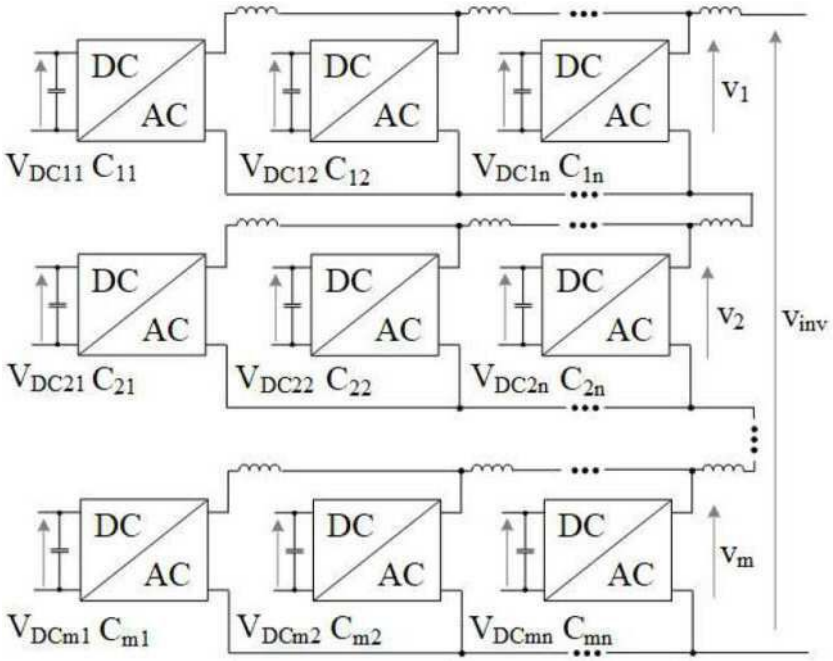
도면1b


DC
AC
V_{DC1}
V_{DC2}
V_{DCm}
C_{11}
C_{12}
C_{1n}
C_{21}
C_{22}
C_{2n}
C_{m1}
C_{m2}
C_{mn}
V_1
V_2
V_m
V_{inv}

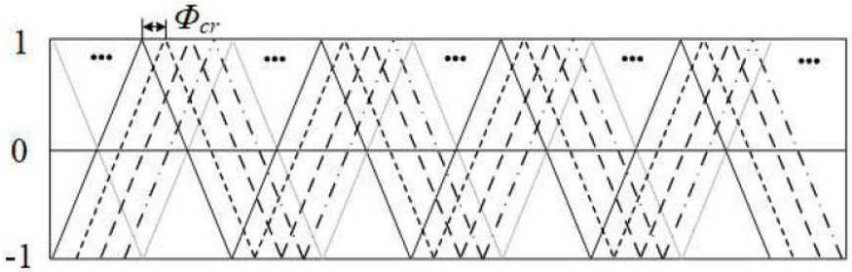
도면2a



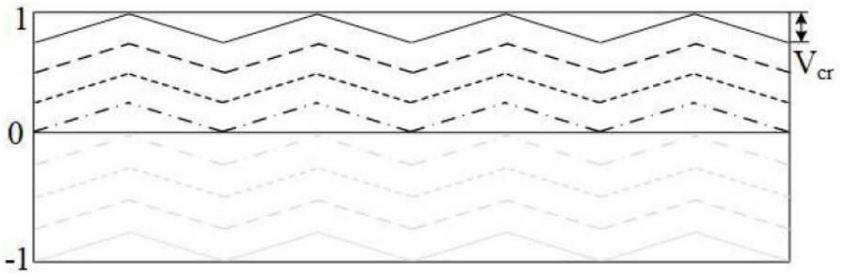
도면2b



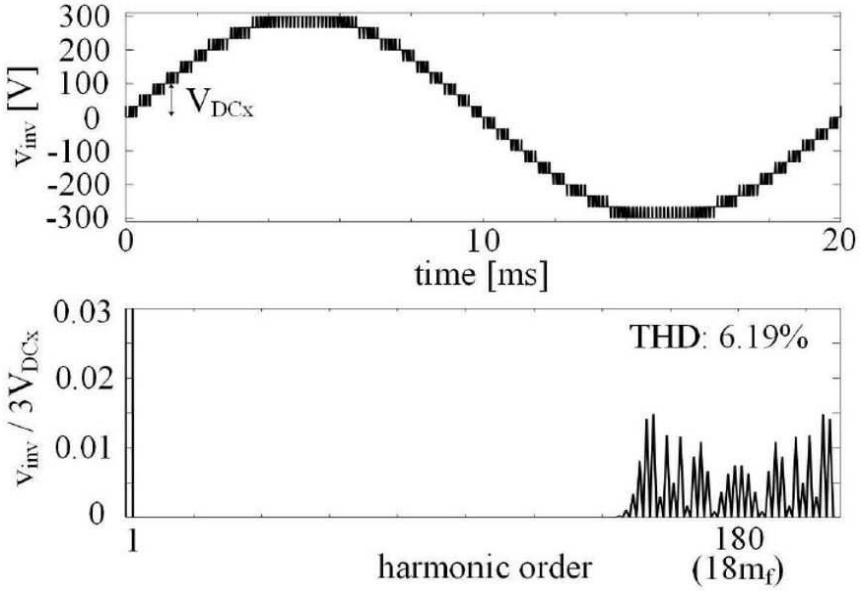
도면3



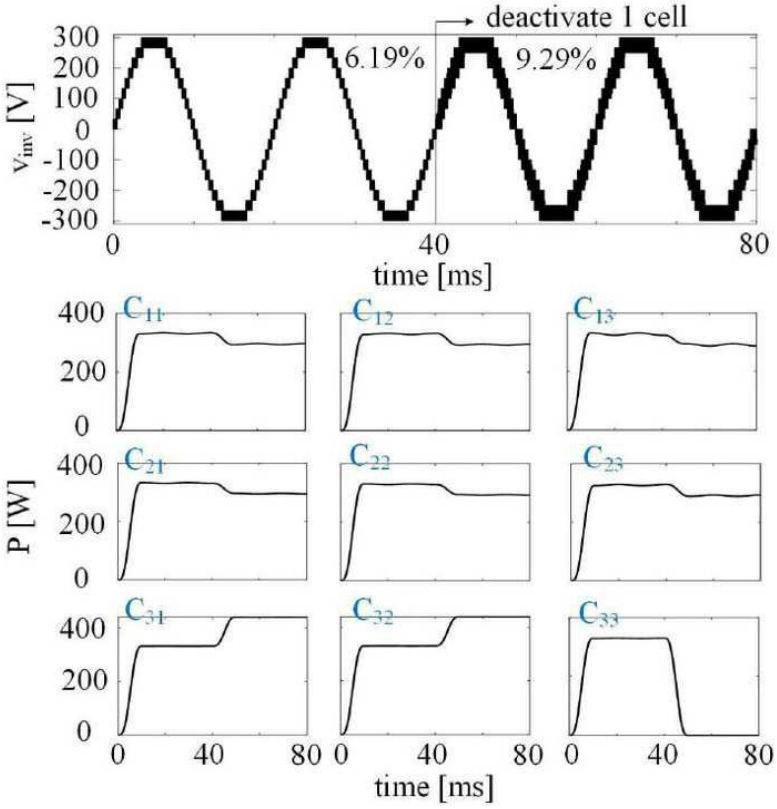
도면4


1
0
-1
V_{cr}

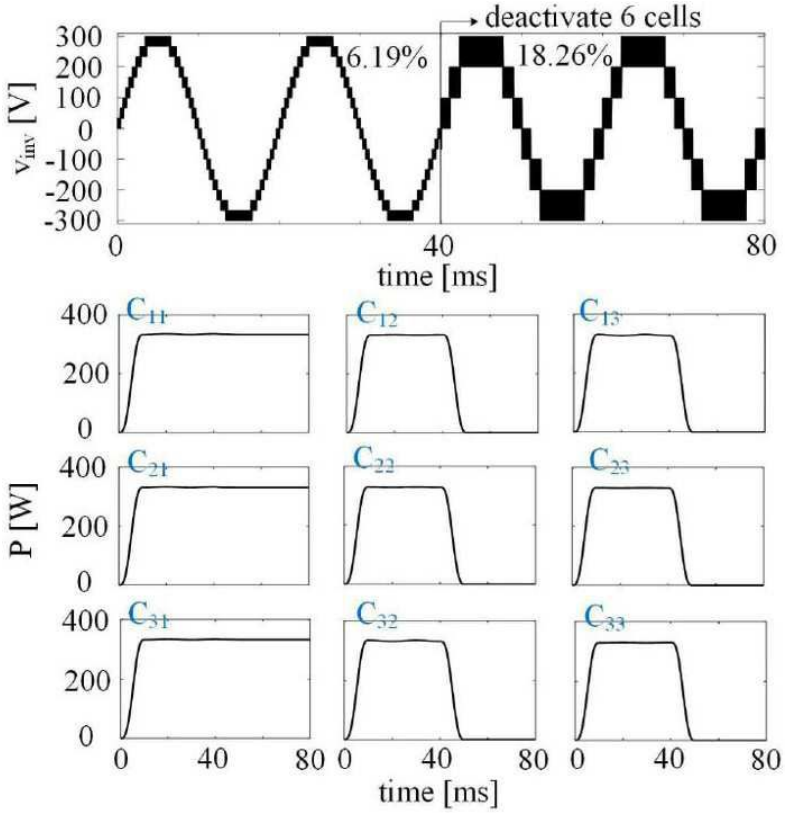
도면5


300
200
100
0
-100
-200
-300
v_{inv} [V]
V_{DCx}
0
10
20
time [ms]
0.03
0.02
0.01
0
v_{inv} / 3V_{DCx}
THD: 6.19%
1
180
(18m_f)
harmonic order

도면6


deactivate 1 cell
6.19%
9.29%
v_{inv} [V]
time [ms]
P [W]
C_{11}
C_{12}
C_{13}
C_{21}
C_{22}
C_{23}
C_{31}
C_{32}
C_{33}

도면7


deactivate 6 cells
6.19%
18.26%
v_{inv} [V]
time [ms]
P [W]
C_{11}
C_{12}
C_{13}
C_{21}
C_{22}
C_{23}
C_{31}
C_{32}
C_{33}