(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월30일
(11) 등록번호 10-2472719
(24) 등록일자 2022년11월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/00 (2014.01) *H02S 40/32* (2014.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/00 (2013.01)
H02S 40/32 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2020-0159876
(22) 출원일자 2020년11월25일
심사청구일자 2020년11월25일
(65) 공개번호 10-2022-0072364
(43) 공개일자 2022년06월02일
(56) 선행기술조사문헌
KR101297833 B1*
양형규 외 3명. 태양광 시스템의 전 범위 전력점 추종을 위한 CPG 알고리즘에 관한 연구. The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics,Vol.24,No.2, April 2019. pp.111-119.*
비특허문헌
KR102161812 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(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 (창천동)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

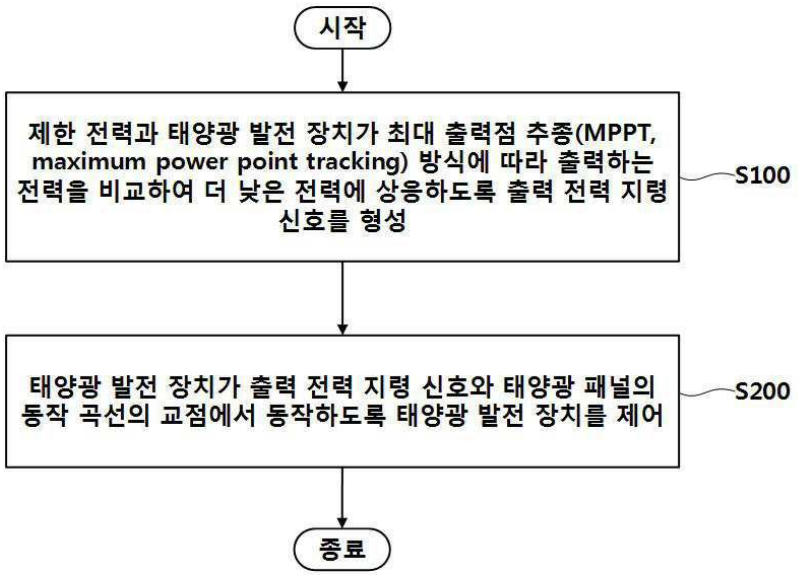
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 변영석

(54) 발명의 명칭 **태양광 발전 제어 방법 및 태양광 발전 장치**

(57) 요 약

본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법은: 제한 전력과 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호를 형성하는 단계 및 태양광 발전 장치가 출력 전력 지령 신호와 태양광 패널의 동작 곡선의 교점에서 동작하도록 태양광 발전 장치를 제어하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
Y02E 10/50 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711117498
과제번호	2020R1A3B2079407
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	리더연구자지원사업
연구과제명	에너지 대전환 전력망 연구단
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

태양광 발전 제어 방법으로, 상기 제어 방법은:

제한 전력과 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호를 형성하는 단계 및

태양광 발전 장치가 상기 출력 전력 지령 신호와 상기 태양광 발전 장치의 동작 곡선의 교점에서 동작하도록 상기 태양광 발전 장치를 제어하는 단계를 포함하고,

상기 제어하는 단계는,

상기 출력 전력 지령 신호와 상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력을 검출한 전력 검출 신호의 오차(error) 신호를 형성하는 단계와,

상기 오차 신호를 PI (proportional-integral) 제어기에 제공하여 출력 전류 지령 신호를 형성하는 단계 및

상기 출력 전류 지령 신호로부터 상기 태양광 발전 장치에 포함된 인버터의 게이팅 신호를 형성하는 단계를 포함하는 태양광 발전 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력되는 전력은,

$$P_{mppt}=P_{pv}+\frac{P_{rated}}{V_{oc}-V_{\min}}(v_{pv}-V_{\min})$$

수학식 에 따르는 태양광 발전 제어 방법.

(P_{mppt}: 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력, Ppv: 태양광 패널이 출력하는 전력, P_{rated}: 태양광 발전 장치의 정격 출력, Voc: 태양광 패널의 개방 회로 전압, V_{min}: 태양광 패널의 최소 단자 전압, v_{pv}: 태양광 패널의 출력 전압)

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제한 전력은,

상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 최대값에 상응하는 태양광 발전 제어 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어하는 단계는,

상기 게이팅 신호를 형성하는 단계 이전에 상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전압 및 전류에 상응하는

계통 전압 검출 신호 및 계통 전류 검출 신호를 더 제공받고,

인버터의 게이팅 신호를 형성하는 태양광 발전 제어 방법.

청구항 6

태양광 발전 장치로, 상기 장치는:

태양광 패널(photovoltaic panel);

상기 태양광 패널에서 형성된 전력을 임시 저장하는 커패시터;

상기 태양광 패널에서 형성된 전력을 교류 전력으로 변환하는 인버터 및

상기 태양광 발전 장치를 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 제어부는, 제한 전력과 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호를 형성하고,

상기 출력 전력 지령 신호에 따라 게이팅 신호를 형성하고 상기 인버터에 제공하여 상기 태양광 발전 장치가 상기 출력 전력 지령 신호에 상응하는 전력을 출력하도록 제어하고,

상기 제어부는,

상기 태양광 패널이 출력하는 전압 및 전류에 상응하는 전압 검출 신호와 전류 검출 신호 및 상기 제한 전력값을 제공받아 상기 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력값을 연산하는 MPPT 전력 연산부와, 상기 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력값과 상기 제한 전력값으로부터 상기 태양광 발전 장치의 출력 전류 지령 신호를 형성하는 출력 제어부를 포함하는 CPG 제어기; 및

상기 출력 전류 지령 신호와, 상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전압 및 전류에 상응하는 계통 전압 검출 신호 및 계통 전류 검출 신호를 제공받고 상기 인버터에 포함된 스위칭 소자의 게이팅 신호를 형성하는 게이팅 신호 형성부를 포함하는 태양광 발전 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력은,

$$P_{mppt}=P_{pv}+\frac{P_{rated}}{V_{oc}-V_{\min}}\left(v_{pv}-V_{\min}\right)$$

수학식 에 따르는 태양광 발전 장치.

(P_{mppt}: 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력, Ppv: 태양광 패널이 출력하는 전력, P_{rated}: 태양광 발전 장치의 정격 출력, Voc: 태양광 패널의 개방 회로 전압, V_{min}: 태양광 패널의 최소 단자 전압, v_{pv}: 태양광 패널의 출력 전압)

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제한 전력은,

상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 최대값에 상응하는 태양광 발전 장치.

청구항 9

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 기술은 태양광 발전 제어 방법 및 태양광 발전 장치와 관련된다.

배 경 기 술

[0002] 태양광 발전은 태양광 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하여 계통에 공급하기 위한 것이다. 태양광 발전 시스템은 태양광 패널(photovoltaic panel)을 이용하여 에너지를 수집하고, 수집된 에너지를 전기적 에너지로 변환하여 계통(grid)에 공급한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 태양광이 제공되어 전력을 생산하는 태양광 발전 시스템은 일사량 및 온도 등 외부 환경 변화에 의해 출력이 변동한다. 또한, 태양 에너지가 강한 특정 시간대에 발전량이 집중되어 계통에 제공하는 전력 공급이 전력 수요를 넘어 계통의 전압 및 주파수가 급격하게 변화할 위험이 있다. 따라서 태양광 발전 시스템의 비중이 높은 전력망의 경우, 주파수 유지를 위해 타 발전기들의 발전량을 급격하게 조절해야 하며, 이는 안정적인 전력 공급을 방해하고 전력망 운영비용을 증가시키는 등 부정적인 영향을 줄 수 있다.

[0004] 따라서 전력망이 안정적이고 경제적으로 운영되기 위해서는, 태양광 발전 시스템의 출력을 일정하게 제어하는 일정 출력 제어(constant power generation, CPG)가 요청된다.

[0005] 본 기술로 해결하고자 하는 과제 중 하나는 상기한 종래 기술에 의한 태양광 발전 장치 및 태양광 발전 제어 방법의 난점을 해소하기 위한 것으로, 일사량의 변화 등의 외부 환경에 변화가 발생하는 경우에도 계통에 제공하는 전력을 안정화할 수 있는 태양광 발전 장치 및 태양광 발전 제어 방법을 제공하는 것이 본 기술로 해결하고자 하는 과제 중 하나이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법은: 제한 전력과 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호를 형성하는 단계 및 태양광 발전 장치가 출력 전력 지령 신호와 태양광 패널의 동작 곡선의 교점에서 동작하도록 태양광 발전 장치를 제어하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 실시예의 일 태양에 따르면, 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력되는 전력은, 수학식

$$P_{mppt}=P_{pv}+\frac{P_{rated}}{V_{oc}-V_{\min}}\left(v_{pv}-V_{\min}\right)$$

에 따른다.

[0008] (Pmppt: 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력, Ppv: 태양광 패널이 출력하는 전력, Prated: 태양광 발전 장치의 정격 출력, Voc: 태양광 패널의 개방 회로 전압, Vmin: 태양광 패널의 최소 단자 전압, v_{pv}: 태양광 패널의 출력 전압

[0009] 본 실시예의 일 태양에 따르면, 제한 전력은, 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 최대값에 상응한다.

[0010] 본 실시예의 일 태양에 따르면, 제어하는 단계는, 출력 전력 지령 신호와 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력을 검출한 전력 검출 신호의 오차(error) 신호를 형성하는 단계와, 오차 신호를 PI(proportional-integral, 비례-적분)제어기에 제공하여 출력 전류 지령 신호를 형성하는 단계 및

[0011] 출력 전류 지령 신호로부터 태양광 발전 장치에 포함된 인버터의 게이팅 신호를 형성하는 단계를 포함한다.

[0012] 본 실시예의 일 태양에 따르면,

[0013] 제어하는 단계는, 게이팅 신호를 형성하는 단계 이전에 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전압 및 전류에 상

응하는 계통 전압 검출 신호 및 계통 전류 검출 신호를 더 제공받고, 인버터의 게이팅 신호를 형성한다.

[0014] 본 실시예에 의한 태양광 발전 장치는: 태양광 패널(photovoltaic panel); 태양광 패널에서 형성된 전력을 임시 저장하는 커패시터; 태양광 패널에서 형성된 전력을 교류 전력으로 변환하는 인버터 및 태양광 발전 장치를 제어하는 제어부를 포함하며, 제어부는, 제한 전력과 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호를 형성하고, 출력 전력 지령 신호에 따라 게이팅 신호를 형성하고 인버터에 제공하여 태양광 발전 장치가 출력 전력 지령 신호에 상응하는 전력을 출력하도록 제어한다.

[0015] 본 실시예의 일 태양에 따르면, 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력은, 수학식

$$P_{mppt}=P_{pv}+\frac{P_{rated}}{V_{oc}-V_{\min}}(v_{pv}-V_{\min})$$

에 따른다.

[0016] (Pmppt: 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력, Ppv: 태양광 패널이 출력하는 전력, Prated: 태양광 발전 장치의 정격 출력, Voc: 태양광 패널의 개방 회로 전압, Vmin: 태양광 패널의 최소 단자 전압, v_{pv}: 태양광 패널의 출력 전압)

[0017] 본 실시예의 일 태양에 따르면,제한 전력은, 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 최대값에 상응한다.

[0018] 본 실시예의 일 태양에 따르면, 제어부는,태양광 패널이 출력하는 전압 및 전류에 상응하는 전압 검출 신호와 전류 검출 신호 및 제한 전력값을 제공받아 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력값을 연산하는 MPPT 전력 연산부와, 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력값과 제한 전력값으로부터 태양광 발전 장치의 출력 전류 지령 신호를 형성하는 출력 제어부를 포함하는 CPG 제어기; 및 출력 전류 지령 신호와, 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전압 및 전류에 상응하는 계통 전압 검출 신호 및 계통 전류 검출 신호를 제공받고 인버터에 포함된 스위칭 소자의 게이팅 신호를 형성하는 게이팅 신호 형성부를 포함한다.

발명의 효과

[0019] 본 실시예에 의하면 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력을 직접 제어하므로, 외부 환경 변화에 의해 태양광 패널이 제공하는 전력이 변동하여도 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력을 일정하게 유지할 수 있다는 장점이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법의 개요를 도시한 순서도이다.

도 2는 본 실시예에 의한 태양광 발전 장치의 개요를 도시한 도면이다.

도 3은 제어부의 개요를 도시한 도면이다.

도 4는 출력 전력 지령 신호를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 높은 일사량으로 인해 태양광 패널 출력의 가능한 최대값이 태양광 제한 전력 보다 클 때 태양광 발전 시스템의 동작 과정을 나타낸다.

도 6은 낮은 일사량 등의 외부 환경으로 인해 태양광 패널 출력의 가능한 최대값이 제한 전력 보다 작을 때 태양광 발전 시스템의 동작 과정을 나타낸다.

도 7(a)는 모의 실험을 위하여 변화하는 일사량을 도시한 도면이고, 도 7(b)는 도 7(a)의 일사량에 따라 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 변화를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법 및 태양광 발전 장치를 설명한다. 도 1은 본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법의 개요를 도시한 순서도이다. 도 1을 참조하면, 본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법은 제한 전력과 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호를 형

성하는 단계(S100) 및 태양광 발전 장치가 출력 전력 지령 신호와 태양광 패널의 동작 곡선의 교점에서 동작하도록 태양광 발전 장치를 제어하는 단계(S200)를 포함한다.

[0022] 도 2는 본 실시예에 의한 태양광 발전 장치(10)의 개요를 도시한 도면이다. 도 2를 참조하면, 본 실시예에 의한 태양광 발전 장치(10)는: 태양광 패널(photovoltaic panel, 100)과, 태양광 패널(100)에서 형성된 전력을 임시 저장하는 커패시터(600)와, 태양광 패널(100)에서 형성된 전력을 교류 전력으로 변환하는 인버터(200) 및 태양광 발전 장치(10)를 제어하는 제어부(400)를 포함하며, 제어부(400)는, 제한 전력과 태양광 발전 장치(10)가 최대 출력점 추종(MPPT, maximum power point tracking) 방식에 따라 출력하는 전력을 비교하여 더 낮은 전력에 상응하도록 출력 전력 지령 신호(P_g*)를 형성하고, 출력 전력 지령 신호(P_g*)에 따라 게이팅 신호(S_{inv})를 형성하고 인버터(200)에 제공하여 태양광 발전 장치(10)가 출력 전력 지령 신호(P_g*)에 상응하는 전력을 출력하도록 제어한다.

[0023] 일 실시예로, 태양광 발전 장치(10)는 인버터(200)로부터 출력되는 교류에 포함된 노이즈를 제거하는 필터(filter, 300)를 더 포함할 수 있다. 계통은 필터(300)의 출력으로부터 태양광 발전 장치(10)가 형성한 전력을 제공받는다.

[0024] 도 3은 제어부(400)의 개요를 도시한 도면이고, 도 4는 출력 전력 지령 신호(P_g*)를 설명하기 위한 도면이다. 도 3 및 도 4를 참조하면, 제어부(200)는 태양광 패널(100)이 출력하는 전압 및 전류에 상응하는 전압 검출 신호(v_{pv})와 전류 검출 신호(i_{pv}) 및 제한 전력값(P_{limit})을 제공받아 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력값(P_{mppt})을 연산하는 MPPT 전력 연산부(212)와, 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력값(P_{mppt})과 제한 전력값(P_{limit})으로부터 태양광 발전 장치의 출력 전류 지령 신호(i_g*)를 형성하는 출력 제어부(214)를 포함한다.

[0025] MPPT 전력 연산부(212)는 태양광 발전 장치(10)가 최대 전력점 추종 방식에 따라 동작할 때 출력하는 전력인 MPPT 전력(P_{mppt})을 출력한다. MPPT 전력 연산부(212)는 태양광 패널(100)이 출력한 전압을 검출한 전압 검출 신호(v_{pv})와 태양광 패널(100)이 출력한 전류를 검출한 전류 검출 신호(i_{pv})를 제공받고, 태양광 패널(100)이 출력하는 전력(P_{pv})을 연산한다. MPPT 전력 연산부(212)는 전압 검출 신호(v_{pv})와 최소 단자 전압(Vmin)과의 차이를 연산하고, 연산된 차이를 정격 전력(Prated)를 태양광 패널의 개방 전압(Voc)와 최소 단자 전압(Vmin)의 차이로 나눈 값과 곱한다. 연산 결과를 전력(P_{pv})과 합하면 MPPT 전력(P_{mppt})을 얻을 수 있다.

[0026] 이와 같이 연산된 MPPT 전력(Pmppt)는 아래의 수학식 1과 같이 연산되며 도 4에서 Pmppt로 표시되었다.

[0027] [수학식 1]

$$P_{mppt} = P_{pv} + \frac{P_{rated}}{V_{oc} - V_{\min}} (v_{pv} - V_{\min})$$

[0028]

[0029] (P_{mppt}: 태양광 발전 장치가 최대 출력점 추종 방식에 따라 출력하는 전력, Ppv: 태양광 패널이 출력하는 전력, P_{rated}: 태양광 발전 장치의 정격 출력, Voc: 태양광 패널의 개방 회로 전압, V_{min}: 태양광 패널의 최소 단자 전압, v_{pv}: 태양광 패널의 출력 전압)

[0030] 출력 제어부(214)는 MPPT 전력 연산부(212)가 출력한 MPPT 전력(P_{mppt}) 신호와 제한 전력(Plimit)을 제공받고, 이들 중 작은 값을 가지는 전력을 선택하여 출력 전력 지령 신호(Pg*)를 형성한다.

[0031] 일 실시예로, 제한 전력(Plimit)은 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 최대 전력을 의미한다. 일 예로, 일사량이 급하게 상승하는 등과 같이 태양광 발전 장치(10)의 외부 환경이 변화할 때, 태양광 발전 장치(10)가 증가한 일사량에 상응하도록 발전량을 증가시키면 계통의 전압과 주파수가 유지되지 못하여 계통이 불안정해지는 문제점이 발생하므로, 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 최대 전력을 제한 전력(Plimit)으로 제한한다.

[0032] 출력 제어부(214)에 포함된 리미터(limiter)는 MPPT 전력(Pmppt)과 제한 전력(Plimit)을 비교하고, 태양광 발전 장치(10)가 더 작은 전력을 출력하도록 출력 전력 지령(Pg*)를 형성하여 출력한다(S100). 출력 전력 지령(Pg*)

은 아래의 수학식 2와 같이 표시될 수 있으며, 도 4에서 굵은 실선으로 도시되었다.

[0033] [수학식 2]

$$P_g^* = \min\{P_{mppt}, P_{limit}\}$$

[0034]

[0035] 출력 제어부(214)는 출력 전력 지령(Pg*)와 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력을 검출한 전력 검출 신호(Pg)를 제공받고, 두 신호의 차이에 상응하는 오차 신호(err)를 형성하여 PI(proportional-integral)제어기에 제공한다. PI제어기는 오차 신호(err)로부터 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 전류에 대한 출력 전류 지령 신호(i_g*)를 형성하여 출력한다.

[0036] 게이팅 신호 형성부(gating signal generator, 220)는 CPG제어기(210)가 출력한 출력 전류 지령 신호(i_g*)와 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 전압 및 전류에 상응하는 계통 전압 검출 신호 (vg) 및 계통 전류 검출 신호(ig)를 제공받고 인버터(200)에 포함된 스위칭 소자(미도시)를 제어하는 게이팅 신호(Sinv)를 출력하여 태양광 인버터를 제어한다. 이와 같이 게이팅 신호를 형성하고, 인버터(200)를 제어함으로서 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 전류를 검출한 계통 전류 검출 신호(ig)가 출력 전류 지령 신호(ig*)를 추종한다.

[0037] 이하에서는 도 5 및 도 6을 참조하여 본 실시예에 의한 태양광 발전 장치(10)의 동작을 살펴본다. 도 5 내지 도 6에서 점선으로 도시된 곡선(P-V)는 태양광 패널(100)이 출력하는 전압 대 전력의 관계를 도시한 선도이다. 도 5는 높은 일사량으로 인해 태양광 패널이 출력하는 전력(Ppv)의 가능한 최대값이 제한 전력(Plimit) 보다 클 때 태양광 발전 시스템의 동작 과정을 나타낸다. 예를 들어 동작점이 점 A에 있다고 가정하면 태양광 패널(100)이 출력하는 전력(Ppv)의 값은 0이고, 출력 전력 지령(Pg*)은 Plimit으로 설정되어 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 전력(Pg)는 Plimit의 값을 가진다.

[0038] 도 2를 참조하면, 태양광 패널(100)이 출력하는 전력을 Ppv, 계통에 제공하는 전력을 Pg, 커패시터(600)에 충전되는 전력을 P_C라고 하면, 이들의 관계는 아래의 수학식 3과 같다.

[0039] [수학식 3]

$$P_C = Cv_{pv}\frac{dv_{pv}}{dt} = P_{pv} - P_g$$

[0040]

[0041] (C: 커패시터의 커패시턴스)

[0042] 동작점이 도 5의 A 점일 때, 태양광 패널(100)이 출력하는 전력(P_{pv})은 0이고, 출력 전력 지령(Pg*)이 Plimit으로 설정되므로 계통에 제공하는 전력(Pg)는 Plimit의 값을 가지므로 수학식 3의 각 변은 음의 값을 가진다. 따라서, 수학식 3에서 $\frac{dv_{pv}}{dt}$ 값도 역시 음의 값을 가지며, 커패시터(600)에 저장된 전력이 계통에 제공된다.

[0043] 커패시터(600)가 전력을 제공함에 따라 v_{pv}는 시간에 따라 감소하며, 동작점은 점 A에서 점 B로 이동하고 출력 전력 지령(Pg*)은 점 A'에서 점 B'으로 이동하며 Plimit의 값을 유지한다. 이 경우에도 여전히 수학식 3의 각 변이 음의 값을 가지므로 v_{pv}는 계속 감소한다.

[0044] 동작점은 v_{pv}가 감소함에 따라 점 C를 거쳐 점 D(또는 점 D')에 도달하고, 출력 전력 지령(Pg*)는 Plimit을 유

$\frac{dv_{pv}}{dt}$

지한다. 동작점이 D(또는 점 D')에 있을 때, 수학식 3의 각 변은 0이 되므로 는 0이고, 이로부터 v_{pv}는 더 이상 증가하거나 감소하지 않으며 일정하게 유지된다. 결과적으로 P_{pv}가 일사량 변화등 외부 환경에 의해 변하여도 태양광 발전 장치(10)가 계통에 제공하는 전력(Pg)은 제한 전력(Plimit)으로 유지될 수 있다는 것을 의미한다.

[0045] 도 6은 낮은 일사량 등의 외부 환경으로 인해 태양광 패널이 출력하는 전력(Ppv)의 가능한 최대값이 제한 전력(Plimit) 보다 작을 때 태양광 발전 시스템의 동작 과정을 나타낸다. 도 6으로 예시된 경우에는 태양광 패널(100)이 출력하는 전력(P_{pv})가 제한 전력(Plimit) 이상의 값을 가질 수 없어서 최대 전력점 추종(MPPT) 제어가 수행된다.

[0046] 일 예로, 동작점이 점 A에 있다고 가정하면 태양광 패널(100)이 출력하는 전력(P_{pv})은 0이고, 출력 전력 지령(Pg*)이 Plimit으로 설정되므로 계통에 제공하는 전력(Pg)는 Plimit의 값을 가지므로 수학식 3의 각 변은 음의

$\frac{dv_{pv}}{dt}$

값을 가진다. 따라서, 수학식 3에서 값도 역시 음의 값을 가지며, 커패시터(600)에 저장된 전력이 계통에 제공된다.

$\frac{dv_{pv}}{dt}$

[0047] 수학식 3의 각 변이 음의 값을 가지므로 수학식 3의 도 역시 음의 값을 가지므로 커패시터(600)가 전력을 제공함에 따라 v_{pv}가 감소한다. 이에 따라 동작점은 점 A에서 점 B로 이동하고 출력 전력 지령(Pg*)는 점 A'에서 점 B'으로 이동하며 Plimit의 값을 유지한다. 동작점이 B인 경우도 여전히 수학식 3의 각 변이 음의 값을 가지므로 v_{pv}는 계속 감소한다. 즉, 동작점은 P-V 곡선을 따라 점 B에서 점 C로 이동하고 Pg*는 Plimit을 유지하며 점 B'에서 점 C'으로 이동한다.

[0048] 태양광 패널(100)이 출력하는 전압(v_{pv})가 더 감소하면 출력 전력 지령(Pg*)는 P_{mppt}를 따라 설정된다. 즉, 동작점이 점 C에서 점 D(또는 점 D')로 이동할 때 Pg*는 점 C'에서 점 D'(또는 점 D)로 이동하며, 점 D(또는 점 D')에서 수학식 3의 각 변은 0이 되므로 v_{pv}는 더 이상 증가하거나 감소하지 않으며 최소 단자 전압(Vmin)의 값으로 일정하게 유지된다. V_{min}은 P-V 곡선의 최대 출력점의 전압으로 설정되며, 이는 결과적으로 MPPT 제어를 수행한 것과 같다.

[0049] **모의 실험예**

[0050] 이하에서는 종래 기술과 본 실시예를 첨부된 도면을 통하여 비교한다. 도 7(a)는 모의 실험을 위하여 변화하는 일사량을 도시한 도면이고, 도 7(b)는 도 7(a)의 일사량에 따라 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력(Pg)의 변화를 도시한 도면이다. 도 7(b)에서는 종래 기술인 P&O-CPG 방식과 본실시예를 시뮬레이션을 통해 비교하였다. 일사량이 300 W/m2에서 1000 W/m2를 거쳐 다시 300 W/m2로 급격히 변화하고 제한 전력(Plimit)이 5 kW로 설정된 상황에서 각 방식에 따른 계통 제공 전력(Pg)의 변화를 비교하였다. 종래 기술은 일사량이 증가하는 순간에 계통에 제공하는 전력 Pg가 급격하게 증가하며 오버슈트(overshoot)가 발생하고, 일사량이 감소하는 순간에 계통으로 제공되는 전력 Pg가 급격하게 감소하며 개방회로 상태가 된다. 즉, 일사량 변화에 따라 큰 출력 변동을 보인다.

[0051] 이에 반하여 본 실시예는 일사량 증가 시 오버슈트를 보이지 않으며 일사량 감소 시 개방회로 상태가 되지 않아 일사량 변화에 따른 출력 변동을 완화시켰음을 알 수 있다. 또한, 일사량이 낮은 구간에서 가능한 최대 출력을 내는 것으로 보아 MPPT 제어도 충분히 수행 가능함을 알 수 있다.

[0052] 본 발명에 대한 이해를 돕기 위하여 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나, 이는 실시를 위한 실시예로,

예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0053] S100, S200: 본 실시예에 의한 태양광 발전 제어 방법의 개요적 각 단계

10: 태양광 발전 장치 100: 태양광 패널

200: 인버터 300: 필터

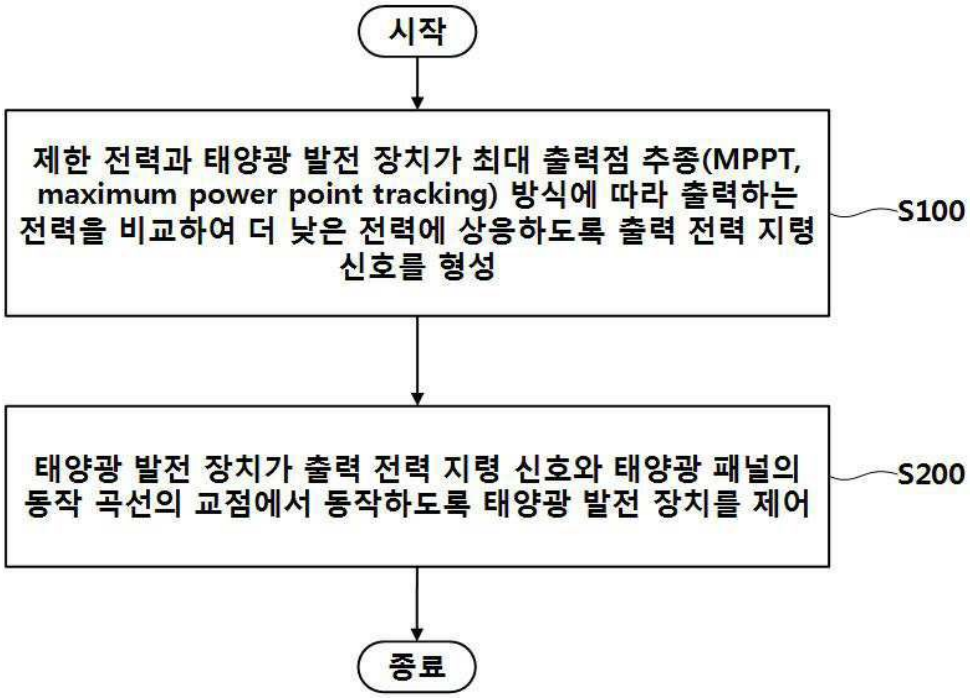
400: 제어부 210: CPG 제어기

212: MPPT 전력 연산부 214: 출력 제어부

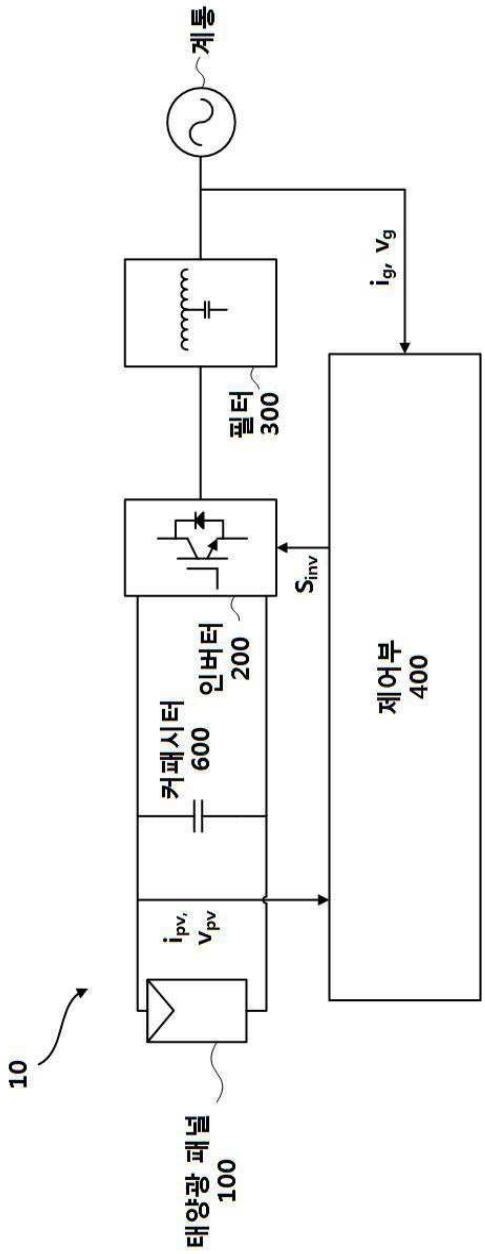
220: 게이팅 신호 형성부 600: 커패시터

도면

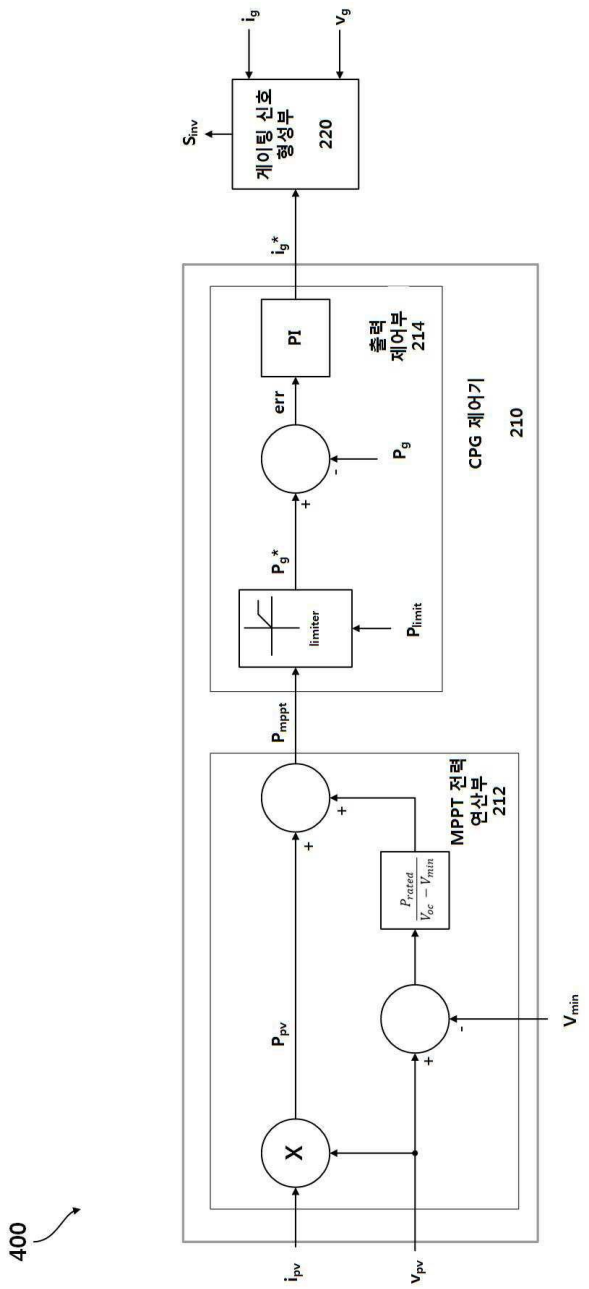
도면1



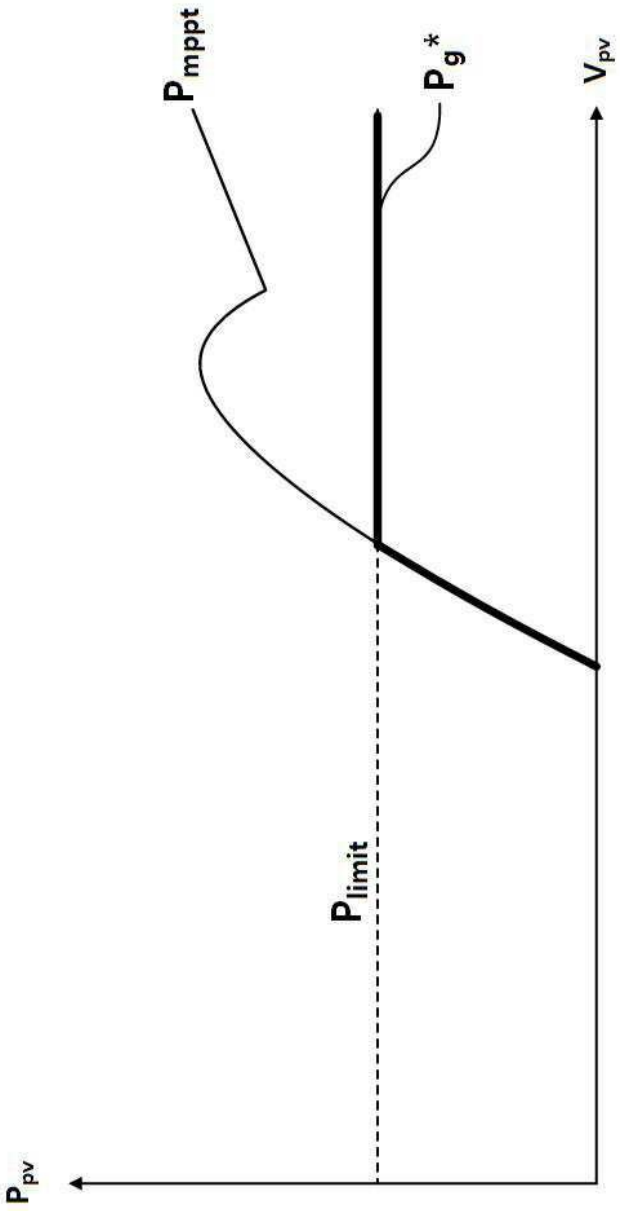
도면2


계통
i_g, v_g
필터
300
S_{inv}
인버터
200
제어부
400
커패시터
600
i_{pv}, v_{pv}
10
태양광 패널
100

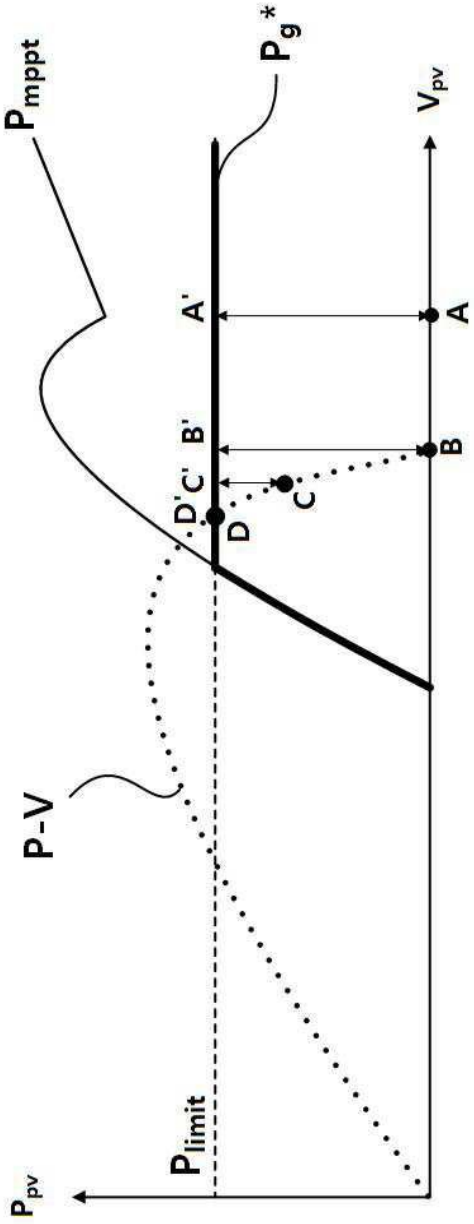
도면3


400
i_{pv}
v_{pv}
i_g
v_g
S_{inv}
게이팅 신호 형성부 220
i_g^*
CPG 제어기 210
출력 제어부 214
PI
err
P_g
P_g^*
limiter
P_{limit}
MPPT 전력 연산부 212
P_{mppt}
P_{pv}
$\frac{P_{rated}}{V_{oc}-V_{min}}$
V_{min}

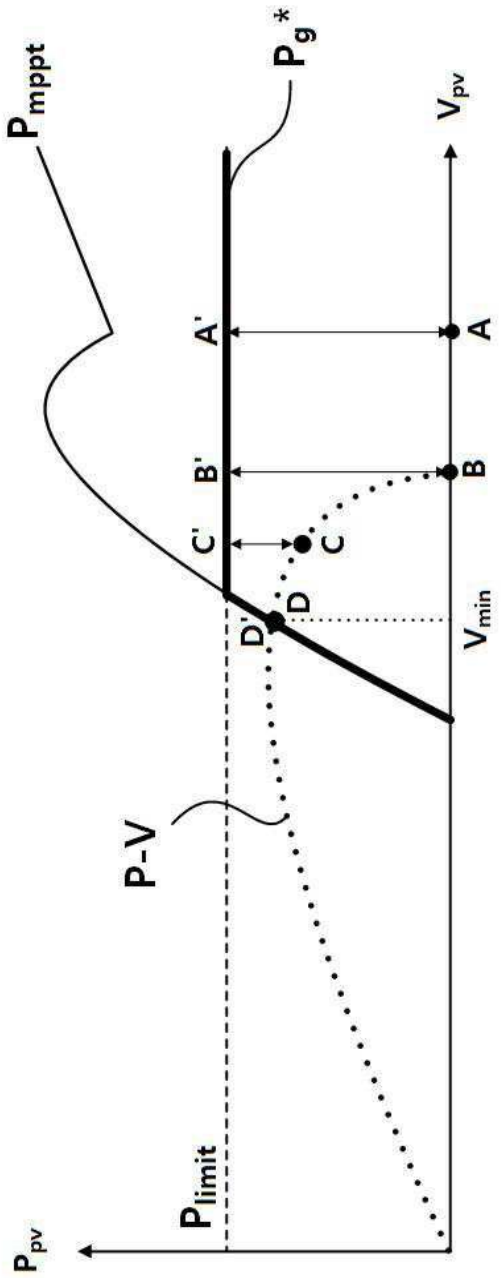
도면4



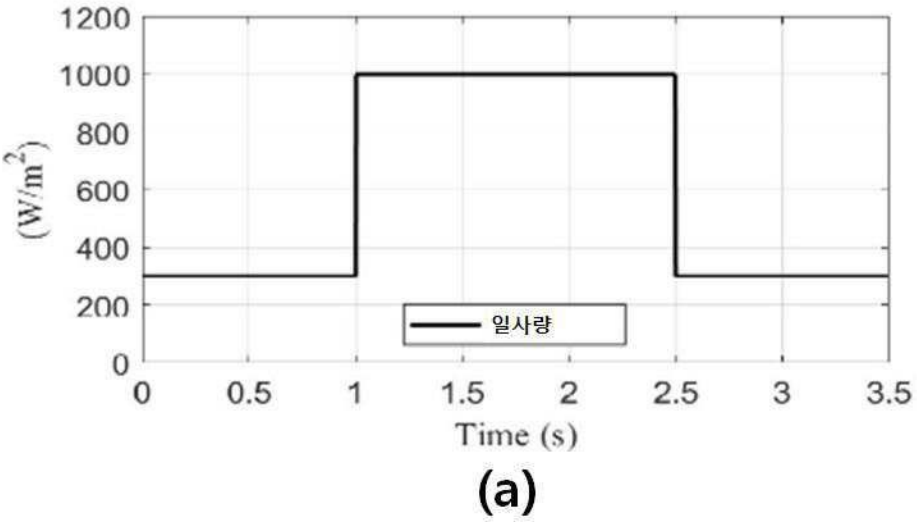
도면5



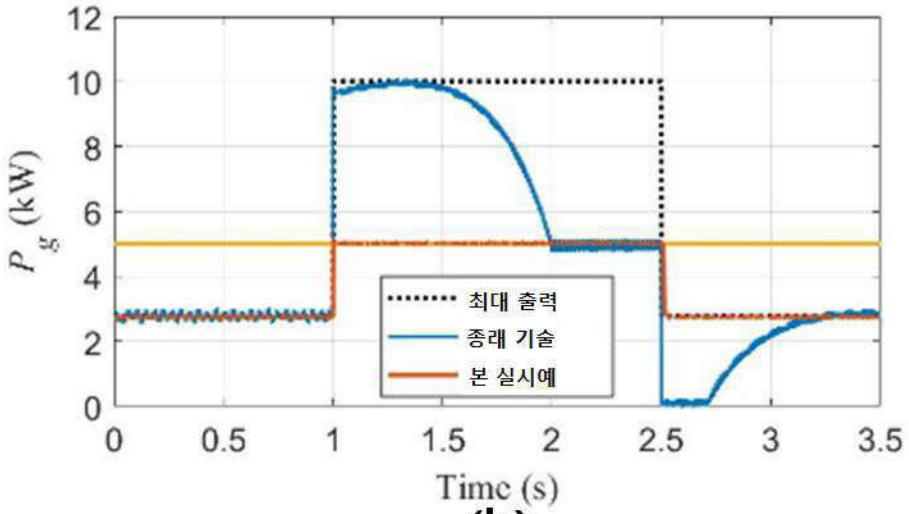
도면6



도면7



(a)



(b)

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 8

【변경전】

제6항에 있어서,

상기 제한 전력은,

상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 최대값에 상응하는 발전 장치.

【변경후】

제6항에 있어서,

상기 제한 전력은,

상기 태양광 발전 장치가 계통에 제공하는 전력의 최대값에 상응하는 태양광 발전 장치.