



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월15일

(11) 등록번호 10-1520981

(24) 등록일자 2015년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05F 1/67 (2006.01) H02S 40/30 (2014.01)

(21) 출원번호 10-2009-7022284

(22) 출원일자(국제) 2008년03월24일

심사청구일자 2013년03월22일

(85) 번역출제출일자 2009년10월23일

(65) 공개번호 10-2009-0127940

(43) 공개일자 2009년12월14일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/003867

(87) 국제공개번호 WO 2008/121266

국제공개일자 2008년10월09일

(30) 우선권주장

11/731,455 2007년03월30일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20060170400 A1

WO2006005125 A1

(73) 특허권자

선파워 코퍼레이션

미국 95134 캘리포니아주 산 호세 리오 로블레스 77

(72) 발명자

클레인, 데이비드 엘

미국 94301 캘리포니아주 팔로 알토 알마 스트리트 1975

노우롤스키, 잔 마크

미국 94010 캘리포니아주 벨링게임 알버마를 웨이 1549

(74) 대리인

양영준, 백만기, 정은진

전체 청구항 수 : 총 19 항

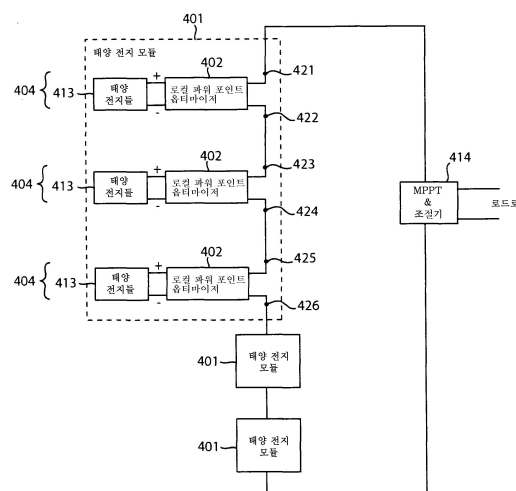
심사관 : 강병욱

(54) 발명의 명칭 태양 전지 설비를 위한 국부화된 파워 포인트 옵티마이저

## (57) 요약

일 실시예에서, 태양 전지 설비(solar cell installation)는 여러개의 태양 전지들(413)의 그룹을 포함한다. 각 태양 전지들(413)의 그룹은 이 그룹의 전력 발생을 제어하도록 구성된 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)를 포함한다. 이 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)는 태양 전지들(413)의 대응하는 그룹에 대한 최적의 동작 조건을 결정하도록 구성될 수 있다. 상기 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)는 펄스 폭 변조에 의해서와 같이, 트랜지스터를 모듈레이팅(modulate)함으로써 그 그룹의 동작 조건을 최적의 동작 조건으로 조절하여 설비로부터 그 그룹을 전기적으로 접속 및 접속해제할 수 있다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)는 전역적인 최대 파워 포인트 추적 모듈(414)과 관련하여 이용될 수 있다.

대표도 - 도4



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

태양 전지 설비(solar cell installation)로서,

로드(load)로의 전체 출력 전력을 발생시키도록 직렬로 상호접속된 복수의 태양 전지들의 그룹;

서로 직렬로 접속되어, 대응하는 태양 전지들의 그룹을 상기 복수의 태양 전지들의 그룹에서의 다른 태양 전지들의 그룹과 직렬로 상호 접속시키는, 상기 복수의 태양 전지들의 그룹에서의 각 태양 전지들의 그룹에 대한 개별적인 로컬 파워 포인트 옵티마이저 - 상기 로컬 파워 포인트 옵티마이저는 상기 로컬 파워 포인트 옵티마이저에 의해 결정되는 최대 전력을 전달하기 위하여 대응하는 태양 전지 그룹의 바이어스 포인트를 조절하도록, 상기 설비에 상기 대응하는 태양 전지 그룹을 전기적으로 접속 및 접속해제하도록 제1 트랜지스터를 모듈레이팅(modulating)하도록 구성된 파워 포인트 컨트롤러를 포함함 - ; 및

최대 파워 포인트 추적 모듈을 포함하고,

상기 최대 파워 포인트 추적 모듈은 상기 복수의 태양 전지들의 그룹의 동작 포인트를 조절하여, 상기 최대 파워 포인트 추적 모듈에 의해 결정되는 상기 로드로의 상기 전체 출력 전력을 최대화하도록 구성되는 태양 전지 설비.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 로컬 파워 포인트 옵티마이저는 상기 대응하는 태양 전지 그룹의 바이어스 포인트를 조절하기 위해 상기 제1 트랜지스터 및 제2 트랜지스터를 동기적으로 제어하고, 상기 제2 트랜지스터는 상기 제1 트랜지스터가 스위치 오프될 때 상기 대응하는 태양 전지 그룹을 통하는 전류 경로를 제공하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터는 PFET를 포함하고, 상기 제2 트랜지스터는 NFET를 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 대응하는 태양 전지 그룹의 전압 출력을 필터링하도록 구성된 출력 스테이지(output stage)를 더 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 출력 스테이지는 제1 단부 및 제2 단부를 포함하는 인덕터와, 제1 단부 및 제2 단부를 포함하는 캐패시터를 포함하고, 상기 인덕터의 상기 제1 단부는 상기 제1 트랜지스터에 접속되고, 상기 인덕터의 상기 제2 단부는 상기 캐패시터의 상기 제1 단부에 접속되고, 상기 캐패시터의 상기 제2 단부는 상기 복수의 태양 전지들의 또 다른 태양 전지들의 그룹의 또 다른 로컬 파워 포인트 옵티마이저에 접속되어 있는 태양 전지 설비.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터는 PFET를 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터는 NFET를 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터의 게이트에 추가적인 전압을 제공하여 상기 제1 트랜지스터가 스위치 온되게 하도록 구성된 전압원을 더 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 대응하는 태양 전지 그룹에 걸쳐 다이오드를 더 포함하고,

상기 다이오드는 상기 대응하는 태양 전지 그룹의 정상 동작 동안에 역바이어스가 되도록(reversed bias) 구성되어 있는 태양 전지 설비.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터가 스위치 오프될 때, 상기 대응하는 태양 전지 그룹에 의해 충전되도록 구성된 캐패시터를 더 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 12

태양 전지 설비 내의 태양 전지들의 전력 생성을 제어하는 방법으로서,

(a) 로드(load)로의 전체 출력 전력을 발생시키도록 직렬로 상호접속된 복수의 태양 전지들의 그룹을 제공하는 단계; 및

(b) 상기 복수의 태양 전지들의 그룹의 각 태양 전지들의 그룹마다:

(i) 태양 전지들의 그룹이 특정량의 전력을 발생시키는, 상기 태양 전지들의 그룹의 동작 조건을 결정하는 단계; 및

(ii) 결정된 동작 조건에 기초하여 상기 태양 전지들의 그룹이 상기 복수의 태양 전지들의 그룹에 대해 전력 기여(contribute)를 하는 시간량을 제어하는 단계를 포함하고,

상기 태양 전지 설비는,

최대 파워 포인트 추적 모듈을 포함하고,

상기 최대 파워 포인트 추적 모듈은 상기 복수의 태양 전지들의 그룹의 동작 포인트를 조절하여, 상기 최대 파워 포인트 추적 모듈에 의해 결정되는 상기 로드로의 상기 전체 출력 전력을 최대화하도록 구성되는 전력 생성 제어 방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 결정된 동작 조건은 상기 태양 전지들의 그룹이 최대 전력을 발생시키는, 상기 태양 전지들의 그룹의 전압 및 전류 출력을 포함하는 전력 생성 제어 방법.

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 태양 전지들의 그룹이 상기 복수의 태양 전지들의 그룹에 대해 전력 기여를 하는 시간량을 제어하는 단계

는, 상기 태양 전지들의 그룹을 상기 설비에 접속 및 접속해제하도록 제1 트랜지스터를 모듈레이팅(modulating)하는 단계를 포함하는 전력 생성 제어 방법.

#### 청구항 15

제12항에 있어서,

상기 태양 전지들의 그룹이 상기 복수의 태양 전지들의 그룹에 대해 전력 기여를 하는 시간량을 제어하는 단계는, 상기 태양 전지들의 그룹을 상기 설비에 접속 및 접속해제하도록 제1 트랜지스터 및 제2 트랜지스터를 동기식으로 스위칭하는 단계를 포함하는 전력 생성 제어 방법.

#### 청구항 16

태양 전지 설비로서,

직렬로 상호 접속된 복수의 태양 전지들의 그룹;

서로 직렬로 접속되어, 대응하는 태양 전지들의 그룹을 상기 복수의 태양 전지들의 그룹에서의 다른 태양 전지들의 그룹과 직렬로 상호 접속시키는, 상기 직렬로 상호 접속된 복수의 태양 전지들의 그룹에서의 각 태양 전지들의 그룹 마다의 전기 회로 - 상기 전기 회로는 대응하는 태양 전지 그룹이 목표(target) 전력 출력을 발생시키는, 상기 대응하는 태양 전지 그룹의 동작 조건을 결정하고, 상기 대응하는 태양 전지 그룹을 조절하여 상기 결정된 동작 조건에서 동작하도록 구성됨 - ; 및

최대 파워 포인트 추적 모듈을 포함하고,

상기 최대 파워 포인트 추적 모듈은 상기 복수의 태양 전지들의 그룹의 동작 포인트를 조절하여, 상기 최대 파워 포인트 추적 모듈에 의해 결정되는 로드로의 전체 출력 전력을 최대화하도록 구성되는 태양 전지 설비.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 전기 회로는 상기 대응하는 태양 전지 그룹을 상기 설비로부터 전기적으로 접속 및 접속해제하여 상기 대응하는 태양 전지 그룹이 상기 목표 전력 출력을 발생시키도록 제1 트랜지스터를 모듈레이팅하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 전기 회로는 상기 대응하는 태양 전지 그룹을 상기 설비로부터 전기적으로 접속 및 접속해제하여 상기 대응하는 태양 전지 그룹이 상기 목표 전력 출력을 발생시키도록 상기 제1 트랜지스터 및 제2 트랜지스터를 동기식으로 스위칭하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터는 PFET를 포함하고, 상기 제2 트랜지스터는 NFET를 포함하는 태양 전지 설비.

#### 청구항 20

제17항에 있어서,

상기 제1 트랜지스터는 NFET를 포함하는 태양 전지 설비.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 일반적으로 태양 전지(solar cells)에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 태양 전지 설비(solar cell

installations)에 관한 것이지만 이에 배타적인 것은 아니다.

## 배경 기술

[0002] 태양 전지는 태양 방사(solar radiation)를 전기 에너지로 전환시키기 위한 잘 공지되어 있는 장치이다. 이들은 반도체 처리 기술을 이용하여 반도체 웨이퍼 상에 제조된다. 일반적으로 말하자면, 태양 전지는 실리콘 기판에 P-형 및 N-형 확산 영역을 형성함으로써 제조될 수 있다. 태양 전지 상에 작용하는 태양 방사는 확산 영역들로 이동하는 전자들 및 정공들을 생성함으로써, 확산 영역들 간의 전압차를 일으킨다. 백-정선(back-junction) 태양 전지에서는, 확산 영역들 및 이들에 연결된 금속 그리드들 모두가 태양 전지의 배면층 상에 있다. 금속 그리드들은 외부 전기 회로가 태양 전지에 접속되어, 이 태양 전지에 의해 전력을 공급받을 수 있게 해준다.

[0003] 도 1에 도시된 것과 같은 태양 전지 설비는 통상적으로 인버터와 같은 로드(load)에 전달되는 전력을 발생시키기 위해 함께 묶인(strung) 복수의 태양 전지를 포함한다. 도 1에서, 이 설비는 각각이 태양 전지(102)와 다이오드(D1) 세트를 가지는 복수의 태양 전지 스트링(104)을 포함하는 태양 전지 모듈(100)을 포함한다. 이 설비는 하나 이상의 태양 전지 모듈을 포함할 수 있다. 최대 파워 포인트 추적 및 조절기 모듈(maximum power point tracking and regulator module; 103)은 채용되는 태양 전지 모듈들의 개수에 관계 없이 전체 설비에 대하여 전역적으로(on a global basis) 로드(100)에 전달되는 전력을 최적화한다.

[0004] 각각의 태양 전지(102)들의 세트는 직렬로 배열된 복수의 태양 전지를 포함할 수 있다. 각 다이오드(D1)는 스트링(104)에 결합이 있거나 스트링(104)이 이 설비의 총 전력 발생 능력을 끌어내리는(drag down) 경우 설비로부터 스트링(104)을 제거하는 것을 허용한다. 정상 동작 중에, 서브스트링(104)은 도 1에 도시된 극성을 가지도록 전력을 발생시킨다. 그 경우, 다이오드(D1)는 역 바이어스가 되어, 이 설비에 대해 어떠한 전기적 영향도 끼치지 않는다. 결합이 있는 경우, 스트링(104)은 극성을 변경하여 그 대응하는 다이오드(D1)가 순방향 바이어스되게 함으로써, 스트링(104)이 설비로부터 셉트(shunting off)되게 한다.

[0005] 도 1의 설비 및 유사 설비가 매우 필수적인 재생가능한(renewable) 에너지원을 제공한다고 해도, 이들의 전력 발생 능력을 향상시키기 위한 기술이 이들을 보다 경제적으로 보다 광범위한 용도로 실용가능하게 할 것이다.

## 발명의 상세한 설명

[0006] 일 실시예에서, 태양 전지 설비(solar cell installation)는 여러개의 태양 전지 그룹을 포함한다. 각 태양 전지 그룹은 그룹의 전력 발생을 제어하도록 구성된 로컬 파워 포인트 옵티마이저를 포함한다. 이 로컬 파워 포인트 옵티마이저는 대응하는 태양 전지 그룹에 대한 최적의 동작 조건을 결정하도록 구성될 수 있다. 상기 로컬 파워 포인트 옵티마이저는 설비로부터 그룹을 전기적으로 접속 및 접속해제하기 위해 펄스 폭 변조에 의해서와 같이, 트랜지스터를 모듈레이팅(modulate)함으로써 그 그룹의 동작 조건을 최적의 동작 조건으로 조절할 수 있다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저는 전역적인 최대 파워 포인트 추적 모듈과 관련하여 이용될 수 있다.

[0007] 본 발명의 이러한 특징들 및 다른 특징들은 당업자들이 첨부된 도면 및 청구범위를 포함하는 본 명세서의 전체를 읽었을 때 용이하게 명백해질 것이다.

## 실시예

[0015] 본 명세서에서는, 본 발명의 실시예들의 철저한 이해를 제공하기 위하여, 장치, 컴포넌트, 및 방법의 예시들과 같은 많은 상세한 사항들이 제공된다. 그러나 당업자들은 하나 이상의 구체적인 상세가 없이도 본 발명을 실행할 수 있다는 것을 인식할 것이다. 다른 예에서, 본 발명의 불명료한 양태를 피하기 위해 잘 공지된 상세한 사항들은 도시되거나 설명되지 않는다.

[0016] 도 2는 다양한 조명 레벨에서 동작하는 24개의 태양 전지들의 단일 스트링의 시뮬레이션된 응답을 도시한다. 도 2에서, 세로축과 가로축은, 각각, 이 스트링들의 전력 및 전압 출력을 나타낸다. 플롯(plot; 201)은 일사율이 1인 경우(1 sun of insolation)의 스트링 응답을 나타낸다. 플롯(202)은 일사율이 0.8인 경우에 대한 것이며 플롯(203)은 일사율이 0.6인 경우에 대한 것이다. 플롯(202) 및 플롯(203)에서 일사율이 1 미만인 것은 태양이 스트링 내의 태양 전지들 모두를 완전히 조명하는 것을 방해하는 먼지, 구름, 그림자 등에 의한 것일 수 있다.

[0017] 이 경우에 단일의 스트링을 포함하는 설비는 통상적으로 특정 출력 전압 및 전류(즉, 전력)를 발생시키도록 바이어스된다. 바이어싱 포인트(biasing point)는 본 명세서에서 "동작 조건"이라고도 칭한다. 이 설비가 최대

출력 전력을 발생시키는 "최대 파워 포인트"라 칭하는 특정 바이어스 포인트가 있음을 도 2로부터 알 수 있다. 설비가 발생시킨 전력은 최대 파워 포인트를 넘어서면 줄어든다.

[0018] 도 3은 각각이 24개의 태양 전지를 가지고 있는 직렬로 접속된 3개의 별개의 스트링의 시뮬레이션된 응답을 나타낸다. 도 3에서, 가로축은 출력 전압을 나타낸다. 왼쪽 세로축은 출력 전류를 나타내며 플롯들(302-304)로 진행되는 한편, 오른쪽 세로축은 출력 전력을 나타내며 플롯들(322-324)로 진행한다. 플롯(302)과 플롯(322)에서는, 3개의 스트링 모두가 동일하게 100% 일사율을 갖는다. 플롯(303)과 플롯(323)에서는, 2개의 스트링이 100% 일사율을 가지며 하나의 스트링은 80% 일사율을 가진다. 플롯(304)과 플롯(324)에서는, 2개의 스트링이 100% 일사율을 가지며 하나의 스트링은 60% 일사율을 가진다.

[0019] 도 2와 도 3을 비교해 보면, 3-스트링 설비(도 3)에 대한 단일의 스트링 상의 태양 방사에서의 감소는 단일의 스트링 설비(도 2)에서보다 훨씬 더 전체 출력 전력에 영향을 미친다. 한 스트링이 80% 태양광(즉, 0.8 sun)으로 조명되고 다른 2개의 스트링이 완전한 태양광(즉, 1 sun)으로 조명되는 플롯(303)과 플롯(323)의 경우, 설비는 195W(Watt)를 제공할 수 있었지만 179W만 제공하였다. 이는 성능에서의 16W 손실을 일으킨다. 이러한 성능차는 더 심각한 조명 감소로 표명된다.

[0020] 본 발명은 일반적으로 국부화된 파워 포인트 최적화를 제공함으로써 부분적인 조명 및 태양 전지 성능 변화에 관련된 이들 문제점들을 해결한다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저는 여러개의 태양 전지들의 그룹들을 가지는 설비 내의 태양 전지들의 각 그룹에서의 전력 발생을 관리하여 전체 설비가 로드에서 최적의 전력량을 전달하게 하도록 구성될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 이제 도 4로 시작하여 설명될 것이다. 다음의 실시예들은 벡 변환(buck conversion)을 설명하지만, 본 발명의 이점으로부터 벗어나지 않고, 부스트 변환(boost conversion), 선형적(연속적) 셉팅 기술(linear (continuous) shunting techniques), 및 AC 전력 변환과 같은 다른 접근법들 또한 이용될 수 있음을 유의한다.

[0021] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 태양 전지 설비를 개략적으로 도시한다. 도 4의 예에서, 설비는 하나 이상의 태양 전지 모듈("패널"이라고도 칭함; 401)을 포함한다. 각 태양 전지 모듈(401)은 복수의 태양 전지(413)를 포함할 수 있는데, 이러한 태양 전지들 각각은 백-정션 태양 전지(back-junction solar cell)를 포함할 수 있다. 태양 전지(413)들은 직렬로 접속되어 스트링을 형성할 수 있다. 도 4의 예에서, 스트링(404)은 직렬로 접속된 태양 전지들(413)의 그룹과 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)를 포함한다.

[0022] 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)는 여러개의 태양 전지들의 그룹을 갖는 태양 전지 설비에 대한 태양 전지들의 그룹의 전력 기여(contribution)를 최적화하도록 구성된 전기 회로를 포함할 수 있다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)는 최대 전력 전달 포인트(즉, 최대 파워 포인트)에서 태양 전지(413)들의 스트링을 로드하도록 구성될 수 있다. 도 4에는 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)가 설비에 어떻게 포함될 수 있는지에 대해 언급하기 위해 노드(421-426)가 도시된다.

[0023] 도 4의 설비는 또한 최대 파워 포인트 추적(maximum power point tracking; MPPT) 및 조절기 모듈(414)을 포함한다. 모듈(414)은 전체 설비에 대한 전역적인 최대 파워 포인트 추적을 제공하기 위한 상업적으로 이용가능한 MPPT 모듈을 포함할 수 있다. 모듈(414)은, 예를 들면, 주거용 가정, 상업용 건물(commercial structure), 산업 설비의 인버터에 접속될 수 있다. 이하에 보다 명백해질 바와 같이, 전역적인 최대 파워 포인트 추적에 관련된 국부화된 파워 포인트 최적화는 유리하게도 태양 전지 설비의 성능을 향상시킨다.

[0024] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)와 관련하여 이용되고 있는 직렬로 접속된 태양 전지들(413)의 그룹을 개략적으로 도시한다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)는 도 4에 도시된 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)의 구체적인 실시예이다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)는, 예를 들면, 노드(421 및 422)에 의해 도 4의 설비에 직렬로 접속될 수 있다.

[0025] 일 실시예에서, 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)는 직렬로 접속된 태양 전지들(413)에 의해 태양 전지들의 전체 설비에 기여되는 전력량을 제어하도록 구성된 전기 회로를 포함한다. 도 5의 예에서, 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)는 파워 포인트 컨트롤러(501), PFET(P-channel metal oxide semiconductor field effect transistor) Q1, 인덕터 L1 및 캐패시터 C2를 포함하는 출력 스테이지, 전력 리저브 캐패시터(power reserve capacitor) C1, 다이오드 D2, 및 감지 회로(503)를 포함한다. 감지 회로(503)는 저항, 비교기(comparator), 또는 스트링(404)의 전류 및 전압 출력을 감지하도록 구성된 기타 회로 장치 또는 컴포넌트를 포함할 수 있다.

[0026] 파워 포인트 컨트롤러(501)는 감지 회로(503)에 의해 스트링(404)의 전압 및 전류 출력을 모니터링하고, 그 스트링의 최대 파워 포인트를 결정하고, 트랜지스터 Q1의 스위칭을 제어하여 스트링의 바이어스 포인트를 이 결정

된 최대 파워 포인트로 조절하도록 구성된 전기 회로를 포함할 수 있다. 파워 포인트 컨트롤러(501)는 힐-클라이밍(Hill-climbing) 또는 RCC 알고리즘과 같은 통상의 최대 파워 포인트 추적 알고리즘을 채용하여 스트링의 최대 파워 포인트를 추적하고 이에 따라 최대 파워 포인트를 결정할 수 있다.

[0027] 도 5의 예에서, 파워 포인트 컨트롤러(501)는 태양 전지들(413)을 로딩하여 스트링의 바이어스 포인트를 최대 파워 포인트로 조절한다. 일 실시예에서, 파워 포인트 컨트롤러(501)는 PFET Q1의 스위칭을 제어하는 데에 이용되는 펄스 폭이 변조된 신호의 듀티 사이클(duty cycle)을 조절함으로써 이러한 조절을 한다. PFET Q1을 턴 온시키면 태양 전지들(413)이 태양 전지 설비의 나머지 부분에 전기적으로 접속된다. 역으로, PFET Q1을 턴 오프시키면 태양 전지들(413)의 태양 전지 설비의 나머지 부분과의 접속이 전기적으로 해제된다.

[0028] 파워 포인트 컨트롤러(501)는, 예를 들면, 마이크로컨트롤러를 이용하여 최대 파워 포인트 추적을 수행하고 백조절기를 이용하여 그의 파워 포인트를 최대 파워 포인트로 조절하기 위하여 스트링의 로딩을 제어하도록 구현될 수 있다. 파워 포인트 컨트롤러(501)는 태양 전지(413)가 최대 파워 포인트에서 전압 및/또는 전류를 발생시킬 수 있는 상황에서는 PFET Q1의 스위치를 온하고, 태양 전지(413)가 최대 파워 포인트에서 전압 및/또는 전류를 발생시킬 수 없는 상황에서는 PFET Q1의 스위치를 오프할 수 있다. 리저브 캐패시터(reserve capacitor) C1은 PFET Q1이 OFF일 때 태양 전지들(413)로부터의 전하를 저장하고 PFET Q1이 ON일 때 방전한다. 이는 태양 전지들(413)이 리저브 캐패시터 C1에 저장된 전하와 함께, 태양 전지(413) 자신만으로는 할 수 없는 상황에서도 최대 전력을 전달할 수 있게 해준다. 따라서 리저브 캐패시터 C1은 유리하게도 태양 전지(413)가 설비에 접속되어 설비에 전력 기여를 할 수 있는 시간을 늘린다.

[0029] 구체적인 예로서, 로드(예를 들면, 인버터)가 5A(ampere)를 필요로 하지만, 스트링은 구름의 가려짐에 의하여 또는 다른 이유로 최대 4A만 제공할 수 있다고 가정하면, 파워 포인트 컨트롤러(501)는 스트링을 바이패스하여 대략 1A의 전류가 다이오드 D2를 지나가도록, PFET Q1의 스위칭을 조절할 것이다. 이것의 궁극적인 영향은 스트링이 더 높은 전류에서 저전력 발생 상태에 있기 보다는, 여전히 그 시점에서의 최대 파워 포인트인 4A를 설비에 제공할 것이라는 점이다.

[0030] 다이오드 D2는 PFET 트랜지스터가 스위치 오프될 때 스트링을 통하는 전류 경로를 제공한다. 다이오드 D2는 또한 매우 낮은 전력 발생 또는 결합 동안 등에서 태양 전지(413)가 극성을 반전시킬 때 태양 전지(413)를 설비로부터 섀트하기(shunting OFF) 위한 안전 수단으로서 작용한다. 다이오드 D2는 역 바이어스되고, 따라서 그 경우에는, 정상 동작 동안 스트링의 동작에 영향을 미치지 않는다.

[0031] 인덕터 L1 및 캐패시터 C2는 급격하게 변하기 보다는 안정적인 전압을 제공하도록 스트링의 출력을 필터링하기 위한 출력 스테이지를 형성한다. 인덕터 L1 및 캐패시터 C2가 모든 스트링에 필요한 것은 아님을 유의한다. 비용을 절감하고 개선된 효과를 위하여, 인덕터 L1 및 캐패시터 C2는 도 4의 설비의 스트링들(404) 중 전부는 아니고 일부만으로 제한될 수 있다. 응용에 따라, 인덕터 L1 및 캐패시터 C2는 또한 이 설비로부터 완전히 생략될 수도 있다.

[0032] 5A 회로에 대한 적절한 값들은 캐패시터 C1 및 C2에 대하여 약 1mF(milli Farad)이고 인덕터 L1에 대하여 10mH(micro Henry)이다. 캐패시터 C1 및 C2는 바람직하게는 높은 리플 전류 용량(ripple current capability)(예를 들면, >5A) 및 낮은 ESR을 가진다. 인덕터 L1은 바람직하게는 낮은 저항을 가지며 6A 보다 큰 전류를 처리할 수 있다. PFET Q1은 바람직하게는 가능한 낮은 ON 저항을 가진다(예를 들면, ST Microelectronics사의 STP80PF55 트랜지스터; 0.016  $\Omega$ (Ohm) 온 저항). 적절한 다이오드 D2로는 International Rectifier사의 80SQ04 다이오드를 포함한다. PFET Q1의 스위칭 기간은 선택된 컴포넌트들에 기초하여 최적화될 수 있지만, 응용에 따라 10-100 kHz가 적절할 수 있다.

[0033] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)와 관련하여 이용될 수 있는 직렬로 접속된 태양 전지들(413)의 그룹을 개략적으로 도시한다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)는 도 4에 도시된 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)의 구체적인 실시예이다.

[0034] 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)는 NFET(N-channel metal oxide semiconductor field effect transistor) Q2가 추가된 점을 제외하고는 도 5의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)와 동일하다. NFET Q2는 PFET Q1이 오프될 때 스트링을 통하는 (다이오드 D2에 비하여) 낮은 손실 전류 경로를 제공한다. 파워 포인트 컨트롤러(501)와 파워 포인트 컨트롤러(502)는 파워 포인트 컨트롤러(502)가 트랜지스터 Q1 및 Q2를 동기식으로 스위칭한다는 점(즉, NFET Q2가 오프일 때는 PFET Q1은 온이고, PFET Q1이 오프일 때는 PFET Q2가 온이됨)을 제외하고는 서로 동일하다. 다이오드 D2는 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)의 선택적인 안전 수단이다. 다이오드

D2는 일부 응용에서는 생략될 수 있다. 그 외의 경우에는 파워 포인트 옵티마이저(402B)와 파워 포인트 옵티마이저(402A)의 컴포넌트들 및 그 동작은 서로 동일하다.

[0035] 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)는 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B) 보다 더 적은 컴포넌트들을 가지며, 따라서 제조 단가가 줄어든다. 그러나, 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)는 더 높은 효율을 요구하는 응용들에 바람직하다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)와 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B) 모두의 한계는 PFET Q1과 같은 P-채널 MOSFET가 온일 때 약 0.02 Ω의 최소 저항을 갖는다는 것이다. 이는 PEFT의 비효율성에 의해 대략 0.5 W가 낭비됨을 의미한다. 비용은 더 들지만 성능이 더 좋은 대안으로는 상부측 스위치(high side switch)로서 NFET를 이용하는 것이다. 그러나, NFET를 상부측 스위치로서 채용하는 것은 일부 태양 전지 스트링들의 출력 전압보다 더 전압이 높은 전압원을 요구할 것이다. 이는 도 7 및 도 8에 도시된 전압원(702)과 같은 추가적인 전압원의 이용을 필요로 한다.

[0036] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402C)와 관련하여 이용되고 있는 직렬로 접속된 태양 전지들(413)의 그룹을 개략적으로 도시한다. 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402C)는 도 4에 도시된 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402)의 구체적인 실시예이다.

[0037] 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402C)는 PFET Q1 대신에 NFET Q3를 이용한다는 점을 제외하고는 도 5의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)와 동일하다. NFET Q3는 NFET Q3를 스위치 온하기에 충분한 게이트 전압을 허용하는 전압원(702)에 연결된다. 일 실시예에서, 전압원(702)은 대략 5V를 제공한다. 전압원(702)은 태양 전지 설비, 전압 변환기 회로(예를 들면, 차지 펌프), 태양 전지 모듈에서 지정된 태양 전지, 등에서의 다른 스트링일 수 있다. 파워 포인트 컨트롤러(501)와 파워 포인트 컨트롤러(701)는 파워 포인트 컨트롤러(701)가 NFET Q3를 스위치 온 하기 위해 추가적인 전압을 제공한다는 점을 제외하고는 서로 동일하다. 그 외의 경우에는 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402A)와 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402C)의 컴포넌트들 및 동작은 서로 동일하다.

[0038] 도 8에 도시된 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402D)는 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402C)의 동기식 버전이다. 컨트롤러(801-1)와 컨트롤러(801-2)인 2개의 부분으로 도시된 파워 포인트 컨트롤러(801)는 전과 같이 스트링의 바이어스 포인트를 조절하도록 NFET Q3 및 NFET Q2를 동기식으로 제어한다. 전압원(702)은 파워 포인트 컨트롤러(801)가 NFET Q3를 온(ON) 시키기에 충분한 전압을 NFET Q3의 게이트에 인가하게 해준다.

[0039] 파워 포인트 컨트롤러(801)는 파워 포인트 컨트롤러(801)가 NFET Q3와 NFET Q2를 동기적으로 제어한다는 점을 제외하고는 파워 포인트 컨트롤러(501)와 동일한 방식으로 동작한다. NFET Q3는 NFET Q2가 온일때 스위치 오프되고, NFET Q2가 오프일때는 스위치 온된다. 도 6의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)에서와 같이, NFET Q2는 NFET Q3가 오프일 때는 (다이오드 D2에 비하여) 낮은 손실의 전류 경로를 제공한다. 다이오드 D2는 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402D)에서의 선택적인 안전 수단이다. 다이오드 D2는 일부 응용에서는 생략될 수 있다. 그 외의 경우에는 파워 포인트 옵티마이저(402D)와 파워 포인트 옵티마이저(402A)의 컴포넌트들 및 그 동작은 서로 동일하다. 5A 회로에 대한 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402D)에 적절한 값들이 표 1에 도시된다.

**표 1**

| 컴포넌트 | 값                 | 손실 정보                 | 부품 번호                              |
|------|-------------------|-----------------------|------------------------------------|
| C1   | 3900 $\mu$ F, 25V | 16m $\Omega$ @20C     | UPW1E392MHH Nichicon               |
| C2   | 1000 $\mu$ F, 25V | 30m $\Omega$ @20C     | UPW1E102MPD Nichicon               |
| Q3   | IRF6678           | 3m $\Omega$ , Qg=43nC | International Rectifier            |
| Q2   | FDS6690ACT        | 12m $\Omega$ , Qg=9nC | Fairchild Semiconductor<br>동기식 FET |
| L1   | ~60-120 $\mu$ h   |                       | Micrometals T130-53 또는 유사품         |

[0041] 도 9는 각각이 24개의 태양 전지를 갖는 30개의 스트링들을 구비한 테스트 태양 전지 모듈의 시뮬레이션된 응답을 도시한다. 세로축은 테스트 모듈의 최대 전력 출력을 와트(Watts)로 나타내는 한편, 가로축은 단일 스트링의 성능 저하를 퍼센트로 나타낸다. 도 9에서, 플롯(903)은 스트링 중 하나가 디그레이드(degrade)되어 있는 모든 30개의 스트링에 대한 단일의 전역적인 최대 파워 포인트 추적을 이용했을 때의 테스트 모듈의 응답이다. 플롯(902)은 스트링 중 하나가 디그레이드되어 있는 모든 30개의 스트링에 대한 단일의 전역적인 최대 파워 포인트 추적, 및 각 스트링에 대한 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)(도 6 참조)를 이용할 때의 테스트 모듈의

응답이다. 플롯(902)은 99% 효율의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)를 가정한 것이다. 플롯(901)은 100% 효율의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)인 이상적인 경우에서의 플롯(902)과 동일하다.

[0042]

도 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 대략 8%가 초과하는 하나의 스트링 성능저하(degradation)에 대하여, 통상의 최대 파워 포인트 추적 접근법(플롯(903))은 테스트 모듈로부터 이용가능한 최대 전력을 회복시키지 않는다. 실제로, 개개의 스트링이 대략 15%가 초과하는 성능 저하를 가질 때, 통상적인 접근법은 디그레이드된 스트링이 0인 전력을 제공하는 바이어스 포인트에서의 전체 테스트 모듈을 이용한다. 대조적으로, 로컬 파워 포인트 최적화(플롯(902 및 901))는 테스트 모듈의 모든 스트링의 성능이 다른 것들에 비해 얼마나 저하될 수 있는지에 관계 없이 이 스트링들이 로드 전력을 항상 제공하는 것을 보장한다. 기준 포인트로서, 이상적인 경우인, 100% 효율의 로컬 파워 포인트 최적화(플롯(901))는 안전한 다이오드(예를 들면, 다이오드 D2)가 결코 순방향 바이어스되지 않음을 보장한다.

[0043]

도 10은 각각이 24개의 태양 전지를 갖는 30개의 스트링을 구비하는 테스트 태양 전지 모듈의 시뮬레이션된 응답을 나타낸다. 세로축은 테스트 모듈의 회복가능한 전력을 와트로 나타내는 한편, 가로축은 2개의 스트링의 성능 저하를 퍼센트로 나타낸다. 도 10에서, 플롯(906)은 스트링 중 2개가 디그레이드되어 있는 모든 30개의 스트링에 대하여 단일의 전역적인 최대 파워 포인트 추적을 이용할 때의 테스트 모듈의 응답이다. 플롯(905)은 스트링 중 2개가 디그레이드되어 있는 모든 30개의 스트링에 대하여 단일의 전역적인 최대 파워 포인트 추적, 및 이 스트링 각각에 대하여 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)를 이용할 때의 테스트 모듈의 응답이다. 플롯(905)은 99% 효율의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)를 가정한다. 플롯(906)은 100% 효율의 로컬 파워 포인트 옵티마이저(402B)인 이상적인 경우에서의 플롯(905)과 동일하다.

[0044]

도 10에서 알 수 있는 바와 같이, 테스트 모듈의 30개의 스트링 중 2개의 스트링의 20% 성능 감소에 대하여, 99% 효율의 로컬 파워 포인트 최적화(플롯(905))는 테스트 모듈로부터 통상적인 접근법(플롯(906))에 비하여 90W(110W-20W)를 더 추출할 수 있다.

[0045]

본 발명의 특정 실시예가 제공되었지만, 이들 실시예는 예시를 위한 것이며 한정적인 것이 아니라고 이해되어야 한다. 많은 추가적인 실시예들이 이 개시물을 읽음으로서 당업자들에게 명백해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0008]

도 1은 통상적인 태양 전지 설비를 개략적으로 도시하는 도면.

[0009]

도 2는 다양한 조명 레벨에서 동작하는 단일의 태양 전지 스트링의 시뮬레이션된 응답을 도시하는 도면.

[0010]

도 3은 각각이 다양한 조명 레벨을 가지고 있는, 직렬로 접속된 3개의 개별적인 스트링의 시뮬레이션된 응답을 도시하는 도면.

[0011]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 태양 전지 설비를 개략적으로 도시하는 도면.

[0012]

도 5 내지 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 로컬 파워 포인트 옵티마이저와 관련하여 이용되고 있는 직렬로 접속된 태양 전지들의 그룹을 개략적으로 도시하는 도면.

[0013]

도 9 및 도 10은 본 발명의 실시예들의 예상 성능을 나타내는 시뮬레이션된 응답을 도시하는 도면.

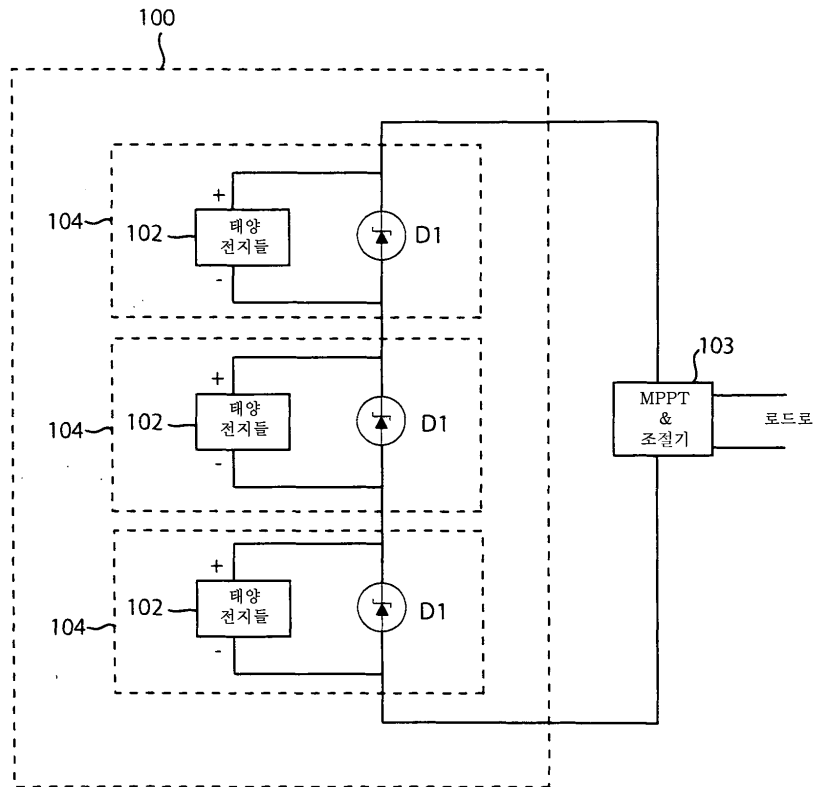
[0014]

서로 다른 도면들에서의 동일한 참조 라벨의 사용은 동일하거나 유사한 컴포넌트를 나타낸다.

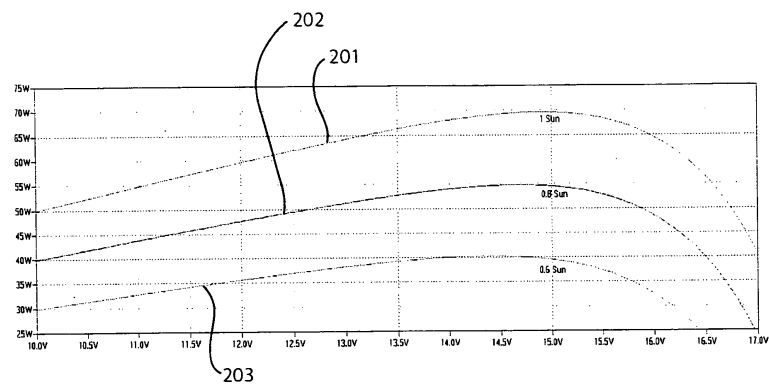
도면

도면1

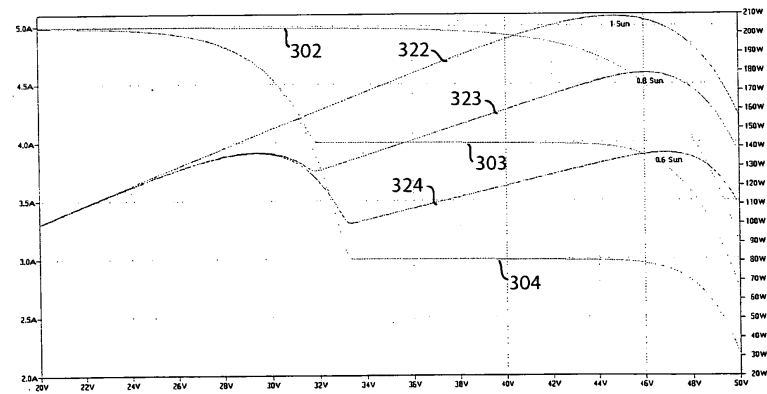
(종래 기술)



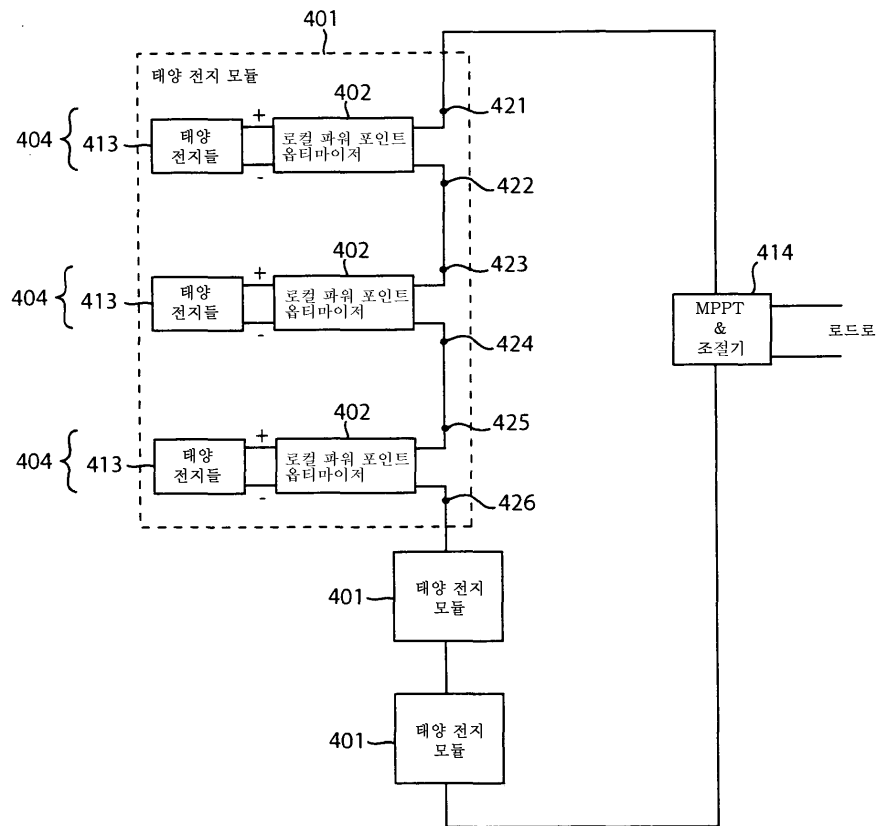
도면2



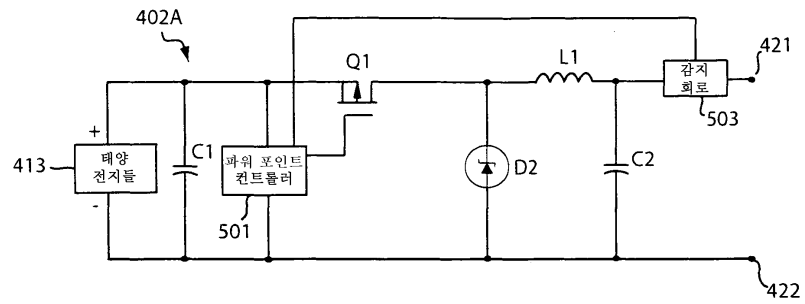
도면3



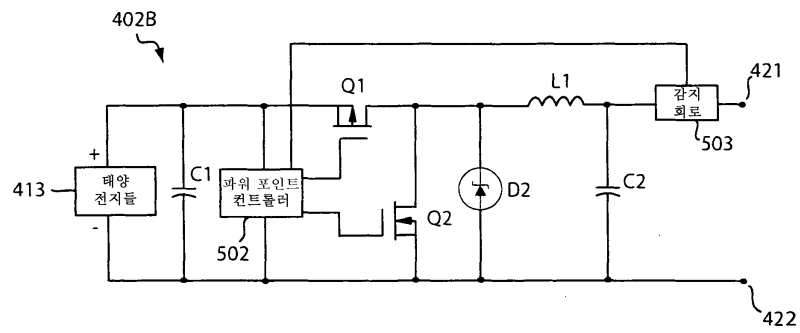
도면4



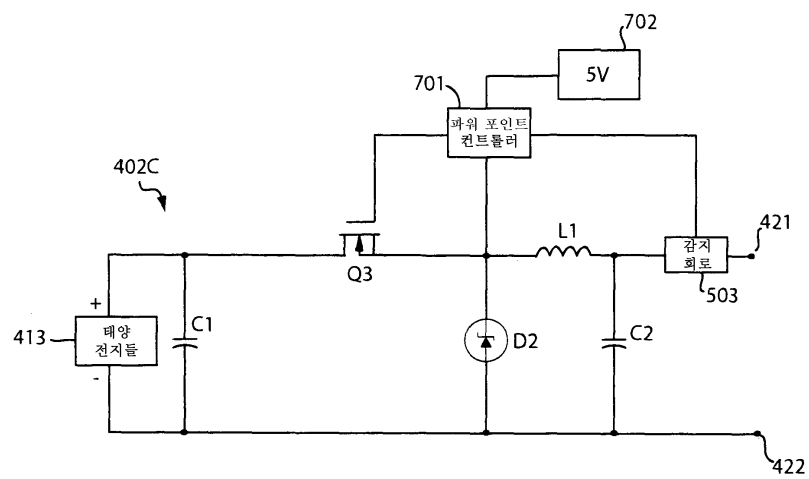
도면5



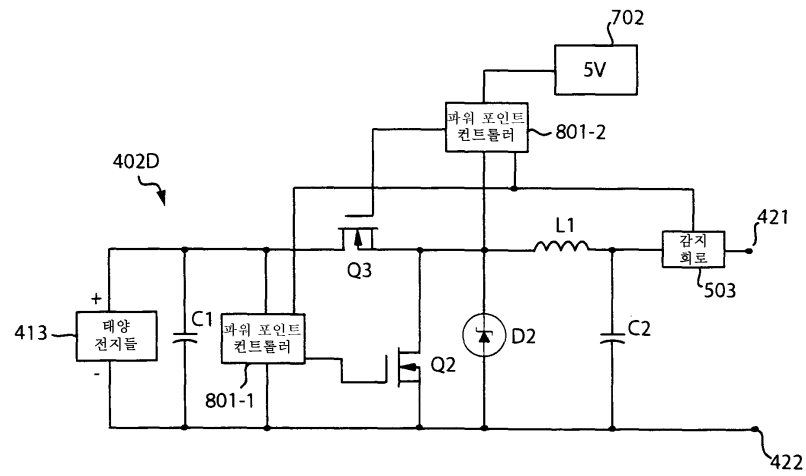
도면6



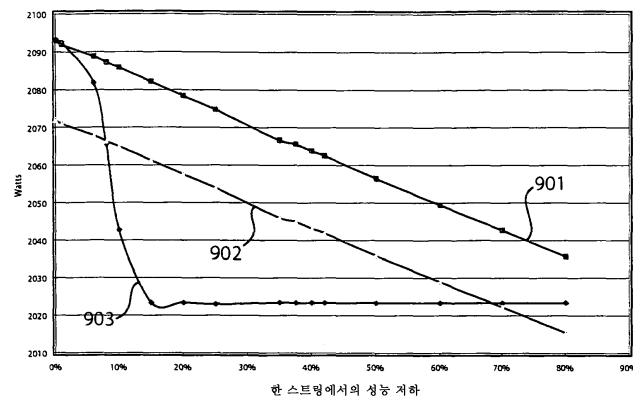
도면7



도면8



도면9



도면10

