



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월29일  
(11) 등록번호 10-2245969  
(24) 등록일자 2021년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02S 50/00 (2014.01) H02J 3/38 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
H02S 50/00 (2013.01)  
H02J 3/385 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0150546

(22) 출원일자 2019년11월21일

심사청구일자 2019년11월21일

(56) 선행기술조사문헌

양형규, et al. "태양광 시스템의 전 범위 전력점 추종을 위한 CPG 알고리즘에 관한 연구." 전력전자학회논문지 24.2 (2019): 111-119.

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

박정욱

서울특별시 강남구 압구정로29길 71, 20동 701호 (압구정동, 현대아파트)

양형규

서울특별시 서대문구 성산로22길 34-19, 203호

(74) 대리인

오위환, 나성곤, 정기택

심사관 : 전병식

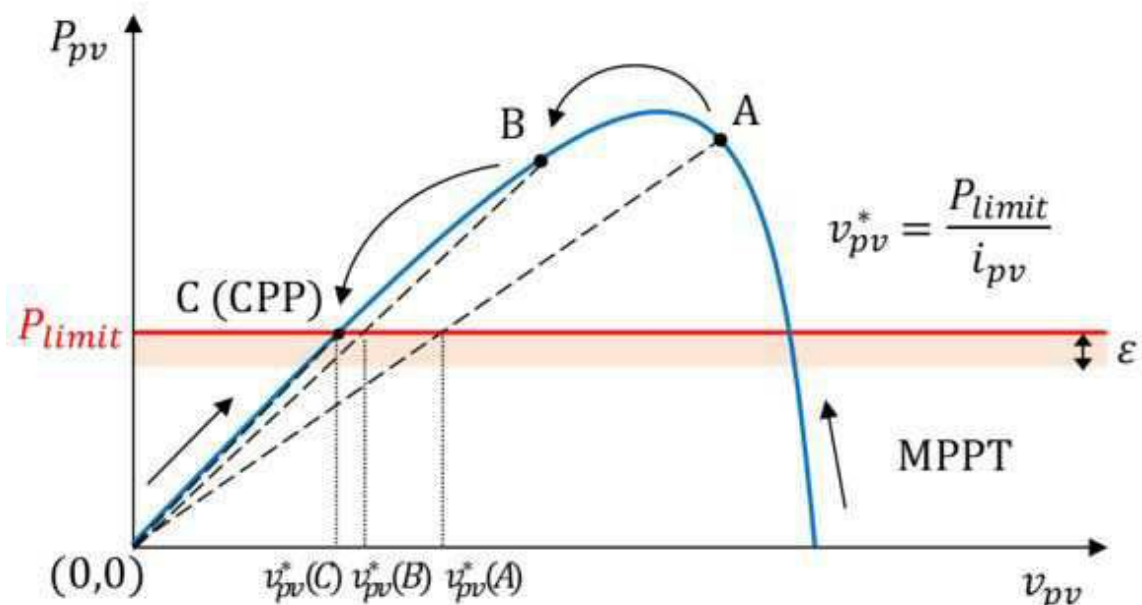
(54) 발명의 명칭 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 일정 출력 제어 방식의 실시간 CPP(Constant Power Point) 추종을 통해 급격히 변하는 일사량 조건에서 빠른 반응으로 일정 출력을 유지할 수 있도록 한 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 태양광 패널;태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ ), 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ ), 태양광 패널 출

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



력 전류( $i_{pv}$ )를 입력 받아 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 출력하는 CPG 제어기; 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )과 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )을 입력 받아 듀티비( $D$ )를 출력하여 두 값의 오차가 0이 되도록 하는 DC-전압 제어기; 듀티비( $D$ )를 입력 받아 PWM 신호를 출력하여 태양광 패널에 연결된 DC/DC 컨버터를 제어하는 PWM 제어 신호 생성기; PWM 신호를 입력 받아 일정 출력 제어를 수행하는 DC/DC 컨버터; DC/DC 컨버터에 연결되어 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 계통으로 출력하는 DC/AC 인버터; 를 포함하고, 현재 출력 점으로 부터 원점을 향하는 직선을 그어  $P_{limit}$  선과의 교점을 찾고 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )으로 하고, 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )이 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 추종하는 일정 출력 제어 방식으로 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하는 것이다.

(52) CPC특허분류

Y02E 10/56 (2020.08)

(56) 선행기술조사문헌

양형규, 이준혁, and 박정욱. "태양광 시스템의 전 범위 전력점 추종을 위한 CPG 알고리즘 비교." 전력전자학회 학술대회 논문집 (2018): 358-359.

Bang, Taeho, Sunho Lee, and Jung-Wook Park. "New Control Strategy for Synchronous Rectifier to Maximize Efficiency of Full-Bridge Converter with Asymmetric PWM Method." Journal of Electrical Engineering KR1020120080107 A

KR1020160075959 A

KR101403556 B1

KR1020120027782 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415163443
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	스마트그리드핵심기술개발(R&D)
연구과제명	배전 혼잡선로 해소를 위한 태양광/ESS 일체형 시스템 및 EMS 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711097641
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	전력계통 신뢰성 향상을 위한 신재생에너지원 통합 최적운영 및 해석 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.08.01 ~ 2019.11.30

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

태양광 패널;

태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ ), 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ ), 태양광 패널 출력 전류( $i_{pv}$ )를 입력 받아 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 출력하는 CPG 제어기;

태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )과 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )을 입력 받아 듀티비( $D$ )를 출력하여 두 값의 오차가 0이되도록 하는 DC-전압 제어기;

듀티비( $D$ )를 입력 받아 PWM 신호를 출력하여 태양광 패널에 연결된 DC/DC 컨버터를 제어하는 PWM 제어신호 생성기;

PWM 신호를 입력 받아 일정 출력 제어를 수행하는 DC/DC 컨버터;

DC/DC 컨버터에 연결되어 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 계통으로 출력하는 DC/AC 인버터;를 포함하고,

현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선을 그어  $P_{limit}$  선과의 교점을 찾고 교점의 전압 값( $v_{pv}^{*(A)}$ )을 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )으로 하고, 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )이 교점의 전압 값( $v_{pv}^{*(A)}$ )을 추종하는 일정 출력 제어 방식으로 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하기 위하여,

태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하여 비교 결과에 따라 MPPT 제어를 수행하거나, 실시간으로 CPP 전압을 예측하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하여,

$P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 작으면 기존 MPPT 제어를 수행하고,

$P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 크면 실시간으로 CPP 전압을 예측하고, 여기서  $\varepsilon$ 은 CPP의 출력 여유인 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선과  $P_{limit}$  선의 교점의 전압 값을 구하는 수식은,

$$v_{pv}^* = \frac{P_{limit}}{P_{pv}} \cdot v_{pv} = \frac{P_{limit}}{i_{pv}} \quad \text{이고,}$$

$P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 큰 경우에 식을 통하여 추종할 전압을 계산하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치.

## 청구항 5

태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하는 단계;

비교 결과에 따라 MPPT 제어를 수행하거나, 실시간으로 CPP 전압을 예측하는 단계;

현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선을 그어  $P_{limit}$  선과의 교점을 찾고 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )으로 하는 단계; 및

DC-전압 제어기의 동작으로 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )이 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 추종하여 값이 감소하고, 실시간으로 새로운 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*(B)$ )를 계산하여 이를 추종하여 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 방법.

## 청구항 6

제 5 항에 있어서, 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하여,

$P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 작으면 기존 MPPT 제어를 수행하고,

$P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 크면 실시간으로 CPP 전압을 예측하고, 여기서  $\varepsilon$ 은 CPP의 출력 여유인 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 방법.

## 청구항 7

제 6 에 있어서, 현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선과  $P_{limit}$  선의 교점의 전압 값을 구하는 수식은,

$$v_{pv}^* = \frac{P_{limit}}{P_{pv}} \cdot v_{pv} = \frac{P_{limit}}{i_{pv}} \quad \text{이고,}$$

$P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 큰 경우에 식을 통하여 추종할 전압을 계산하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 태양광 발전 시스템에 관한 것으로, 구체적으로 일정 출력 제어 방식의 실시간 CPP(Constant Power Point) 추종을 통해 급격히 변하는 일사량 조건에서 빠른 반응으로 일정 출력을 유지할 수 있도록 한 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 일반적으로 태양광 발전 시스템은 무한한 태양에너지를 이용하여 친환경적인 전력 에너지를 생산해낼 수 있을 뿐만 아니라 진동과 소음이 없고 수명이 거의 반영구적인 장점을 갖는다.

[0003] 또한, 설비 자동화가 용이하여 태양광 발전 시스템의 운전 및 유지 관리에 드는 비용을 최소화시킬 수 있다.

[0004] 이러한 태양광 발전시스템은 발전 효율을 높이기 위해서, 태양전지 어레이 또는 태양광 모듈로부터 최대 전력을 추출할 수 있도록 하는 제어가 필요하다.

[0005] 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking;MPPT) 제어는 태양광 모듈을 제어하여 동작점이 최대 전력점을 추종하도록 동작시키기 위한 제어기법이다.

[0006] 대표적으로는 태양전지의 MPP(Maximum Power Point)를 제어하기 위해 가장 많이 적용되는 방법으로

PO(Perturbation and Observation) 제어 방법, IC(Incremental Conductance) 제어 방법 및 CV(Constant Voltage) 제어 방법 등이 있다.

- [0007] 태양 에너지를 공급받아 전력을 생산하는 태양광 발전 시스템은 태양 에너지가 강한 특정 시간대에 발전량이 집중되는 특징이 있다.
- [0008] 따라서, 태양광 발전 시스템의 발전량 비중이 높은 전력망의 경우, 특정 시간대에 전력 공급이 전력 수요를 넘어서는 과부하 현상이 발생할 위험이 있다.
- [0009] 이러한 경우 과부하 현상을 막기 위해 타 발전기들의 발전량을 급격하게 조절해야 하며, 이는 안정적인 전력 공급을 방해하고 전력망 운영비용을 증가시키는 등 부정적인 영향을 줄 수 있다.
- [0010] 전력망이 안정적이고 경제적으로 운영되기 위해서는, 태양광 발전 시스템의 출력을 일정하게 제어하는 일정 출력 제어(constant power generation, CPG)가 필수적이다.
- [0011] 종래 기술에서 주로 사용되는 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어 방법은 Perturbation & Observation - CPG(P&O-CPG) 방식이 있다.
- [0012] 도 1은 종래 기술의 P&O-CPG 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 특성 그래프이고, 도 2는 종래 기술의 P&O-CPG 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0013] 도 1에서와 같은 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 방식은 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 입력 받아 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하여,  $P_{pv}$ 가  $P_{limit}$ 보다 작으면 기존 최대 전력점 추종(MPPT) 제어를 수행하고,  $P_{pv}$ 가  $P_{limit}$ 보다 크면 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )를 단위 변화량( $v_{step}$ )만큼 감소시킨다.
- [0014] 즉, 종래 기술의 단위 변화량 기반 일정 출력 제어 방식은  $P_{pv}$ 가  $P_{limit}$ 보다 큰 경우에 아래 수학식 1을 통하여 추종할 전압을 계산하며, 알고리즘이 단위 시간간격으로 수행된다.

### 수학식 1

[0015] 
$$v_{pv}^*(k) = v_{pv}^*(k-1) - v_{step}$$

- [0016] 따라서, P&O-CPG를 수행하면 현재 출력점이 CPP로 수렴하여 태양광 발전 시스템이 일정한 출력을 유지한다.
- [0017] 그런데, P&O-CPG의 경우 변화시키는  $v_{pv}^*$ 의  $v_{step}$ 이 크면 CPP 추종 속도는 빠르나 CPP 근방에서 진동이 발생하며,  $v_{step}$ 이 작으면 CPP 근방에서의 진동은 작으나 CPP 추종 속도가 느린 단점이 있다.
- [0018] 즉, 종래 기술의 단위 변화량 기반 일정 출력 제어 방식은 CPP 수렴 속도가 느리고, CPP 근방에서 심한 진동이 발생하며, 일사량 변화 시 느린 반응으로 인해 일정 출력을 유지하지 못하는 문제가 있다.
- [0019] 따라서, 급격한 일사량 변화에서도 빠른 대응으로 일정 출력을 유지할 수 있도록 하는 일정 출력 제어 방법에 관한 새로운 기술의 개발이 요구되고 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0020] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1223611호  
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1598464호

### 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0021] 본 발명은 종래 기술의 태양광 발전 시스템의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 일정 출력 제어 방식의 실시간 CPP(Constant Power Point) 추종을 통해 급격히 변하는 일사량 조건에서 빠른 반응으로 일정 출력을 유지할 수 있도록 한 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0022] 본 발명은 현재 출력점과 CPP 사이의 거리가 멀어도 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 CPP 전압과 매우 근사하게 예측할 수 있어 CPP로의 빠른 수렴이 가능하도록 한 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 본 발명은 단위 변화량( $v_{step}$ )을 사용하지 않기 때문에 CPP 근방에서 진동이 발생하지 않도록 하여 원하는 출력값을 정확하게 구현할 수 있도록 한 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0024] 본 발명은 특정 시간대에 집중되는 발전량을 효율적으로 관리할 수 있어 전력망의 태양광 발전 시스템 수용성을 향상하고 과부하 현상을 효과적으로 방지할 수 있도록 한 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0025] 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

- [0026] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치는 태양광 패널;태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ ), 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ ), 태양광 패널 출력 전류( $i_{pv}$ )를 입력 받아 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 출력하는 CPG 제어기;태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )과 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )을 입력 받아 듀티비( $D$ )를 출력하여 두 값의 오차가 0이되도록 하는 DC-전압 제어기;듀티비( $D$ )를 입력 받아 PWM 신호를 출력하여 태양광 패널에 연결된 DC/DC 컨버터를 제어하는 PWM 제어신호 생성기;PWM 신호를 입력 받아 일정 출력 제어를 수행하는 DC/DC 컨버터;DC/DC 컨버터에 연결되어 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 계통으로 출력하는 DC/AC 인버터;를 포함하고, 현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선을 그어  $P_{limit}$ 선과의 교점을 찾고 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )으로 하고, 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )이 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 추종하는 일정 출력 제어 방식으로 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 방법은 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하는 단계;비교 결과에 따라 MPPT 제어를 수행하거나, 실시간으로 CPP 전압을 예측하는 단계;현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선을 그어  $P_{limit}$ 선과의 교점을 찾고 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )으로 하는 단계; 및 DC-전압 제어기의 동작으로 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )이 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 추종하여 값이 감소하고, 실시간으로 새로운 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*(B)$ )를 계산하여 이를 추종하여 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

- [0028] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0029] 첫째, 일정 출력 제어 방식의 실시간 CPP(Constant Power Point) 추종을 통해 급격히 변하는 일사량 조건에서 빠른 반응으로 일정 출력을 안정적으로 유지할 수 있도록 한다.



- [0030] 둘째, 현재 출력점과 CPP 사이의 거리가 멀어도 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 CPP 전압과 매우 근사하게 예측할 수 있어 CPP로의 빠른 수렴이 가능하도록 한다.
- [0031] 셋째, 단위 변화량( $v_{step}$ )을 사용하지 않기 때문에 CPP 근방에서 진동이 발생하지 않도록 하여 원하는 출력값을 정확하게 구현할 수 있도록 한다.
- [0032] 넷째, 특정 시간대에 집중되는 발전량을 효율적으로 관리할 수 있어 전력망의 태양광 발전 시스템 수용성을 향상하고 과부하 현상을 효과적으로 방지할 수 있도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 종래 기술의 P&O-CPG 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 특성 그래프  
 도 2는 종래 기술의 P&O-CPG 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 플로우 차트  
 도 3은 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치의 구성도  
 도 4는 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 특성 그래프  
 도 5는 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 플로우 차트  
 도 6은 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 일정 출력점 전압 예측 수식 유도를 나타낸 특성 그래프  
 도 7은 일사량 변화 시 P&O-CPG 방식과 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 태양광 패널 출력 및 단자 전압 비교 그래프

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하, 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0035] 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0036] 도 3은 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치의 구성도이다.
- [0037] 전력망의 태양광 발전 시스템 수용성을 향상하고 과부하 현상을 방지하기 위해서는 특정 시간대에 집중되는 발전량을 제한할 수 있어야 한다.
- [0038] 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법을 적용하는 것에 의해 일정 출력점으로의 빠른 수렴이 가능하기 때문에 출력이 한계 출력값을 초과하지 않는다. 이로 인해 타 발전기의 출력을 빠르게 조정할 필요가 없어 안정적이고 경제적인 전력망 운영을 기대할 수 있다.
- [0039] 그리고 일정 출력점 근방에서 진동하지 않기 때문에 태양광 발전 시스템에 높은 신뢰도를 기대할 수 있고, 급격한 일사량 변화 시 빠른 반응으로 일정 출력을 유지할 수 있기 때문에 높은 신뢰도와 더불어 많은 발전량을 기대할 수 있어 태양광 발전 시스템의 경제성 확보에 도움이 된다.
- [0040] 이를 위한 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치는 도 3에서와 같이, 태양광 패널(10)과, 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ ), 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ ), 태양광 패널 출력 전류( $i_{pv}$ )를 입력 받아 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 출력하는 CPG 제어기(20)와, 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )과 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )을 입력 받아 듀티비( $D$ )를 출력하여 두 값의 오차가 0이 되도록 하는 DC-전압 제어기(30)와, 듀티비( $D$ )를 입력 받아 PWM 신호를 출력하여 DC/DC 컨버터(50)를 제어하는 PWM 제어신호 생성기(40)와, PWM 신호를 입력 받아 일정 출력 제어를 수행하는 DC/DC 컨버터(50)와, DC/DC 컨버터(50)에 연결되어 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 계통(70)으로 출력하는 DC/AC 인버터(60)를 포함한다.
- [0041] 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법에서는 단위 변화량 기반 일정 출력 제어 방식의 단점을 개선하기 위해 일정 출력점 전압 예측을 통한 일정 출력 제어 방식을 적용한다.

- [0042] CPG(constant power generation) 제어기(20)는 태양광 패널(10)의 한계 출력 값( $P_{limit}$ ), 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ ), 태양광 패널 출력 전류( $i_{pv}$ )를 입력 받아 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 출력하며, DC-전압 제어기(30)는 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )과 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )을 입력 받아 듀티비( $D$ )를 출력하여 두 값의 오차가 0이되게 한다. PWM 제어신호 생성기(40)는 듀티비( $D$ )를 입력 받아 PWM 신호를 출력하여 DC/DC 컨버터(50)를 제어한다.
- [0043] 도 4는 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 특성 그래프이고, 도 5는 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 일정 출력점(constant power point, CPP) 추종 과정을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0044] 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 CPP 추종 과정은 도 4에서와 같다.
- [0045] 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 CPP 추종 과정은 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하는 단계와, 비교 결과에 따라 MPPT 제어를 수행하거나, 실시간으로 CPP 전압을 예측하는 단계와, 현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선을 그어  $P_{limit}$ 선과의 교점을 찾고 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )으로 하는 단계와, DC-전압 제어기의 동작으로 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )이 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 추종해 값이 감소하고, 실시간으로 새로운 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*(B)$ )를 계산하여 이를 추종하여 현재 출력점이 CPP로 수렴하도록 하는 단계를 포함한다.
- [0046] 구체적으로, 태양광 패널의 한계 출력 값( $P_{limit}$ )을 태양광 패널의 현재 출력 값( $P_{pv}$ )과 비교하여  $P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 작으면 기존 MPPT 제어를 수행한다. 여기서  $\varepsilon$ 은 CPP의 근방을 의미하는 출력 여유이다.
- [0047] 그리고  $P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 크면 실시간으로 CPP 전압을 예측한다.
- [0048] 도 4에서  $P_{pv}$ 가 ( $P_{limit} - \varepsilon$ )보다 큰 경우에 현재 출력점이 CPP로 수렴하는 과정을 상세히 설명한다.
- [0049] 현재 출력점이 도 4의 A점이라고 가정하면, CPP로 수렴하기 위해 A점으로부터 원점을 향하는 직선을 긋는다.
- [0050] 이때,  $P_{limit}$ 선은  $P_{pv}$ 와 0사이에 위치하기 때문에 반드시 직선과의 교점이 발생한다.
- [0051] 그리고 이 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )이 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )이 된다.
- [0052] DC-전압 제어기의 동작으로 인해 태양광 패널 단자 전압( $v_{pv}$ )은 교점의 전압 값( $v_{pv}^*(A)$ )을 추종해 값이 감소하며, 그 과정(예를 들어 B점)에서도 실시간으로 새로운  $v_{pv}^*$ (예를 들어  $v_{pv}^*(B)$ )를 계산하여 이를 추종한다.
- [0053] 현재 출력점이 CPP에 가까워질수록 실시간으로 계산되는  $v_{pv}^*$ 는 CPP 전압에 매우 근사하게 되며, 결과적으로 현재 출력점은 CPP로 수렴하게 된다.
- [0054] 이때, 현재 출력점으로 부터 원점을 향하는 직선과  $P_{limit}$ 선의 교점의 전압 값을 구하는 수식은 다음과 같이 표현 가능하다.

## 수학식 2

$$v_{pv}^* = \frac{P_{limit}}{P_{pv}} \cdot v_{pv} = \frac{P_{limit}}{i_{pv}}$$

[0055]

[0056] 수학식 2는 도 6으로부터 유도된다.

[0057] 도 6은 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 일정 출력점 전압 예측 수식 유도를 나타낸 특성 그래프이다.



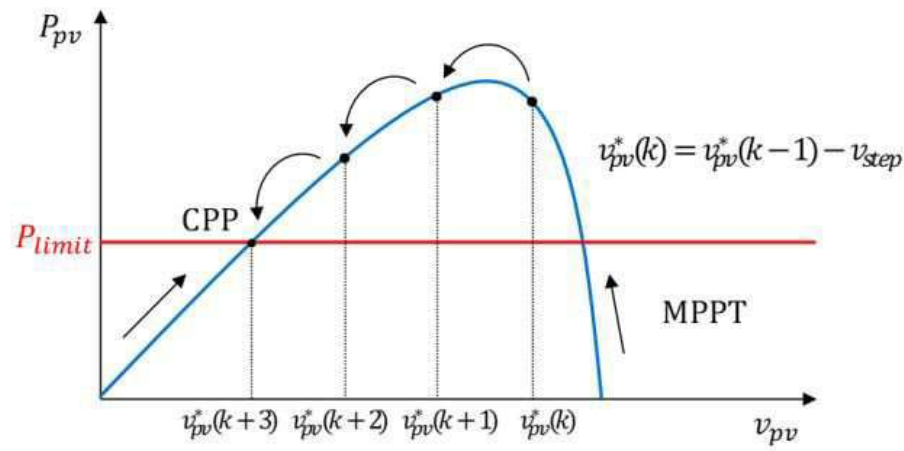
- [0058] 현재 출력점과 원점이 빗변을 이루는 직각 삼각형을 그리면,  $v_{pv}^*$ 와  $v_{pv}$ ,  $P_{limit}$ 과  $P_{pv}$ 의 비가 동일하기 때문이다.
- [0059] 이와 같은 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식은 CPP 수렴 속도가 빠르고, CPP 근방에서 진동이 없고, 일사량 변화 시 빠른 반응으로 일정 출력을 유지할 수 있도록 한다.
- [0060] 태양광 패널의 출력과 단자 전압사이의 관계를 나타낸 P-V 곡선의 좌측은 반드시 원점을 지나며 거의 직선에 가까운 특징이 있기 때문에, 현재 출력점과 CPP 사이의 거리가 멀어도  $v_{pv}^*$ 를 CPP 전압과 매우 근사하게 예측할 수 있다.
- [0061] 따라서, CPP로의 빠른 수렴이 가능하다.
- [0062] 그리고 CPP 근방에서  $v_{pv}^*$ 를 단위 변화량( $v_{step}$ )만큼 변화시켜보는 것이 아니라 CPP 전압을 수치적으로 예측하고 이를 추종하기 때문에 CPP 근방에서 진동이 발생하지 않는다.
- [0063] 마지막으로, CPP 전압 예측이 실시간으로 이루어지기 때문에 급격히 변하는 일사량에 대해 빠른 반응을 보이는 것으로, 급격한 일사량 변화에서도 일정 출력을 유지할 수 있도록 한다.
- [0064] 도 7은 일사량 변화 시 P&O-CPG 방식과 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식의 태양광 패널 출력 및 단자 전압 비교 그래프이다.
- [0065] 일사량은  $700 \rightarrow 1000 \rightarrow 700 \text{ W/m}^2$ 로 일정한 기울기를 가지고 변화였고,  $P_{limit}$ 은  $800 \text{ W}$ ,  $\varepsilon$ 은  $5 \text{ W}$ 로 설정되었다.
- [0066] 도 7의  $v_{pv}$  그래프에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식은  $P_{pv}$ 가  $(P_{limit} - \varepsilon)$ 보다 작은 경우에는 MPPT 제어를 하다가  $P_{pv}$ 가  $(P_{limit} - \varepsilon)$ 보다 큰 경우에 실시간으로  $v_{pv}^*$ 를 예측하였다.
- [0067] 그리고  $P_{pv}$  그래프에서 볼 수 있듯이, 기존 방식은 CPP로의 수렴이 매우 느리고(영역 ①), CPP 근방에서 진동이 심하며(영역 ②), 일사량 변화에 반응이 느려 일정 출력을 유지하지 못한다(영역 ③).
- [0068] 반면에, 본 발명에 따른 일정 출력 제어 방식은 CPP로의 수렴이 매우 빨라  $P_{limit}$ 을 초과하지 않고(영역 ①), CPP 근방에서 진동이 없으며(영역 ②), 일사량 변화에 반응이 빨라 일정 출력을 유지할 수 있다(영역 ③).
- [0069] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 태양광 발전 시스템의 일정 출력 제어를 위한 장치 및 방법은 일정 출력 제어 방식의 실시간 CPP(Constant Power Point) 추종을 통해 급격히 변하는 일사량 조건에서 빠른 반응으로 일정 출력을 유지할 수 있도록 한 것이다.
- [0070] 본 발명은 현재 출력점과 CPP 사이의 거리가 멀어도 태양광 패널 단자 전압 지령( $v_{pv}^*$ )을 CPP 전압과 매우 근사하게 예측할 수 있어 CPP로의 빠른 수렴이 가능하고, 단위 변화량( $v_{step}$ )을 사용하지 않기 때문에 CPP 근방에서 진동이 발생하지 않도록 하여 원하는 출력값을 정확하게 구현할 수 있도록 한 것이다.
- [0071] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0072] 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

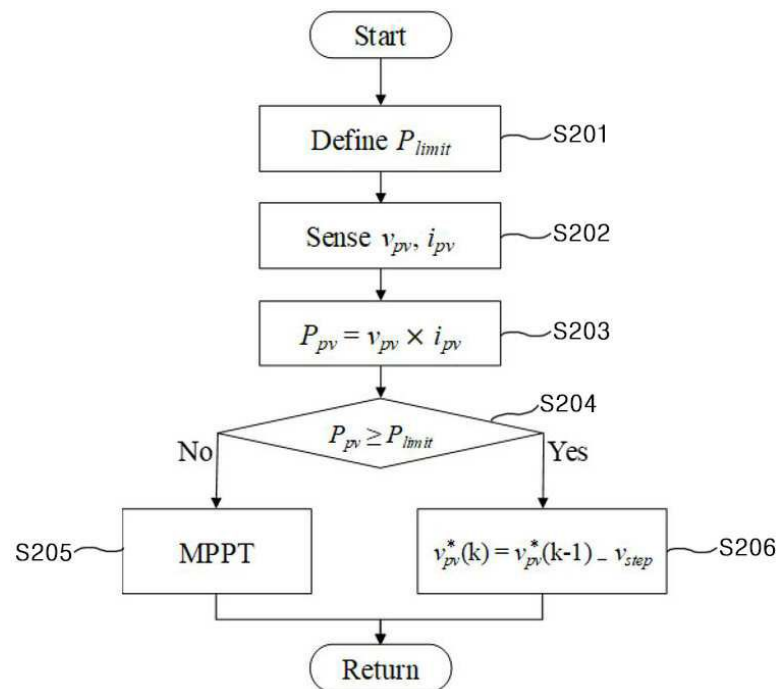
- |        |               |                  |
|--------|---------------|------------------|
| [0073] | 10. 태양광 패널    | 20. CPG 제어기      |
|        | 30. DC-전압 제어기 | 40. PWM 제어신호 생성기 |
|        | 50. DC/DC 컨버터 | 60. DC/AC 인버터    |
|        | 70. 계통        |                  |

도면

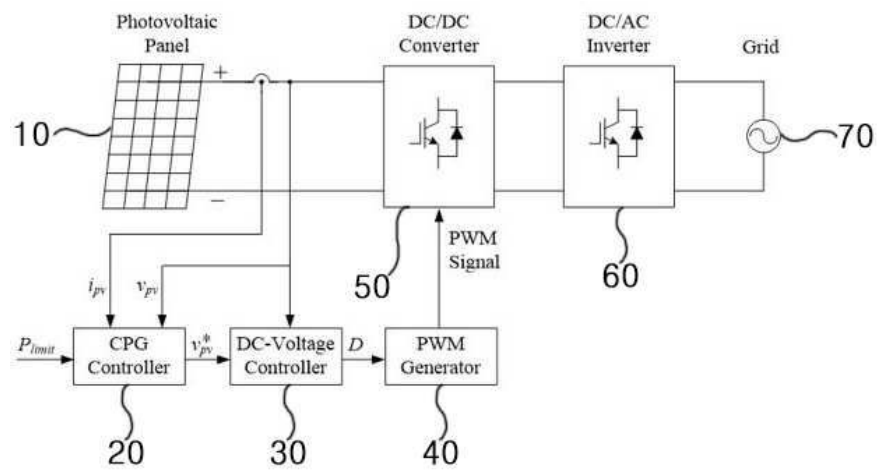
도면1



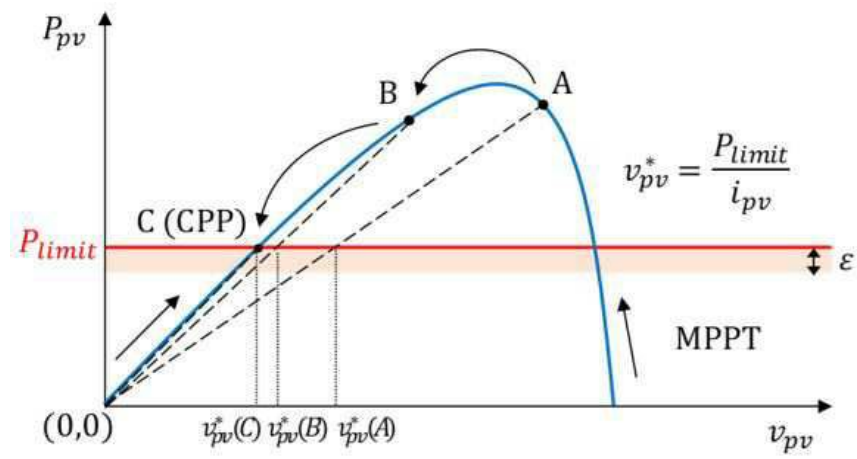
도면2



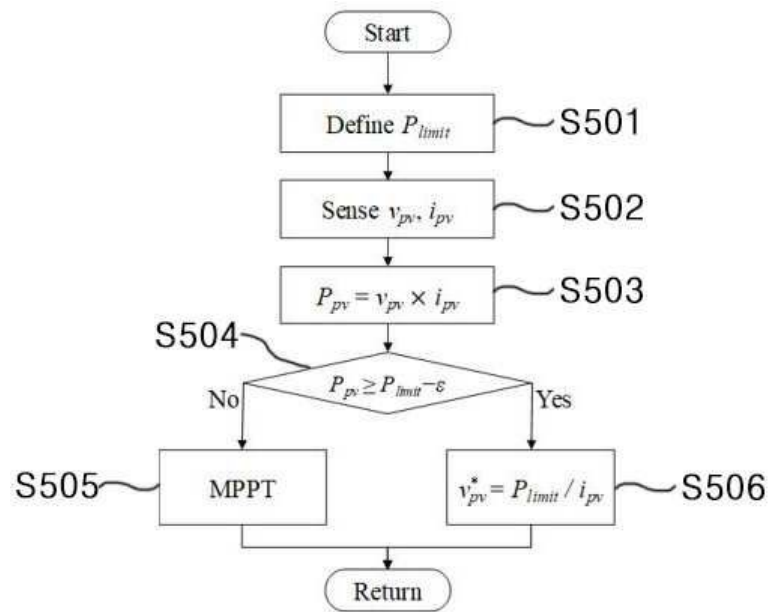
도면3



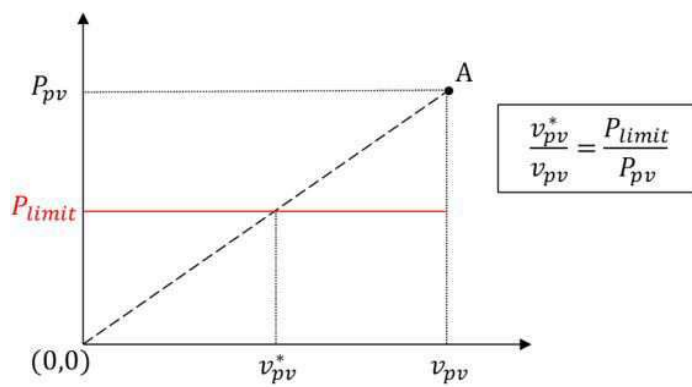
도면4



도면5



도면6



도면7

