



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0099560
(43) 공개일자 2016년08월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 40/30 (2014.01) H01J 1/00 (2006.01)
H01L 31/05 (2014.01) H02H 7/20 (2006.01)
H02H 9/04 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02S 40/30 (2015.01)
H01J 1/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7015730
- (22) 출원일자(국제) 2016년12월17일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2016년06월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/070987
- (87) 국제공개번호 WO 2015/095414
국제공개일자 2015년06월25일
- (30) 우선권주장
61/916,800 2013년12월17일 미국(US)
14/572,722 2014년12월16일 미국(US)

- (71) 출원인
선파워 코퍼레이션
미국 95134 캘리포니아주 산 호세 리오 로블레스 77
- (72) 발명자
포넉 앤드류 조셉
미국 97302 오레곤주 살렘 론브룩 코트 사우스이스트 453
하우 데런
미국 95032 캘리포니아주 로스 가토스 웨스트 모짜르트 애버뉴 16350
- (74) 대리인
양영준, 김윤기

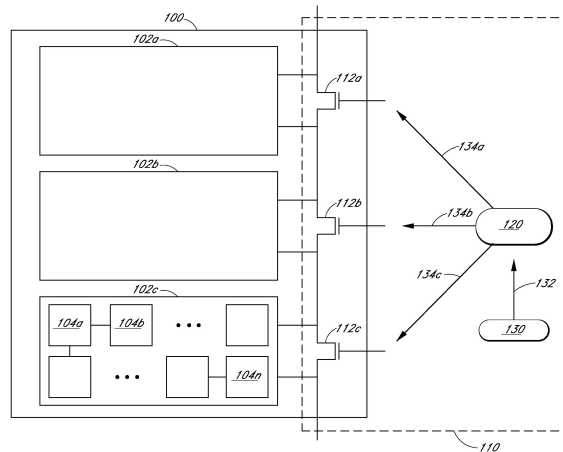
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 전압 클리핑

(57) 요약

광기전(PV) 모듈은 복수의 태양 전지들, 및 PV 모듈로부터의 출력 전압이 복수의 태양 전지들로부터의 전압을 포함하는 제1 상태와 출력 전압이 복수의 태양 전지들의 전부보다 더 적은 태양 전지들로부터의 전압을 포함하는 제2 상태 사이에서 전환하도록 구성되는 회로를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/05 (2013.01)

H02H 7/20 (2013.01)

H02H 9/045 (2013.01)

Y02E 10/56 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광기전(photovoltaic, PV) 모듈로서,
복수의 태양 전지들;

PV 모듈로부터의 출력 전압이 복수의 태양 전지들로부터의 전압을 포함하는 제1 상태와 복수의 태양 전지들의 적어도 일부가 출력 전압에의 전압의 제공으로부터 바이패스되는 제2 상태 사이에서 절환하도록 구성되는 회로를 포함하는, 광기전 모듈.

청구항 2

제1항에 있어서, 회로는 제1 상태와 제2 상태 사이에서 절환하도록 구성된 전자 스위치를 포함하는, 광기전 모듈.

청구항 3

제1항에 있어서, 복수의 태양 전지들이 복수의 태양 전지 스트링(string)들을 포함하고, 제 2 상태에서 복수의 태양 전지 스트링들 중 하나 이상의 스트링이 출력 전압에의 제공으로부터 바이패스되는, 광기전 모듈.

청구항 4

제3항에 있어서, 회로는 복수의 태양 전지 스트링들의 각각의 스트링에 대응하는 별개의 스위치를 포함하는, 광기전 모듈.

청구항 5

제4항에 있어서, 제2 상태에서, 별개의 스위치들 중 적어도 하나는 그의 대응하는 태양 전지 스트링을 바이패스하도록 폐쇄되는, 광기전 모듈.

청구항 6

제1항에 있어서, 제2 상태에서의 PV 모듈로부터의 출력 전압은 제1 상태에서의 PV 모듈로부터의 출력 전압보다 대략 25% 더 낮은, 광기전 모듈.

청구항 7

제1항에 있어서, 전압을 감지하도록 구성된 전압 감지 장치를 더 포함하고,
회로는 임계 전압을 초과하는 감지된 전압에 기초하여 제1 상태에서부터 제2 상태로 절환하도록 구성되는, 광기전 모듈.

청구항 8

제1항에 있어서, 복수의 태양 전지들 중 하나 이상으로부터의 전류를 제한하도록 구성되는 추가 회로를 더 포함하는 광기전 모듈.

청구항 9

제1항에 있어서, 회로는 스위치, 및 스위치와 병렬인 다이오드를 포함하는, 광기전 모듈.

청구항 10

전압 제한 장치로서,
광기전 모듈로부터의 출력 전압이 광기전 모듈의 복수의 태양전지 스트링들의 각각의 스트링으로부터의 전압을

포함하는 제1 상태와 광기전 모듈로부터의 출력 전압이 복수의 태양전지 스트링들 전부보다 적은 태양전지 스트링들로부터의 전압을 포함하는 제2 상태 사이에서 전환하도록 구성되는 회로를 포함하는, 전압 제한 장치.

청구항 11

제10항에 있어서, 회로는 복수의 태양 전지 스트링들의 각각의 스트링에 대응하는 각자의 스위치를 포함하는, 전압 제한 장치.

청구항 12

제10항에 있어서, 제 2 상태에서, 출력 전압은 제1 상태에서의 출력 전압보다 대략 25% 더 낮은, 전압 제한 장치.

청구항 13

제10항에 있어서, 회로는 태양 전지 스트링의 전압이 0V로 강하하는 것에 응답하여 전류를 제한하도록 구성되는, 전압 제한 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 전류를 제한하도록 구성되는 회로는 태양 전지 스트링의 전압이 0V로 강하하는 것에 응답하여 전류를 제한하도록 구성되는 하나 이상의 스위치를 포함하는, 전압 제한 장치.

청구항 15

광기전(PV) 모듈의 하나 이상의 전지를 바이패스하기 위한 방법으로서,

PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로지른 전압을 측정하는 단계;

전압이 임계치를 초과하는지 또는 임계치 아래로 떨어지는지 여부를 결정하는 단계; 및

전압이 임계치를 초과하거나 임계치 아래로 떨어진다는 결정에 응답하여, 복수의 태양 전지들 중 하나 이상을 바이패스하도록 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 결정하는 단계는 전압이 임계치를 초과한다고 결정하는 단계를 포함하며, 상기 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 단계는 하나 이상의 태양 전지로부터의 전압이 PV 모듈의 출력 전압에 제공되는 것을 방지하게 하는, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로지른 전류를 측정하는 단계;

측정된 전류에 기초하여, 전압이 임계치를 초과하지 않을 것이라고 결정하는 단계; 및

복수의 태양 전지들 중 하나 이상의 태양 전지로부터의 전압이 PV 모듈의 출력 전압에 제공되는 것을 허용하도록 하나 이상의 스위치를 개방하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 결정하는 단계는 전압이 대략 0V의 임계치 아래로 떨어진다고 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 19

제15항에 있어서, 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 단계는 태양 전지 스트링이 출력 전압에 전압을 제공하는 것을 방지하도록 단일 스위치를 폐쇄하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 20

제15항에 있어서,

일정 기간을 대기하는 단계;

하나 이상의 스위치를 개방하는 단계; 및

PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로지른 전압을 측정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 우선권 주장

[0002] 본 출원은, 그 전체 내용이 참고로 본 명세서에 포함된, 발명의 명칭이 "DC 전원의 전압을 제어하고 직렬 연결된 전원을 바이패스하기 위한 시스템, 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품(System, Method, and Computer Program Product for Controlling Voltage of DC Power Sources and Bypassing Series-Connected Power Sources)"인, 2013년 12월 17일자로 출원된 포넥(Ponac) 등의 미국 가출원 제61/916,800호의 이익을 주장한다.

배경 기술

[0003] 태양 전지들은 광기전(photovoltaic, "PV") 스트링(string)을 형성하기 위해 직렬로 연결될 수 있다. PV 스트링은 수 개의 태양 전지들 및/또는 PV 모듈들을 포함할 수 있으며, 이때 각각의 PV 모듈은 동일한 프레임 상에 장착된 태양 전지들을 포함한다. PV 스트링에서, 하나의 태양 전지의 양극 단자는 다른 태양 전지의 음극 단자에 전기적으로 연결되고, 다른 태양 전지의 양극 단자는 또 다른 태양 전지의 음극 단자에 전기적으로 연결되는 등등이다. PV 스트링의 출력 전압은 스트링 내의 태양 전지들의 개수에 의존한다.

[0004] 직류("DC") 전원들의 직렬 연결된 스트링 내에서, 각각의 전원의 전압이 가산되어 부하(load)로 전달되는 전압을 생성한다. 태양 에너지 시스템에서, 본 명세서에서 PV 모듈로서 또한 지칭되는 태양 모듈들은 전형적으로 직렬로 연결되어 부하(예컨대, 인버터, 배터리 시스템)에 전압을 제공한다. 각각의 PV 모듈은 직렬로 결합된 하나 이상의 전지 스트링들을 포함할 수 있고, 이때 각각의 전지 스트링은 직렬로 결합된 하나 이상의 태양 전지들을 포함한다. 전형적으로, PV 모듈의 각각의 스트링이 인버터에 연결되거나, PV 모듈의 다수의 스트링들이 접속함(combiner box)에서 병렬로 결합되며, 하나 이상의 접속함들이 중앙 인버터로 이어진다. 일부 경우들에서, 시스템은 예를 들어 하드웨어(예컨대, 인버터) 제약, 안전성, 및/또는 신뢰성의 이유로 인해 최대 전압 한계를 가질 수 있다. 따라서, 직렬로 연결될 수 있는 PV 모듈들 및/또는 전지 스트링들의 개수는 이러한 최대 전압에 의해 제한될 수 있다.

[0005] 일련의 태양 전지들에 의해 생성되는 최대 전압은, 시스템이 전류를 생성하고 있지 않고 각각의 태양 전지가 그의 개방 회로 전압(V_{oc})에서 동작할 때 발생할 수 있다. 이러한 조건은, 다른 이유들 중에서, 인버터 섀다운, 시스템 손상으로 인해, 또는 시스템 성능을 이해하기 위해 인버터에 의해 취해지는 일시적 측정(transient measurement) 동안에 일어날 수 있다. 시스템은 최대 전압 조건이 흔히 일어나지 않을지라도 최대 전압 조건을 수용하도록 설계되어야 한다. 부가적으로, 태양 전지들에 의해 생성되는 최대 전압은 저온에서 증가하여, 직렬 연결된 태양 전지들의 개수를 제한하는 추가적인 감소 요인으로 이어진다. 그 결과, 시스템은 V_{oc} 를 수용하기 위해 전압 버퍼를 가지고 설계되어야 한다. 과도 설계(overdesign)로부터 발생한 비효율성은, 다른 비효율성들 중에서, 모듈 스트링 당 더 적은 수의 모듈, 과대 배선을 포함하고, 이는 더 높은 주변 장치(balance of system, BOS) 비용으로 이어진다.

[0006] 또한, 일부 경우들에서, 스트링 내의 전지들 중 하나 이상이 오염, 그늘짐(shading), 결합, 및/또는 손상으로 인해 성능이 낮아질 수 있으며, 이는 전지 스트링 및/또는 모듈의 성능을 제한할 수 있다. 전지의 전류가 충분히 감소되면, 전지는 역방향 바이어스로 동작할 수 있으며 심지어 역방향 항복(reverse breakdown)에 도달할 수 있다. 역방향 바이어스에서의 전지는 PV 모듈을 심각하게 손상시킬 수 있는 열점(hot spot)을 발생시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1 내지 도 3은 일부 실시예들에 따른, 전압 클리핑(voltage clipping)을 수행하도록 구성된 예시적인 회로의

블록도.

도 4 및 도 5는 일부 실시예들에 따른, 열점 조건에 응답하여 하나 이상의 태양 전지들을 바이패스하도록 구성된 예시적인 회로의 블록도.

도 7 내지 도 9는 일부 실시예들에 따른, 본 명세서에 기술된 시스템들의 예시적인 안전 보장(fail-safe) 구현 예의 개략도.

도 10 및 도 11은 일부 실시예들에 따른, 예시적인 태양 전지 바이패스 방법을 도시하는 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 하기의 상세한 설명은 사실상 단지 예시적인 것이며, 출원의 요지의 실시예들 또는 그러한 실시예들의 사용들을 제한하도록 의도되지 않는다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 단어 "예시적인"은 "예, 사례 또는 실례로서 역할하는" 것을 의미한다. 본 명세서에 예시적인 것으로 기술된 임의의 구현예들은 다른 구현예들에 비해 바람직하거나 유리한 것으로 반드시 해석되는 것은 아니다. 또한, 전술한 기술분야, 배경기술, 간략한 요약 또는 하기 상세한 설명에서 제시되는 임의의 표현된 또는 암시된 이론에 의해 구애되도록 의도되지 않는다.
- [0009] 본 명세서는 "하나의 실시예" 또는 "일 실시예"의 언급을 포함한다. 어구 "하나의 실시예에서" 또는 "일 실시예에서"의 출현은 반드시 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다. 특정 특징부들, 구조들 또는 특성들이 본 발명과 일치하는 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다.
- [0010] 용어. 하기 단락들은 (첨부된 청구범위를 포함한) 본 개시 내용에서 보여지는 용어들에 대한 정의 및/또는 맥락을 제공한다:
- [0011] "포함하는". 이 용어는 개방형(open-ended)이다. 첨부된 청구범위에서 사용되는 바와 같이, 이 용어는 추가적인 구조물 또는 단계를 배제하지 않는다.
- [0012] "~하도록 구성된". 다양한 유닛들 또는 구성요소들이 작업 또는 작업들을 수행하도록 구성된 것으로 기술되거나 청구될 수 있다. 그러한 맥락에서, "하도록 구성된"은 유닛들/구성요소들이 작동 동안에 이들 작업 또는 작업들을 수행하는 구조물을 포함한다는 것을 나타냄으로써 구조물을 함축하는 데 사용된다. 이와 같이, 유닛/구성요소는 명시된 유닛/구성요소가 현재 작동 중이지 않을 때에도(예를 들어, 온/활성 상태가 아닐 때에도) 작업을 수행하도록 구성된 것으로 말하여 질 수 있다. 유닛/회로/구성요소가 하나 이상의 작업을 수행 "하도록 구성된" 것임을 기술하는 것은 명확히, 그 유닛/구성요소에 대해 35 U.S.C § 112의 6번째 단락에 의지하지 않도록 의도된다.
- [0013] "제1", "제2" 등. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 이러한 용어들은 이들의 뒤에 오는 명사에 대한 형용어 구로서 사용되며, (예를 들어, 공간적, 시간적, 논리적 등의) 임의의 유형의 순서를 의미하지 않는다. 예를 들어, PV 모듈 내의 태양 전지들의 "제1" 스트링의 언급은 이 스트링이 시퀀스 내의 첫번째 스트링임을 반드시 의미하는 것은 아닌데, 대신에 용어 "제1"은 이 스트링을 다른 스트링(예컨대, "제2" 스트링)으로부터 구별하기 위해 사용된다.
- [0014] "~에 기초하여". 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 이 용어는 결정에 영향을 미치는 하나 이상의 인자들을 기술하기 위해 사용된다. 이 용어는 결정에 영향을 미칠 수 있는 추가의 인자를 배제하지 않는다. 즉, 결정이 이들 인자에만 기초할 수 있거나, 이들 인자에 적어도 부분적으로 기초할 수 있다. 어구 "B에 기초하여 A를 결정하다"를 고려해보기로 한다. B가 A의 결정에 영향을 미치는 인자일 수 있지만, 그러한 어구는 A의 결정이 또한 C에 기초하는 것을 배제하지 않는다. 다른 예에서, A는 B만에 기초하여 결정될 수 있다.
- [0015] "결합된" - 하기의 설명은 함께 "결합되는" 요소들 또는 노드들 또는 특징부들을 언급한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 명확히 달리 명시되지 않는 한, "결합된"은 하나의 요소/노드/특징부가 반드시 기계적으로 결합되는 것만은 아니게 다른 요소/노드/특징부에 직접적으로 또는 간접적으로 결합됨(또는 그와 직접적으로 또는 간접적으로 연통됨)을 의미한다.
- [0016] "억제하다" - 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 억제하다는 효과를 감소 또는 최소화시키는 것을 기술하는 데 사용된다. 구성요소 또는 특징부가 동작, 움직임 또는 조건을 억제하는 것으로 기술될 때, 이는 결과 또는 성과 또는 미래의 상태를 완전하게 방지할 수 있다. 또한, "억제하다"는, 그렇지 않을 경우 발생할 수도 있는 성과, 성능 및/또는 효과의 감소 또는 완화를 또한 지칭할 수 있다. 따라서, 구성요소, 요소 또는 특징부가 결과 또는 상태를 억제하는 것으로 지칭될 때, 이는 결과 또는 상태를 완전하게 방지 또는 제거할 필요는 없다.

- [0017] 또한, 소정 용어가 또한 단지 참조의 목적으로 하기 설명에 사용될 수 있으며, 이에 따라 제한적인 것으로 의도되지 않는다. 예를 들어, "상부", "하부", "위" 및 "아래"와 같은 용어는 참조되는 도면에서의 방향을 지칭한다. "전방", "뒤", "후방", "측방", "외측" 및 "내측"과 같은 용어는 논의 중인 구성요소를 기술하는 본문 및 연관 도면을 참조함으로써 명확해지는 일관된, 하지만 임의적인 좌표계 내에서 구성요소의 부분들의 배향 및/또는 위치를 기술한다. 그러한 용어는 상기에 구체적으로 언급된 단어, 그의 파생어, 및 유사한 의미의 단어를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 명세서는 먼저, 전압을 클리핑하고/하거나 열점을 해소하도록, 직렬 접속된 태양 전지들을 바이패스하기 위한 구조 및 기술을 개시한다. 다음에, 본 명세서는 이러한 시스템을 위한 몇몇 안전 보장 모드와, 뒤이어 태양 전지를 바이패스하는 예시적인 방법을 기술한다. 다양한 예들이 본 명세서 전반에 걸쳐 제공된다.
- [0019] 상황에 있어서, PV 모듈의 출력을 조작하는 하나의 방식은 DC-DC 변환기(converter)를 사용하여 모듈의 전력을 처리하는 전력 변환기를 사용하는 것이다. 효과적으로, 그러한 시스템은 더 큰 전류와 더 작은 전압을 갖도록 IV 곡선의 형상을 변화시킨다. 이러한 전력 변환기 장치는 손실을 초래하며, 그러한 장치들의 전기적 및 열적 요건은 그러한 전력 변환기가 어떻게 비용 효과적이 될 수 있는지에 대해 내재적 제한을 둔다. 더욱이, DC-DC 변환기를 사용하는 시스템 내의 전압이 항상 DC-DC 변환기를 통과하기 때문에, PV 모듈의 전압 출력을 감소시키는 것이 요구되지 않을 때에도 일부 전압 손실이 발생한다. 그 결과, 전압을 조작할 수 있는 전력 최적화 및 마이크로인버터 기술이, 특히 대규모 상업적 또는 유틸리티 태양 관련 부문에서와 같이 전기 요금이 비교적 낮은 부문에서, 비용 효과적이지 않을 수 있다.
- [0020] 이제 도 1로 돌아가면, 전압을 클리핑하도록 구성된 예시적인 회로를 구비한 PV 모듈이 도시되어 있다. 일부 실시예들에서, PV 모듈(100)과 같은 PV 모듈이, 스트링(102a, 102b, 102c)과 같은 전지 스트링(cell string)으로 지칭되는 태양 전지들의 수 개의 그룹으로 세분화될 수 있다. 전지 스트링은, 예를 들어 스트링(102c) 내에 태양 전지(104a, 104b, ..., 104n)에 의해 도시된 바와 같이 10 내지 40개의 개별적인 직렬 연결된 태양 전지들과 같은, 복수의 직렬 연결된 태양 전지들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 스트링 내의 태양 전지들의 개수 및 PV 모듈 내의 스트링들의 개수는 스트링과 PV 모듈에 의해 생성되는 전압을 각각 결정한다. 도 1의 예시적인 PV 모듈이 3개의 태양 전지 스트링들을 도시하지만, 다른 실시예들에서 다른 개수의 스트링들이 PV 모듈 내에서 직렬로 결합될 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 본 명세서에서 전압 클리핑 또는 과전압 회로로서 또한 지칭되는 회로(110)는 과전압 조건에서의 동작에 대해 (또는 이후에 기술되는 바와 같이, 역방향 바이어스, 열점 상태에서의 동작에 대해) 하나 이상의 전지, 스트링, 및/또는 모듈을 보호하도록 구성될 수 있다. 회로(110)는 각자의 전지 스트링의 출력이 예를 들어 하나 이상의 스위치의 구성에 기초하여 PV 모듈의 출력에 포함될 수 있거나 또는 그로부터 제외될 수 있도록 각각의 전지 스트링을 가로질러 제공된 병렬 전류 경로를 포함할 수 있다. 병렬 전류 경로는 PV 모듈의 생성된 전압을 낮출 수 있는 전지 스트링의 출력에 대한 총 임피던스를 낮추도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 유사한 효과를 달성하기 위해 전체 PV 모듈, 복수의 전지들, 복수의 스트링들, 또는 복수의 모듈들을 가로질러 병렬 전류 경로가 제공될 수 있다.
- [0022] 일부 실시예들에서, 회로(110)가 병렬 경로의 다양한 순열들 사이에서 전환하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 회로(110)는 PV 모듈의 출력 전압이 복수의 태양 전지들(예컨대, 각각의 스트링) 전체로부터의 전압을 포함하는 제1 상태와 태양 전지들 중 적어도 일부가 PV 모듈의 출력 전압에의 전압의 제공으로부터 바이패스되는 하나 이상의 다른 상태에서 작동하고 이러한 상태들 사이에서 전환하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 회로는 PV 모듈이 그의 태양 전지들 전부로부터 출력하도록 구성된 상태와, PV 모듈이 그의 태양 전지들 중 2/3으로부터 출력하는 상태와, PV 모듈이 그의 태양 전지들 중 1/3로부터 출력하는 다른 상태에서 동작하며 이러한 상태들 사이에서 전환하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 회로는 PV 모듈이 그의 태양 전지들 전부로부터 출력하는 하나의 상태와 PV 모듈이 그의 태양 전지들 전부보다 더 적은 태양 전지들(예컨대, 대략 그의 태양 전지들의 75%)로부터 출력하도록 구성된 다른 상태에서 동작하며 이러한 상태들 사이에서 전환하도록 구성될 수 있다.
- [0023] 일 실시예에서, 회로(110)의 하나 이상의 스위치가 인에이블된 상태에서, 병렬 전류 경로가 모든 또는 거의 모든 전지 스트링의 전류를 취하여 스트링의 전압을 감소 또는 최소화하게 할 수 있으며, 이는 PV 모듈의 전압 출력이 그의 V_{oc} 출력의 대략 75%까지 강하게 할 수 있다. DC-DC 변환기와 달리, 병렬 전류 경로는 커패시터 또는 자기 요소(magnetic element)와 같은 에너지 저장 요소를 필요로 하지 않으므로써, 전기적 요건을 용이하게 한다. 부가적으로, 전환 전원을 사용함이 없이 모듈 전압을 제한하는 것은 최소의 전자기 간섭(electromagnetic interference, EMI)을 생성한다는 이점을 제공할 수 있으며, 이는 설계 요건을 단순화하고

통신 장비와 같은 다른 전자 장비와의 간섭을 최소화할 수 있다. 더욱이, 또한 DC-DC 변환기와 달리, 동일한 IV 곡선이 사용되지만 PV 모듈이 효율적으로 더 작게 제조된다.

- [0024] 일 실시예에서, 병렬 전류 경로는 계전기(relay), 전계 효과 트랜지스터(field effect transistor, FET), 양극성 접합 트랜지스터(bipolar junction transistor, BJT), 절연 게이트 양극성 트랜지스터(insulated-gate bipolar transistor, IGBT), 또는 다른 절환 메커니즘과 같은 스위치 또는 스위치들을 사용하여 구현될 수 있다. 따라서, 하나 이상의 태양 전지가, 병렬 전류 경로를 가능하게 하도록 하나 이상의 태양 전지를 가로질러 스위치(예컨대, 스위치(112a, 112b 및/또는 112c))를 폐쇄시킴으로써, 단락될 수 있다(예컨대, 바이패스된다). 스위치들은 도 1에서 FET(112a, 112b, 112c)로서 도시되어 있다. 도 1의 예에서 도시된 바와 같이, 각각의 전지 스트링이 각각의 스위치와 연관될 수 있다. 다른 실시예들에서, 도 3에 도시된 바와 같이 이것이 반드시 그러한 것은 아니다.
- [0025] 일 실시예에서, 회로(110)는 드라이버(120)에 신호를 제공하도록 구성된 아날로그 또는 디지털 제어기(130)를 포함할 수 있으며, 드라이버는 전지 스트링을 단락시킴으로써 그 전지 스트링으로부터의 전압 기여를 대략 0 볼트까지 감소시키기 위해, 신호(134a, 134b, 134c)들에 의해 나타낸 바와 같이, 스위치(들)를 온 상태로 하도록(예를 들어, 인에이블, 연결, 폐쇄, 활성화하도록) 구성될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 드라이버(120)는 스위치가 온 또는 오프 상태가 되게 명령하는 제어기(130) 출력을 레벨 이동하도록 구성된 회로(예컨대, 하나 이상의 트랜지스터)일 수 있다. 절환이 전체 전지 스트링 상에서 수행되는 것으로 기술되었지만, 일부 실시예들에서, 절환은 전지 레벨에서, 모듈 레벨에서, 또는 전지 레벨, 스트링 레벨 및/또는 모듈 레벨의 일부 조합으로 수행될 수 있다.
- [0026] 다양한 실시예들에서, 제어기(예컨대, 아날로그 또는 디지털)가 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 일부 조합을 사용하여 구현될 수 있다. 일 실시예에서, 제어기는 병렬 경로가 안전하게 오프 상태로 될(예컨대, 개방, 디스에이블, 연결해제, 비활성화될) 수 있다고 결정하도록 그리고 병렬 경로가 하나 이상의 전지를 단락시켜 그러한 하나 이상의 전지(및 그 결과 모듈 및 시스템)의 출력 전압을 클리핑하기 위해 연결되어야 할 때를 결정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어기는 아래에서 더 상세하게 기술되는 바와 같이 어떤 전지 스트링을 클리핑할 것인지를 선택하도록 구성될 수 있다.
- [0027] 일 실시예에서, 병렬 경로를 연결 또는 연결해제하기 위해 스위치를 온 또는 오프 상태로 할지 여부에 대한 결정이 전압 및/또는 전류 측정치에 기초할 수 있다. 예로서, 전압 감지 메커니즘(도시되지 않음)이 전지 스트링에 결합되어 그 스트링의 전압 기여를 측정할 수 있다. 그 전압에 기초하여, 제어기는 스트링의 전압을 클리핑할지 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 측정된 전압이 임계 값(예컨대, 스트링 또는 모듈의 최대 전력점 전압(V_{mpp}))을 초과한다면, 전지 스트링들 중 하나가 바이패스될 수 있다.
- [0028] 다른 예로서, 별개의 전압 감지 메커니즘이 모듈 내의 각각의 각자 스트링에 결합될 수 있다. 측정된 전압들의 합이 모듈에 대한 임계 값을 초과한다면, 전지 스트링들 중 하나 이상이 병렬 경로를 인에이블시킴으로써 바이패스될 수 있다. 어느 예에서든, 전압을 임계 전압 아래의 레벨로 감소시키도록 하나 이상의 스트링을 바이패스함으로써, 임계 값이 초과되지 않는 것을 보장하면서 전체 모듈로부터 수확되는 전력량이 최대화될 수 있다. 부가적으로, 아래에서 더 상세하게 기술되는 바와 같이, 열점이 검출되면(예컨대, 측정된 전압이 0V 아래로 강하면), 측정이 이루어진 전지 스트링은 그 스트링에 대한 병렬 경로를 인에이블시킴으로써 바이패스될 수 있다.
- [0029] 일부 실시예들에서, 스위치가 연결되고 병렬 경로가 인에이블된 후에, 제어기는 개방 회로 전압 측정에 더 이상 접근할 수 없다. 따라서, 제어기는 스위치가 안전하게 연결해제되고 정상 동작으로 복귀할 수 있는지 여부를 더 이상 결정가능하지 않을 수 있다. 스위치가 안전하게 연결해제될 수 있는 때를 결정하기 위해 다양한 기술들이 구현될 수 있다. 예를 들어, 스위치의 연결해제는 타이머에 기초하거나, 전류 측정에 기초하거나, 한 번에 스트링들 중 2개의 측정에 기초할 수 있다. 스위치(들)를 언제 연결해제할지를 결정하는 다양한 기술들 및 예들이 도 10에서 아래에서 더 상세하게 기술된다.
- [0030] 다양한 실시예들에서, 각각의 PV 모듈이(예컨대, 접속함 내의, 라미네이트 내의) 모듈의 부분으로서 각각의 로컬 제어기를 포함할 수 있거나, 하나 이상의 모듈을 제어하도록 외부 제어기가 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 스위치의 개방 또는 폐쇄는 분산된 회로(예컨대, 전압 클리핑 장치들)로의 유선 또는 무선(예컨대, 지그비(Zigbee), 메시 네트워크, WiFi, 블루투스 등) 통신을 통해 중앙 제어기에 의해 제어될 수 있다.
- [0031] 일부 실시예들에서, 로컬 및 외부 제어기들의 일부 조합이 병렬 경로들을 연결 및 연결해제하는 데 사용될 수

있다. 예를 들어, 스위치를 개방 또는 폐쇄할지 여부의 결정은 중앙 제어기에 의해 제공되는 하나 이상의 파라미터(예컨대, 임계 전압)에 기초하여 로컬 제어기에 의해 수행될 수 있다.

[0032] 일 실시예에서, 집합적 시스템 전압이 시스템 임계 전압의 아래에 있도록 제어기들이 서로 조정할 수 있다. 예를 들어, 각각의 모듈에 있는 로컬 제어기들이 조정을 위해 서로 통신할 수 있거나, 중앙 제어기가 어떤 스위치들이 개방되어야 하고 어떤 스위치가 폐쇄되어야 하는지에 대한 표시를 제공하도록 각자의 로컬 제어기들과 통신할 수 있다. 따라서, 시스템 레벨에서 전압 클리핑을 조정함으로써, 단락되는 스트링들의 총 개수가 최소화되어 총 시스템을 그의 전압 제한 내에 유지할 수 있다. 그러한 제어 기술은, 다른 모듈들과 독립적으로 고려된다면 다른 방식으로 클리핑될 수 있는 일부 모듈들로부터 모듈 전압을 클리핑하지 않음으로써 시스템에 의해 생성되는 전력을 불필요하게 제한하는 것을 억제하도록 도울 수 있다. 시스템 레벨 조정이 인버터, 접속함 등과 같은 일부 하류측 하드웨어에 연결된 PV 모듈들의 시스템을 지칭할 수 있음에 주목한다. 시스템 레벨 조정은 예를 들어 PV 전력 장치에 있는 모든 PV 모듈들에 대한 조정일 필요가 없다. 대신, 시스템 레벨 조정은 그러한 PV 모듈들의 하위세트(subset)에 대한 조정일 수 있다.

[0033] 다양한 실시예들에서, 태양 에너지 시스템 내의 전압 제한 회로는, 공통적인 동작 상태 동안에, 전체가 아닌 일부 전압 제한 회로들이 활성화되도록 상이한 레벨들에서 각자의 태양 전지들의 전압들을 제한하도록 구성될 수 있다.

[0034] 일부 실시예들에서, 스트링들에 의해 제공되는 전압 및 전류가 PV 모듈 외부의 부하에 결합될 수 있도록, 하나 이상의 전지 스트링이 접속함을 통해 접근될 수 있다. 일 실시예에서, 회로(110)는 접속함 내에 내장될 수 있다. 일 실시예에서, 연관된 전지들이 역방향 바이어스에서 동작하고 있다면, 접속함은 전기를 전도시킬 수 있는 복수의 바이패스 다이오드들(예컨대, 스트링당 하나의 바이패스 다이오드)을 포함할 수 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 개시된 구조 및 기술들이 바이패스 다이오드들과 함께 또는 그 대신 사용될 수 있으며 역방향 바이어스 보호를 제공한다.

[0035] 일부 실시예들에서, 회로(110)가 접속함 내에 위치되는 대신에, 과전압 보호 장치의 하나 이상의 구성요소가 PV 모듈의 봉지부(encapsulation) 내부, 또는 PV 모듈 외부와 같은 다른 위치들에 위치될 수 있다.

[0036] 도 2는 전압을 클리핑하도록 구성된 회로의 다른 예를 도시한다. 설명과 예시의 용이성을 위해, 실제 PV 모듈 및 개별 태양 전지들이 도 2에 도시되어 있지 않다. 또한, 도 1의 다양한 요소들(예컨대, 병렬 경로, 스위치, 제어기 등)의 설명이 본 명세서의 다른 도면들에 대해서도 동일하게 적용되지만, 설명의 간결성을 위해서 반복되지 않을 수 있다.

[0037] 도 2의 예시적인 회로(110)의 하나의 차이점은 각각의 스위치에 대한 개별 드라이버의 사용이다. 도시된 바와 같이, 제어기(130)는 별개의 드라이버들, 즉 드라이버(120a, 120b, 120c)들에 신호들을 제공하도록 구성된다. 이어서, 드라이버(120a, 120b, 120c)들 각각은 제어기(130)로부터의 신호에 응답하여 그들 각자의 스위치 온 또는 오프를 명령하도록 구성될 수 있다.

[0038] 개시된 회로 및 병렬 전류 경로가 스트링 또는 모듈 내의 모든 전지들에 영향을 미칠 필요가 없음에 주목한다. 예를 들어, 병렬 전류 경로에 의해 제공되는 전압 클리핑 능력은, 도 3에 도시된 바와 같이 스트링, 모듈, 또는 태양 에너지 시스템 내의 전지들의 하위세트 상에서만 사용될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 회로(310)는 PV 모듈(300)의 모든 태양 전지들이 모듈의 출력에 전압을 제공하도록 구성된 최대 전력 상태와 스트링(302a)이 모듈의 출력에 그의 전압의 제공으로부터 클리핑되는 상태 사이에서 PV 모듈(300)을 전환시키도록 구성된다. 그러한 실시예에서, 제어기(330)는 별개의 드라이버의 사용 없이 스위치(312)를 직접 인에이블 또는 디스에이블할 수 있다. 도시된 예에서, 스트링(302b, 302c)들의 전압을 클리핑하기 위한 별개의 스위치들이 이들 스트링에 대해 존재하지 않는다. 대신에, 두 가지 주요 상태들, 즉 3개의 스트링들 모두로부터의 최대 전압이 출력되는 상태 및 스트링들 중 2개로부터의 전압이 출력되는 다른 상태가 존재한다. 스트링(302b, 302c)들에 대한 열점 보호가 다이오드(315a, 315b)들을 각각 바이패스함으로써 제공될 수 있다. 바이패스 다이오드는 또한 스트링(302a)에 대한 열점 보호를 위해 사용될 수 있거나, 회로(312)가 그러한 보호를 제공할 수 있다.

[0039] 도 3의 실제적인 예로서, 일 실시예에서, 스위치는 모듈 내의 태양 전지들의 대략 25%를 구성하는 태양 전지 스트링과 연관될 수 있다. 그 스트링은, 그 스트링(또는 전체 모듈)의 전압이 임계 전압을 초과한다면 단락될 수 있다. 스트링이 단락되면, 태양 전지들의 대략 75%가 그들의 전압을 모듈의 출력에 제공한다. 일 실시예에서, 임계 전압은 다른 예들 중에서도 대략 PV 모듈의 V_{mpp} 또는 스트링의 V_{mpp} 일 수 있다. 예를 들어, 모듈의 V_{mpp} 가 60V이고 임계 전압이 62V라면, 측정된 전압이 62V를 만족하거나 이를 초과하는 경우에 스위치가 폐쇄되어 태양

전지들의 단락된 스트링이 모듈의 출력 전압에 기여하지 않게 할 수 있다. 따라서, 모듈이 62V 위에서 동작하지 않아 모듈이 V_{oc} 에 도달하지 않고 시스템(예컨대, BOS 구성요소들)이 V_{oc} 를 수용하도록 크기 설정될 필요가 없게 하는 것이 보장될 수 있다.

- [0040] DC-DC 변환기 기반 시스템에서와 같이 IV 곡선을 수정하는 대신에, 개시된 시스템은 별개 IV 곡선들 사이에서 효과적으로 동작한다. DC-DC 변환기 시스템에 대해 전압을 클리핑하는 병렬 경로 절환 메커니즘의 하나의 이점은, DC-DC 변환기 시스템에 있어서 각각의 모듈에 대해 수정된 동작 전류가 동일해야 한다는 것이다. 그러한 제한은 개시된 시스템에 대해 존재하지 않는다.
- [0041] 개시된 구조들 및 기술들은, 시스템이 차선적으로 수행하고 에너지 수확을 최대화하는 것이 중요하지는 않은 과전압 경우에서, DC-DC 전력 최적화기의 비용 및 효율의 불이익 없이 전압을 제한하는 능력을 제공할 수 있다. 출력 전압이 항상 DC-DC 최적화기를 통과하고 필요하지 않을 때에도 손실 전압의 측면에서 적어도 일부 효율성 손실을 겪는 DC-DC 최적화기 기반 시스템들과는 대조적으로, 개시된 과전압 보호는, 전압이 임계치를 초과하지만 전압이 정상 동작 조건 하에서 불필요하게 손실되지 않도록 정상 동작 조건 하에 있지 않는 것에 응답하여 이용될 수 있다.
- [0042] 일부 실시예들에서, 경로를 제공하고 시스템 설계 제한을 만족시키기 위해 출력 전압을 제한하도록 태양 전지들과 병렬로 배치되는 스위치들은 시스템의 안전 정지(safety shutdown)를 위해서 또한 사용될 수 있다. 전지 스트링들의 임피던스를 상당히 감소시키기 위해 또는 전지 스트링들을 완전히 단락시키기 위해 스위치들을 사용함으로써, 태양 시스템의 출력 전압 및 전력이 급격하게 감소될 수 있다. 안전 정지는, 예를 들어 화재 동안에, 아크 결함(arc fault)이 검출될 때, 시스템의 유지보수 동안에, 또는 다른 안전 이유로 인해 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 제어기는 디폴트로, 하나 이상의 전지 스트링이 효과적으로 단락되는 위치로 될 수 있다.
- [0043] 다양한 실시예들에서, 유사한 구조들 및 기술들이 태양 모듈들에서의 열점 가열, 역방향 바이어스를 해결하기 위해 사용될 수 있다. 위에 언급된 바와 같이, 예를 들어 그늘짐 또는 결함으로 인해 태양 전지가 정상 작동하지 않는 경우에, 태양 전지는 주변 전지들보다 더 낮은 전류로 동작할 수 있으며, 이는 전지가 역방향 바이어스에 놓이게 할 수 있다. 역방향 바이어스는 상당한 전력 손실 및 전지 내의 가열을 야기하여, 전지 또는 주변 태양 모듈 구조물을 손상시킬 수 있다. 유사한 효과가 태양 모듈 내부에서의 접속 또는 땀납 연결의 실패로 인해 발생할 수 있음에 주목한다. 상황에 있어서, 일부 시스템이 열점 가열을 다루기 위해서 바이패스 다이오드를 이용한다. 예를 들어, 전지 스트링이 다른 전지 스트링들의 최대 전력점 전류(I_{mpp})에 도달하기에 충분한 전류를 생성할 수 없고, 다이오드를 가로지른 전압 강하가 전지 스트링 내의 태양 전지들의 역방향 바이어스 전압보다 작다면, 바이패스 다이오드가 순방향 바이어스되어 전지 스트링을 단락시킨다. 그러나, 그러한 다이오드와 연관된 전압 강하(예컨대, 대략 0.3V 내지 0.5V)는 열 소산(heat dissipation)을 통한 전력 손실을 야기한다. 열 소산은 태양 모듈 효율성이 떨어지게 할 수 있으며, 심지어 다이오드를 파괴시킬 수 있는 과열을 초래할 수 있다. 다이오드가 단락에 실패하면, PV 모듈의 전력의 상당한 부분이 영구적으로 손실될 수 있다. 다이오드가 개방에 실패하면, 연관된 전지 스트링이 태양 전지 열점에 대해 취약한 채로 남게 되며, 이는 잠재적으로 PV 모듈을 파괴시킬 수 있다.
- [0044] 열점으로 인한 바이패스 다이오드의 사용의 제한들 중 일부를 해소하기 위해, 개시된 회로, 병렬 전도성 경로 및 기술들이 열점을 억제하기 위해 사용될 수 있다. 도 4는 하나의 그러한 예를 도시한다.
- [0045] 일 실시예에서, 열점 가열을 억제하기 위하여, 전력 손실을 억제하고 가열을 감소시키도록 역방향 바이어스 상태를 방지하기 위해 전지의 전류가 제한될 수 있다. 회로는, 도 4의 차단 스위치(440a, 440b, 440c)에 의해 도시된 바와 같이, 각각 전지 스트링(들)(402a, 402b, 402c)을 통한 전류를 제한하도록 차단될 수 있다. 도 4는 전지 스트링 레벨에서의 열점 상태의 완화를 나타내지만, 예를 들어 전체 PV 모듈을 가로지른, 전지들의 다른 길이들에 대해 유사한 보호 메커니즘이 구현될 수 있다.
- [0046] 그러나, 회로를 완전히 차단하는 것은 주변의 태양 전지 및 모듈에서의 수용가능하지 않은 전력 손실로 이어질 수 있다. 전압 클리핑 목적으로 병렬 경로를 제공하는 바이패스 스위치(412a, 412b, 412c)들은, 열점을 방지하도록 회로로부터 제거된 태양 전지들을 바이패스하기 위해, 잘 수행하는 태양 전지들로부터의 전류에 대한 경로를 제공하는 데 사용될 수 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 전지 스트링에 대한 열점 상태는 병렬 전도 경로를 단락시키고 전지 스트링을 통한 회로를 차단함으로써 완화될 수 있다. 또한, 일단 (예컨대, 전류 및/또는 전압 측정 또는 다른 센서로부터) 열점이 검출되면, 제어기는 유지 보수 방문까지 또는 다른 진단 검사가 문제를 고치거나 열점 상태가 더 이상 존재하지 않는다고 결정할 때까지, 안전한(예컨대, 제한된 전류) 위치에서 열점을

포함하는 전지 스트링을 배치하도록 차단 스위치(440a, 440b, 및/또는 440c)들 및/또는 바이패스 스위치(412a, 412b, 및/또는 412c)들을 구성할 수 있다.

- [0047] 또한, 전류가 임계 레벨을 초과할 때 전류를 클리핑하기 위한 유사한 상황이 존재함에 주목한다. 예를 들어, 일 실시예에서, 가변 임피던스를 갖는 경로가 주요 전류 경로에 대해 병렬로 배치될 수 있다. 임피던스는 아날로그 또는 디지털 제어 신호를 통해 제어될 수 있다. 병렬 경로의 임피던스를 감소시키는 것은 주요 경로로부터의 전류를 방향전환시켜 주요 경로를 통한 전류를 감소시킨다. 병렬 경로의 임피던스를 증가시키는 것은 전류가 주요 경로를 선호하게 하여, 주요 경로를 통한 전류를 증가시킨다.
- [0048] 예를 들어 열점을 다루기 위해 전지 스트링을 바이패스하도록 스위치를 사용하는 것은, 바이패스 다이오드를 사용하는 시스템 내의 약 0.5 V와 비교하여 50 mV 이하로 전압 강하를 감소시킬 수 있다. 또한, 개시된 병렬 경로 구성을 사용함으로써, 바이패스 다이오드들이 전지 스트링들에 걸쳐 계전기, FET, BJT 또는 IGBT와 같은 스위치로 대체될 수 있거나, 바이패스 다이오드들이 개시된 회로에 대한 백업으로서 사용될 수 있다. 스위치는 본 명세서에 기술된 바와 같이 스트링을 단락시키고 그 스트링을 바이패스하기 위해서 온 상태로 될 수 있다.
- [0049] 일 실시예에서, 종래의 다이오드(예컨대, 규소, 쇼트키(Schottky))가 바이패스 스위치에 대한 백업으로서 작동하도록 바이패스 스위치와 병렬로 배열될 수 있다. 이러한 기능은 또한 적합한 특징들을 갖는 일부 스위치들(예컨대, FET)의 바디 다이오드(body diode)에 의해 일부 구현들에서 만족될 수 있다.
- [0050] 아날로그 또는 디지털 제어기는 스위치를 오프 상태로 하는 것이 안전한 상태, 그리고 전지 스트링이 스위치를 온 상태로 함으로써 바이패스되어야 할 때를 결정할 수 있다. 이 상태는 전압 및/또는 전류 측정에 의해 결정될 수 있다. 도 5는 그러한 바이패스 제어 메커니즘 및 회로의 예를 도시하는데, 이에 의해 제어기(530)는 스위치로서 기능하는 FET의 바디 다이오드를 가로지른 전압 강하를 측정하도록 각각의 전지 스트링 상의 전압 감지부(511a, 511b, 511c)를 사용한다. 바디 다이오드를 가로지른 전압이 특정 범위 내에 있다면, 바이패스 상태가 존재할 수 있다. 제어기(530)는 이어서 바이패스 FET(505a, 505b, 또는 505c)와 같은 바이패스 FET를 온 상태로 하기 위한 신호를 생성하여, FET가 전압 강하를 감소시키기 위해 전류의 대부분을 전도시킴으로써 바이패스 동안에 소산되는 전력을 감소시킬 수 있다. 일 실시예에서, FET의 바디 다이오드를 대신하여 별개의 다이오드가 사용될 수 있다.
- [0051] 일부 실시예들에서, 제어 신호의 손실이 일어난다면 시스템이 안전한 상태에 놓일 수 있도록(예컨대, 제어 회로의 전력이 손실되는 경우에 병렬 스위치들을 "온" 상태로 놓음) 전압 클리핑 또는 열점 방지 회로에 대해 결합-안전 메커니즘(fail-safe mechanism)이 제공될 수 있다. 일부 구현예들에서, 스위치들이 디지털 제어기(예컨대, 마이크로컨트롤러) 또는 아날로그 제어기에 의해 구동(예컨대, 활성화, 단락, 연결)되기 때문에, 스위치들은 구동원이 전력을 손실한다면 오프(개방) 상태로 유지될 수 있다. 구동원이 전력을 손실한 경우에, 스위치들은 PV 모듈의 전압을 제한하고 모듈을 보호하기 위해 온 상태로 되도록 구성될 수 있다.
- [0052] 도 6은 전압 클리핑 회로 내의 스위치가 N-채널 향상-모드 FET(바이패스 FET) 내의 스위치인 예를 도시한다. 일 실시예에서, FET는 통상적으로 마이크로컨트롤러 또는 다른 신호-발생 회로에 의해 직접 제어되는 다른 N FET에 의해 구동될 수 있다. 제어기(630)가 전력을 손실하면, 구동 N FET가 개방된 채로 유지될 것이다. VDD와 구동 N FET의 소스 사이에 결합된 풀업 저항기(pull-up resistor)가 그러한 고장의 경우에 바이패스 FET를 온 상태로 하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 바이패스 N FET는, 풀업 저항기를 통해 1차 게이트를 하이(high)로 유지하고 정상 동작 동안에 1차 게이트를 로우(low)로 구동하기 위해 2차 구동 N FET를 사용함으로써, 바이패스 N FET의 드라이버가 전력을 손실하는 경우에 단락될 수 있다. 다른 변형들이 또한 존재한다.
- [0053] 도 7은 바이패스 FET가 P-채널 공핍-모드 FET인 다른 결합-안전 드라이버 예를 도시한다. 그러한 예에서, 바이패스 FET는 통상적으로 P FET의 동작을 에뮬레이팅(emulating)하는 2개의 N FET들의 네트워크에 의해 구동될 수 있다. 제어기(730)가 전력을 손실한다면, 제1 N FET는 개방된 채로 유지되고, 제1 풀업 저항기는 제2 N FET를 온 상태로 구동한다. 제2 N FET는 P FET를 온 상태로 하도록 바이패스 P FET의 게이트를 로우로 풀링할 수 있다. 따라서, 1차 P FET는, 2차 게이트 전압을 하이로 유지하는 풀업 저항기로 인해 단락된 채로 유지되는 2차 N FET를 통해 1차 게이트를 로우로 유지하고, 정상 동작 동안에 2차 게이트를 로우로 (그리고 그에 따라 1차 게이트를 하이로) 구동하기 위해 3차 N FET를 사용함으로써, 1차 P FET의 드라이버가 전력을 손실하는 경우에 단락된다. 다른 변형들이 또한 존재한다.
- [0054] 도 8의 좌측 부분에도 도시된 바와 같은 일부 실시예들에서, P FET의 공통 단자가 GND이어야 하는 경우, P FET의 게이트는 음의 전압을 생성하지 않고 구동되지 않을 수 있다. 그 문제를 해결하기 위해, N FET의 시스템이 P

FET를 에플레이팅하기 위해 사용될 수 있고, 도 8의 우측 부분에 도시된 바와 같이 P FET의 소스와 비교하여 음의 전압을 생성한다.

- [0055] 일부 실시예들에서, 결합-안전 메커니즘은 과전압이 부하에 도달하는 것을 방지하기 위해 사용될 수 있는 아날로그 또는 디지털 방식의 리던던트(redundant) 제어 시스템을 제공하는 것을 포함할 수 있다. 추가된 보호 층은 전지 스트링과 병렬로 구성된 스위치를 제어하는 제너 다이오드, 또는 전지 스트링을 단락시킬 수 있는 스위치를 제어하고 전압 표시를 측정하거나 수신하는 제2 디지털 제어기의 형태를 취할 수 있다. 도 9는 백업 아날로그 결합-안전 메커니즘의 예를 도시한다. 주 제어 신호(902)가 실패하고 주 제어 FET가 개방된 채로 유지된다면, 유선 OR 구성이 아날로그 백업 신호(904)가 백업 FET를 제어하게 할 수 있다. 이러한 아날로그 제어는 비교기, 연산증폭기(op-amp), 또는 유사한 장치(910)를 통해 측정된 전압(906)을 기준 전압(908)과 비교함으로써 구현된다. 측정된 전압이 기준 전압을 초과하면, 비교기는 백업 FET를 온 상태로 하는 백업 신호(904)를 생성할 수 있으며, 스위치를 효과적으로 연결한다.
- [0056] 기술된 결합-안전 구조들 및 기술들은 스위치들이 디폴트로 전력 없는 상태에서 "온" 상태로 되는 것을 가정하지만, 다른 실시예들에서, 전력이 제어 회로에 제공되지 않으면 구동 회로가 스위치로 하여금 디폴트로 "오프" 상태가 되게 할 수 있다. 또는, 일부 실시예들에서, 공핍-모드 FET와 같이 자연적으로 디폴트로 "온" 상태가 되는 스위치(들)가 구동 회로 및/또는 풀업/풀다운 저항기의 사용 없이 이용될 수 있다.
- [0057] 이제 도 10으로 돌아가면, 일부 실시예들에 따라, 전압을 클리핑하기 위한 그리고/또는 달리 PV 모듈 내의 태양 전지들을 바이패스하기 위한 방법을 나타내는 흐름도가 도시되어 있다. 다양한 실시예들에서, 도 10의 방법은 도시된 것보다 추가적인 (또는 더 적은) 블록들을 포함할 수 있다.
- [0058] 단계(1002)에서, PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로질러 전압이 측정될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 전압은 전지, 단일 태양 전지 스트링, 다수의 태양 전지 스트링들, PV 모듈 내의 각각의 태양 전지 스트링을 가로질러, 또는 하나 이상의 모듈을 가로질러 측정될 수 있다. 일 실시예에서, 전압은 전압 클리핑 및/또는 바이패스 회로를 내장하는 접속함 내에 위치한 전압 감지 회로를 이용하여 측정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 전압은 PV 라미네이트 내에서 측정될 수 있다.
- [0059] 설명의 많은 부분이 전압의 측정 및 전압의 클리핑에 초점을 맞추고 있지만, 일부 실시예들에서, 단계(1002)에서 전압을 측정하는 것 대신 또는 그에 더하여, 전지, 하나의 전지 스트링, 전지 스트링들, 각각의 전지 스트링을 가로질러, 또는 하나 이상의 모듈을 가로질러 전류가 측정될 수 있다.
- [0060] 단계(1004)에 예시된 바와 같이, 측정된 전압이 임계치를 초과하는지 또는 임계치 아래로 떨어지는지 여부가 결정될 수 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 일 실시예에서, 제어기는 예를 들어 전압 클리핑 응용을 위한 V_{mp} 또는 열점 보호 응용을 위한 0 V와 같은 하나 이상의 임계 전압(및/또는 전류)을 가지고 프로그래밍될 수 있거나, 일부 경우들에서 전압 클리핑을 위한 임계 전압 및 열점 보호를 위한 임계 전압과 같은 다수의 임계 전압들을 가지고 프로그래밍될 수 있다. 제어기가 PV 모듈의 각각의 스트링에 대해 별개의 임계 전압들을 가지고 프로그래밍될 수 있음에 주목한다. 예를 들어, 제어기는 3-스트링 PV 모듈 내의 각각의 스트링에 대해 하나씩의 임계 전압인, 3개의 전압 클리핑 임계 전압들을 가지고 프로그래밍될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 3개의 전압 클리핑 임계 전압들은 동일하거나 서로 상이할 수 있다.
- [0061] 일 실시예에서, 제어기는 단계(1002)에서 측정된 전압(및/또는 전류)의 표시를 수신할 수 있다. 전압 및 임계 전압의 수신된 표시의 비교에 기초하여, 제어기는 측정된 전압이 클리핑 임계 전압을 초과하는지 또는 열점 임계 전압 아래에 있는지 여부를 결정할 수 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 그러한 결정은 다른 예들 중에서도 스트링별 기준(string-by-string basis)으로, 전지별 기준(cell-by-cell basis)으로, 또는 모듈 레벨에서 이루어질 수 있다.
- [0062] 단계(1006)에 예시된 바와 같이, 전압이 임계치를 초과하거나 임계치 아래로 떨어진다는 결정에 응답하여 하나 이상의 스위치가 폐쇄될 수 있다. 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 것은 하나 이상의 연관된 태양 전지로부터의 전압이 PV 모듈의 출력 전압에 제공되는 것을 방지하는 것을 초래할 수 있다.
- [0063] 전압 클리핑 응용에서, 전압이 임계 전압을 초과한다는 결정에 기초하여, 제어기는 하나 이상의 스위치를 직접 인에이블시킬 수 있거나 하나 이상의 스위치를 인에이블시키라는 표시를 드라이버에 제공할 수 있다. 하나 이상의 스위치를 인에이블시킴으로써, 병렬 경로가 인에이블되어, 인에이블된 스위치(들)에 대응하는 태양 전지들이 더 이상 PV 모듈의 출력에 전압을 기여하지 않게 한다.

- [0064] 일 실시예에서, 제어기는 어떤 스트링을 클리핑할 것인지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 제어기는 어떤 스트링의 전압을 클리핑할 것인지를 선별적으로 선택함으로써 최대 전력 출력을 최적화할 수 있다. 모듈이 60 V의 전압 임계치를 갖고 스트링 1이 30 V를 기여하며, 스트링 2가 25 V를 기여하고, 스트링 3이 20 V를 기여한다면, 제어기는 스트링 3의 전압을 클리핑하도록 결정하여, 클리핑되지 않은 스트링들로부터의 총 전압이 60 V의 전압 임계치 아래에 있지만 스트링 1 또는 스트링 2가 클리핑되는 경우보다 더 높도록 한다.
- [0065] 단계(1008)에서, 하나 이상의 스위치를 개방할지 여부가 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스위치를 연결해제 또는 개방하는 것이 타이머에 기초하여 수행될 수 있다. 예를 들어, 스위치는 미리 결정되거나 무작위일 대기 기간 후에 연결해제될 수 있다. 특정 일례로서, 대기 기간은 대략 아날로그 회로의 완화 시간(relaxation time)일 수 있다. 별개의 타이머 및 기간이 각각의 스위치에 대해 사용될 수 있거나, 공동 타이머 및 기간이 다수의 스위치들(예컨대, 단일 모듈 내의 또는 다수의 모듈들에 걸친 다수의 스위치들)에 대해 사용될 수 있다. 따라서, 일 실시예에서, 타이머가 만료되면, 제어기는 타이머 만료 표시를 수신하고 나서 스위치를 연결해제할 수 있거나 또는 스위치를 연결해제하라는 표시를 드라이버에 제공할 수 있다. 과전압 상태가 여전히 존재한다면 스위치가 다시 연결될 수 있고 타이머가 재시작될 수 있도록, 프로세스가 반복될 수 있다(예컨대, 블록(1002) 및 블록(1004)). 과전압 상태가 더 이상 존재하지 않는다면, 제어기는 정상 동작으로 복귀하고 전압 모니터링을 재개할 수 있다.
- [0066] 일부 실시예들에서, 스위치를 연결해제하고 정상 동작으로 복귀할지 여부를 결정하는 것은 스위치가 연결해제되는 경우에 전압을 예측하기 위해 PV 모듈의 성능을 모델링하는 것을 포함할 수 있다. 그러한 모델링은 다른 데이터 중에서도 PV 모듈에 대한 데이터, 동작 파라미터들의 실시간 및/또는 이력 측정치, 통신 시스템으로부터의 데이터, 실시간 및/또는 예측 날씨 데이터에 기초할 수 있다. 모델링에 기초하여, 제어기는 정상 동작을 재개하고 스위치(들)를 연결해제할지 여부에 대한 결정을 내릴 수 있다. 제어기는 이어서 정상 동작으로 복귀하고 전압의 모니터링을 재개할 수 있다.
- [0067] 정상 동작을 재개하고 스위치(들)를 연결해제할지 여부를 결정하기 위한 다른 방법은 제어기가 각각의 스트링을 연속으로 단락시키면서 남아있는 2개의 스트링들을 개방 상태로 남겨두는 것이다. 3개의 스트링들 각각을 연속으로 단락시킴으로써, 적어도 제어기가 측정을 수행하기에 충분히 긴 시간 동안 임의의 바이패스 모드가 종료될 수 있다. 제어기는, 바이패스 스위치들의 임의의 조합 또는 모든 바이패스 스위치들이 연결해제된다면 생성될 총 전압을 결정하기 위해 연립방정식을 풀도록 구성될 수 있다. 결정된 총 전압이 임계 전압 아래에 있을 때, 제어기는 스위치들을 정상 동작을 위해 구성할 수 있다(그 모듈에 대한 모든 스위치들이 개방됨). 총 전압이 임계 전압 위에 있다면, 제어기는 미리 결정된 전압 제한을 초과함이 없이 최대 전력 생성을 초래하도록 스위치들을 구성할 수 있다.
- [0068] 3-스트링 PV 모듈에 대한 실제적인 예로서, 스트링 3이 단락될 수 있으면서 스트링 1 및 스트링 2가 단락되지 않으며, 이때 스트링 1 및 스트링 2는 스트링 1 및 스트링 2로부터의 총 전압 $a+b=X$ 를 생성한다. 유사하게, 스트링 1이 단락될 수 있으면서 스트링 2 및 스트링 3이 단락되지 않아, 스트링 2 및 스트링 3으로부터의 총 전압 $b+c=Y$ 를 발생시킨다. 총 전압 $a+c=Z$ 를 생성하기 위해서 스트링 2가 단락될 수 있으면서 스트링 1 및 스트링 3이 단락되지 않는다. 스트링 1로부터의 전압 기여 a , 스트링 2로부터의 전압 기여 b , 및 스트링 3으로부터의 전압 기여 c 를 결정하기 위해 연립방정식을 풀 수 있다. 전압 a , b 및 c 는, 총 전압이 안전한지 또는 스트링들 중 하나가 클리핑되어야 하는지를 결정하도록, 합산될 수 있다.
- [0069] 위에서 언급된 바와 같이, 제어기는 전력 생성을 최적화하면서 여전히 미리 결정된 전압 제한 아래에 있도록 어떤 스트링이 클리핑되어야 하는지를 결정할 수 있다. 간단한 수치 예를 사용하면, 모듈에 대한 임계 전압이 60 V이고, 스트링 1과 스트링 2의 합이 50 V로 측정되었고, 스트링 2 및 스트링 3의 합이 45 V로 측정되었으며, 스트링 1과 스트링 3의 합이 45 V로 측정되었다면, 스트링 1로부터의 기여는 25 V이고, 스트링 2로부터의 기여는 25 V이며, 스트링 3으로부터의 기여는 20V라고 결정될 수 있다. 제어기는 스트링 3이 바이패스되고 스트링 1 및 스트링 2가 45 V의 대안예보다 오히려 총 50 V의 총 전압을 위한 출력으로 전압을 제공하도록 최적의 방식으로 스위치들을 구성할 수 있다.
- [0070] 일 실시예에서, 복수의 태양 전지들을 가로질러 전류가 측정될 수 있다. 측정된 전류에 기초하여, 전압이 추정될 수 있다. 추정된 전압을 이용하여, 전압이 임계 전압을 초과할지 여부가 결정될 수 있다. 이어서, 전압이 안전하며 더 이상 클리핑될 필요가 없다고 결정되면, 스위치(들)가 개방될 수 있다.
- [0071] 위에서 언급된 바와 같이, 설명의 많은 부분이 전압 클리핑에 초점을 맞추고 있지만, 도 10의 방법은 전류 클리

핑 상황 또는 열점 바이패스 상황에서 동일하게 적용될 수 있다.

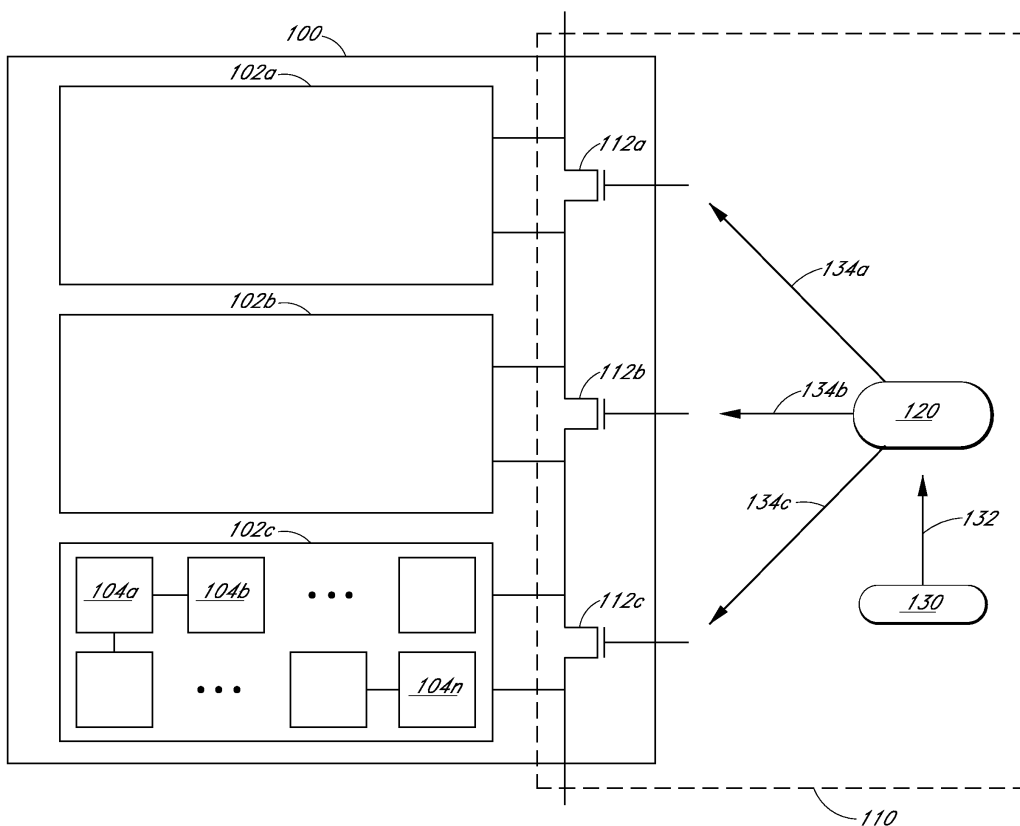
- [0072] 이제 도 11로 돌아가면, 일부 실시예들에 따라, 전압을 클리핑하기 위한 또는 달리 PV 모듈 내의 태양 전지들을 바이패스하기 위한 방법을 나타내는 흐름도가 도시되어 있다. 구체적으로, 흐름도는 바이패스 스위치에 대한 제어 메커니즘을 도시한다. 다양한 실시예들에서, 도 11의 방법은 도시된 것보다 추가적인 (또는 더 적은) 블록들을 포함할 수 있다.
- [0073] 도 10의 블록(1002)과 유사하게, 단계(1102)에서, PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로질러 전압이 측정될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 전압은 전지, 단일 태양 전지 스트링, 다수의 태양 전지 스트링들, PV 모듈 내의 각각의 태양 전지 스트링을 가로질러, 또는 하나 이상의 모듈을 가로질러 측정될 수 있다. 일 실시예에서, 전압은 전압 클리핑 및/또는 바이패스 회로를 내장하는 접속함 내에 위치한 전압 감지 회로를 이용하여 측정될 수 있다. 다른 실시예들에서, 전압은 PV 라미네이트 내에서 측정될 수 있다.
- [0074] 설명의 많은 부분이 전압의 측정 및 전압의 클리핑에 초점을 맞추고 있지만, 일부 실시예들에서, 단계(1102)에서 전압을 측정하는 것 대신 또는 그에 더하여, 전지, 하나의 전지 스트링, 전지 스트링들, 각각의 전지 스트링을 가로질러, 또는 하나 이상의 모듈을 가로질러 전류가 측정될 수 있다.
- [0075] 단계(1104)에 도시된 바와 같이, 바디 다이오드(또는 다른 다이오드)가 전도하고 있는지 여부가 결정될 수 있다. 그리고 단계(1006)에 예시된 바와 같이, 다이오드가 전도하고 있다는 결정에 응답하여 하나 이상의 스위치가 폐쇄될 수 있다. 일 실시예에서, 바디 다이오드(또는 다른 다이오드)를 가로지른 전압 강하를 감소시키기 위해 바이패스 상태가 검출될 때 병렬 전도 경로의 스위치를 연결함으로써 전지 스트링 바이패스 동안에 열 소산이 감소될 수 있다. 일 실시예에서, 바디 다이오드를 가로지른 전압이 미리 한정된 범위 내에 있을 때 FET가 온 상태로 될 수 있다.
- [0076] 단계(1108)에서, 모든 하위시스템들이 검사되었는지 여부가 결정된다. 그렇지 않다면, 일 실시예에서, 제어기는 바이패스 FET를 포함하는 각각의 하위시스템(예컨대, 전지 스트링)에 걸쳐 반복할 수 있으며, FET가 개방된 동안에 FET의 바디 다이오드를 가로지른 전압을 측정할 수 있다. 바디 다이오드가 전도하고 있다고 제어기가 결정하면, 바이패스 상태가 존재하며 제어기는 FET를 폐쇄함으로써 바이패스 스위치를 연결할 것이다. 어느 경우에서든, 제어기는 이어서 프로세스를 재시작하기 위해 다음 하위시스템에 대해 반복하거나 제1 하위시스템으로 리셋할 수 있다.
- [0077] 일 실시예에서, 병렬 경로를 개방하거나 폐쇄하는 스위치가 외부 시스템 통신(예컨대, 중앙 제어기)에 의존하지 않고 로컬로 제어될 수 있다. 다른 실시예들에서, 분산된 장치들에 대한 유선 또는 무선 통신을 통해 중앙 권한에 의해 절환이 제어될 수 있다. 다른 실시예에서, 중앙 제어기에 의해 로컬 제어기로 전송되는 하나 이상의 파라미터(예컨대, 최대 전압)를 사용하는 로컬 제어기에 의해 절환이 결정될 수 있다. 파라미터는 시스템의 동작 동안에 업데이트될 수 있다.
- [0078] 개시된 회로의 다양한 구성요소들 및/또는 개시된 기술들의 하나 이상의 부분이 메모리 상에 저장된 프로그램 명령어를 실행하는 프로세서 유닛에 의해 구현될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 프로세서 유닛은 하나 이상의 프로세서 또는 코어를 포함할 수 있다. 프로세서 유닛은 캐시(cache) 또는 다른 온-보드 메모리(on-board memory)의 형태를 포함할 수 있다. 메모리는 (예컨대, 프로세서 유닛에 의해 실행가능한 명령어 및 프로세서 유닛에 의해 사용되는 데이터를 저장하기 위해) 프로세서 유닛에 의해 사용가능하다. 메모리는 하드 디스크 저장장치, 플로피 디스크 저장장치, 이동식 디스크 저장장치(removable disk storage), 플래시 메모리, 랜덤 액세스 메모리(RAM-SRAM, EDO RAM, SDRAM, DDR SDRAM, 램버스(Rambus)(등록상표) RAM 등), ROM(PROM, EEPROM 등) 등을 포함하는 임의의 적합한 유형의 물리적 메모리 매체에 의해 구현될 수 있다. 메모리는 일 실시예에서 휘발성 메모리만으로 이루어질 수 있다.
- [0079] 다양한 실시예들에 따라, 회로는 (예컨대, 임계 전압을 나타내는 값을 수신하기 위해) 다른 장치들에 결합되고 다른 장치들과 통신하도록 구성된 I/O 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0080] 본 명세서에 개시된 다양한 기술들을 구현하도록 컴퓨터 시스템에 의해 실행가능한 명령어(및 선택적으로 데이터)를 저장하는 제조 물품이 또한 고려된다. 이들 제조 물품은 유형적인(tangible) 컴퓨터 판독가능한 메모리 매체를 포함한다. 고려되는 유형적인 컴퓨터 판독가능한 메모리 매체는 자기 매체(예컨대, 디스크) 또는 광학 매체(예컨대, CD, DVD 및 관련 기술 등)와 같은 저장 매체 또는 메모리 매체뿐만 아니라 컴퓨터 시스템(600)의 메모리 하위시스템의 부분들(제한 없이 SDRAM, DDR SDRAM, RDRAM, SRAM, 플래시 메모리 및 다양한 유형의 ROM 등)을 포함한다. 유형적인 컴퓨터 판독가능한 메모리 매체는 휘발성 또는 비휘발성 메모리일 수 있다.

- [0081] 특정 실시예들이 전술되었지만, 특정 특징부에 대해 단일 실시예만이 기술된 경우에도, 이들 실시예는 본 발명의 범주를 제한하도록 의도되지 않는다. 본 개시 내용에 제공된 특징부들의 예들은, 달리 언급되지 않는다면, 제한적이기보다는 예시적인 것으로 의도된다. 상기 설명은, 본 발명의 이익을 갖는 당업자에게 명백하게 되는 바와 같이, 그러한 대안예, 수정예 및 등가물을 포함하고자 의도된다.
- [0082] 본 발명의 범주는, 본 명세서에서 다루어지는 문제들 중 어느 문제 또는 모든 문제점들을 완화시키든 그렇지 않든 간에, 본 명세서에 (명백히 또는 암시적으로) 개시된 임의의 특징부 또는 특징부들의 조합, 또는 이들의 임의의 일반화를 포함한다. 따라서, 특징부들의 임의의 그러한 조합에 대해, 본 출원(또는 이에 대한 우선권을 주장하는 출원)의 진행 동안에 신규 청구항이 만들어질 수 있다. 특히, 첨부된 청구범위를 참조하여, 종속항으로부터의 특징부가 독립항의 특징부와 조합될 수 있고, 각자의 독립항으로부터의 특징부들은 첨부된 청구범위 내에서 열거된 특정 조합들 내에서만이 아니라 임의의 적당한 방식으로 조합될 수 있다.
- [0083] 일 실시예에서, 광기전(PV) 모듈은 복수의 태양 전지들, 및 PV 모듈로부터의 출력 전압이 복수의 태양 전지들로부터의 전압을 포함하는 제1 상태와 복수의 태양 전지들의 적어도 일부가 출력 전압에의 전압의 제공으로부터 바이패스되는 제2 상태 사이에서 전환하도록 구성되는 회로를 포함한다.
- [0084] 일 실시예에서, 회로는 제1 상태와 제2 상태 사이에서 전환하도록 구성된 전자 스위치를 포함한다.
- [0085] 일 실시예에서, 복수의 태양 전지들이 복수의 태양 전지 스트링들을 포함하고, 제2 상태에서 복수의 태양 전지 스트링들 중 하나 이상의 스트링이 출력 전압에의 제공으로부터 바이패스된다.
- [0086] 일 실시예에서, 회로는 복수의 태양 전지 스트링들의 각각의 스트링에 대응하는 별개의 스위치를 포함한다.
- [0087] 일 실시예에서, 제2 상태에서, 별개의 스위치들 중 적어도 하나는 그의 대응하는 태양 전지 스트링을 바이패스하도록 폐쇄된다.
- [0088] 일 실시예에서, 제2 상태에서의 PV 모듈로부터의 출력 전압은 제1 상태에서의 PV 모듈로부터의 출력 전압보다 대략 25% 더 낮다.
- [0089] 일 실시예에서, PV 모듈은 전압을 감지하도록 구성된 전압 감지 장치를 더 포함하고, 회로는 임계 전압을 초과하는 감지된 전압에 기초하여 제1 상태에서부터 제2 상태로 전환하도록 구성된다.
- [0090] 일 실시예에서, PV 모듈은 복수의 태양 전지들 중 하나 이상으로부터의 전류를 제한하도록 구성되는 추가 회로를 더 포함한다.
- [0091] 일 실시예에서, 회로는 스위치, 및 스위치와 병렬인 다이오드를 포함한다.
- [0092] 일 실시예에서, 전압 제한 장치는 광기전 모듈로부터의 출력 전압이 광기전 모듈의 복수의 태양전지 스트링들의 각각의 스트링으로부터의 전압을 포함하는 제1 상태와 광기전 모듈로부터의 출력 전압이 복수의 태양전지 스트링들 전부보다 적은 태양전지 스트링들로부터의 전압을 포함하는 제2 상태 사이에서 전환하도록 구성되는 회로를 포함한다.
- [0093] 일 실시예에서, 회로는 복수의 태양 전지 스트링들의 각각의 스트링에 대응하는 각자의 스위치를 포함한다.
- [0094] 일 실시예에서, 제2 상태에서, 출력 전압은 제1 상태에서의 출력 전압보다 대략 25% 더 낮다.
- [0095] 일 실시예에서, 회로는 태양 전지 스트링의 전압이 0V로 강하하는 것에 응답하여 전류를 제한하도록 구성된다.
- [0096] 일 실시예에서, 전류를 제한하도록 구성되는 회로는 태양 전지 스트링의 전압이 0V로 강하하는 것에 응답하여 전류를 제한하도록 구성되는 하나 이상의 스위치를 포함한다.
- [0097] 일 실시예에서, 광기전(PV) 모듈의 하나 이상의 전지를 바이패스하기 위한 방법은 PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로지른 전압을 측정하는 단계; 전압이 임계치를 초과하는지 또는 임계치 아래로 떨어지는지 여부를 결정하는 단계; 및
- [0098] 전압이 임계치를 초과하거나 임계치 아래로 떨어진다는 결정에 응답하여, 복수의 태양 전지들 중 하나 이상을 바이패스하도록 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 단계를 포함한다.
- [0099] 일 실시예에서, 상기 결정하는 단계는 전압이 임계치를 초과한다고 결정하는 단계를 포함하며, 상기 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 단계는 하나 이상의 태양 전지로부터의 전압이 PV 모듈의 출력 전압에 제공되는 것을 방지하게 한다.

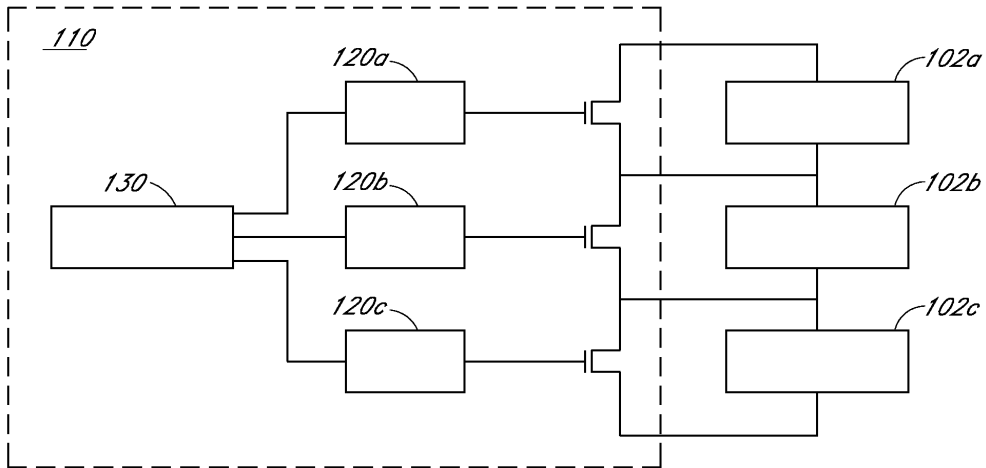
- [0100] 일 실시예에서, 이 방법은 PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로지른 전류를 측정하는 단계; 측정된 전류에 기초하여, 전압이 임계치를 초과하지 않을 것이라고 결정하는 단계; 및 복수의 태양 전지들 중 하나 이상의 태양 전지로부터의 전압이 PV 모듈의 출력 전압에 제공되는 것을 허용하도록 하나 이상의 스위치를 개방하는 단계를 더 포함한다.
- [0101] 일 실시예에서, 상기 결정하는 단계는 전압이 대략 0V의 임계치 아래로 떨어진다고 결정하는 단계를 포함한다.
- [0102] 일 실시예에서, 하나 이상의 스위치를 폐쇄하는 단계는 태양 전지 스트링이 출력 전압에 전압을 제공하는 것을 방지하도록 단일 스위치를 폐쇄하는 단계를 포함한다.
- [0103] 일 실시예에서, 이 방법은 일정 기간을 대기하는 단계; 하나 이상의 스위치를 개방하는 단계; 및 PV 모듈의 복수의 태양 전지들을 가로지른 전압을 측정하는 단계를 더 포함한다.

도면

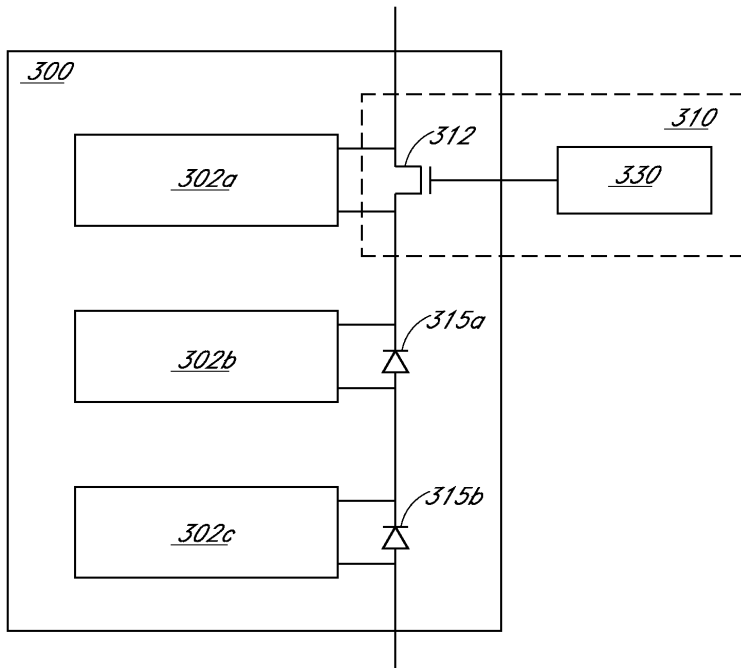
도면1



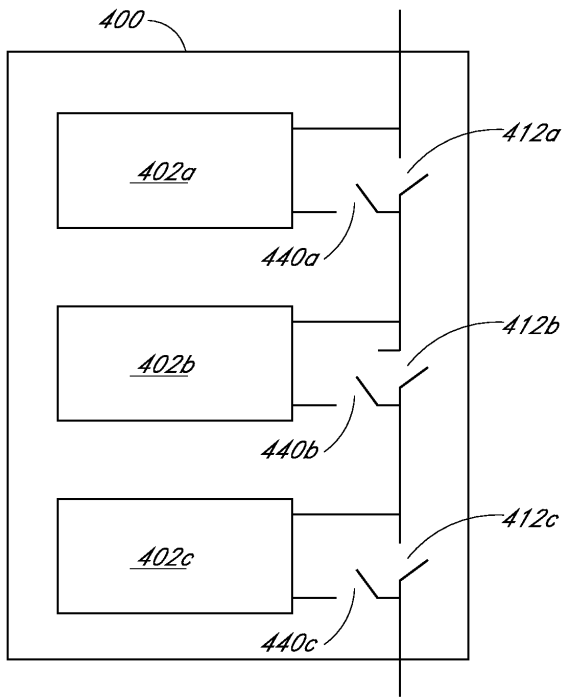
도면2



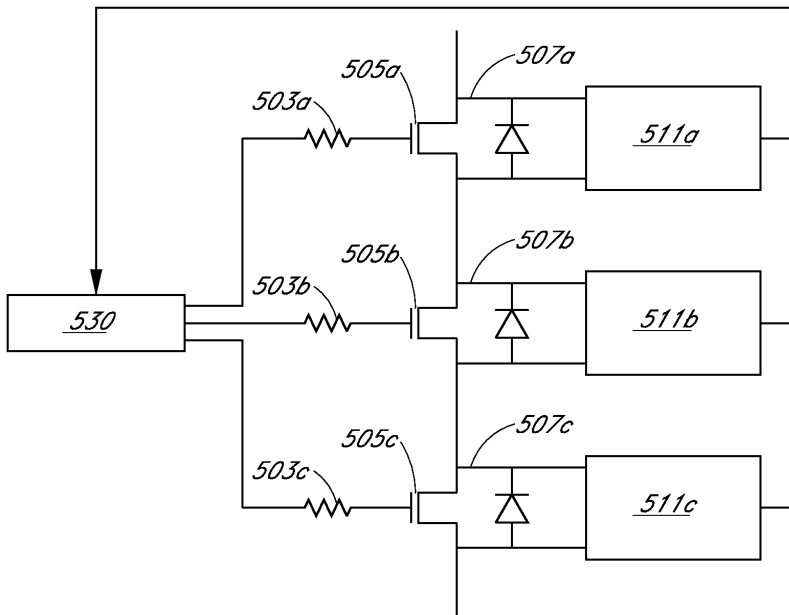
도면3



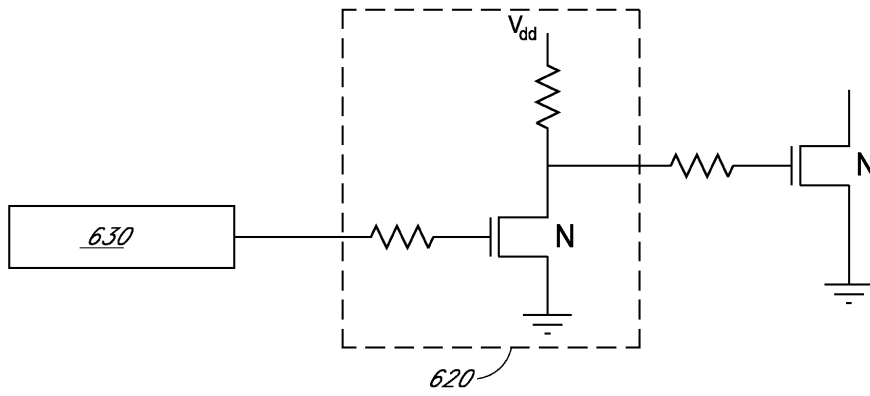
도면4



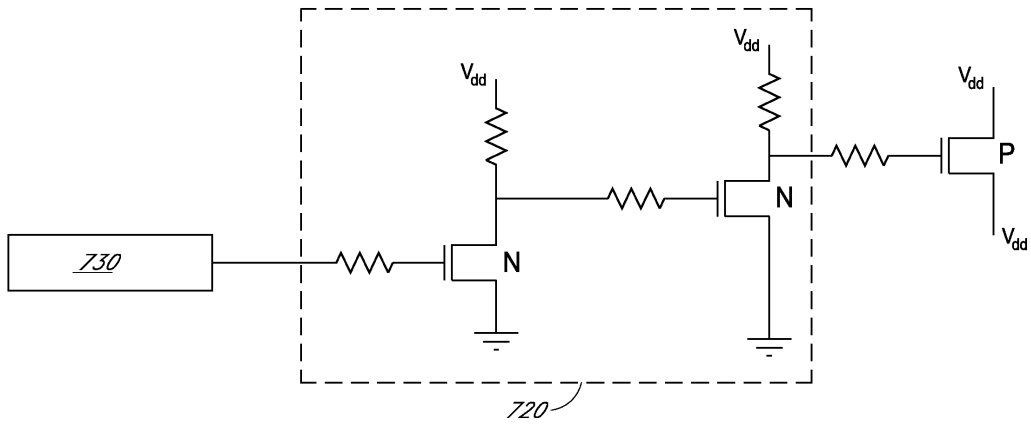
도면5



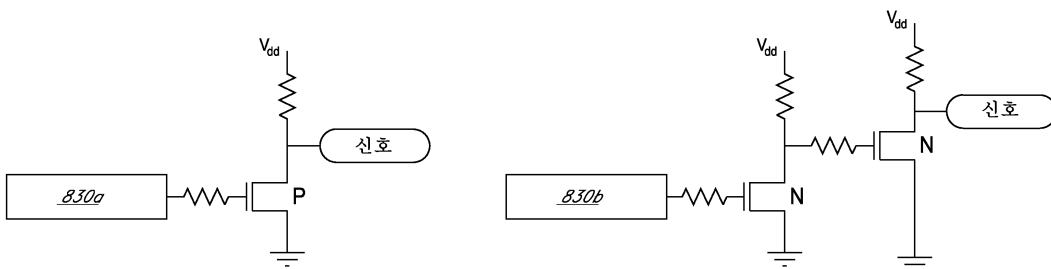
도면6



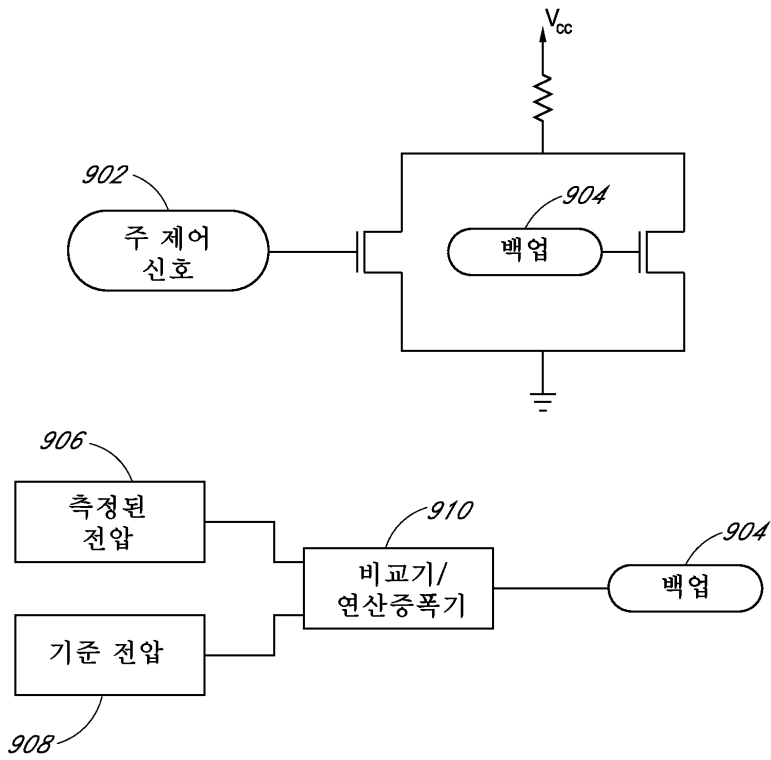
도면7



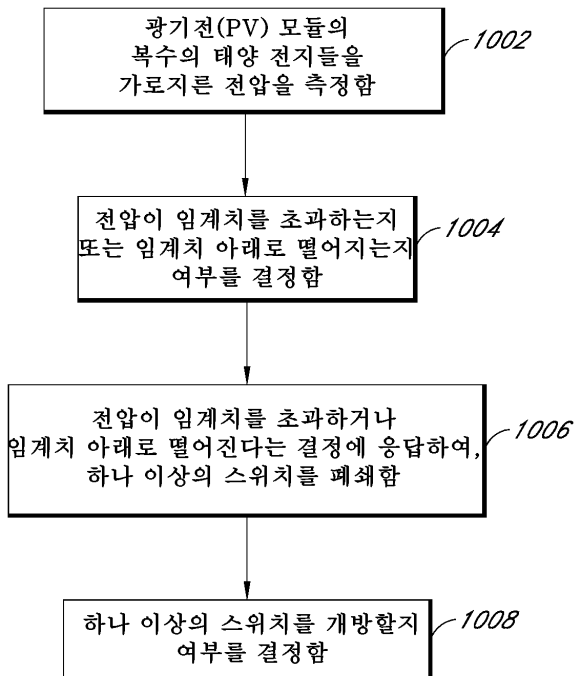
도면8



도면9



도면10



도면11

