



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월03일
(11) 등록번호 10-2298255
(24) 등록일자 2021년08월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/00 (2014.01) GO1R 19/165 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/00 (2013.01)
GO1R 19/16538 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0141610
(22) 출원일자 2019년11월07일
심사청구일자 2019년11월07일
(65) 공개번호 10-2021-0055311
(43) 공개일자 2021년05월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR101351748 B1*
JP2015194977 A*
JP2016038816 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
최성진
울산광역시 남구 동산로69번길 13, 101동 802호
(신정동, 문수로2차아이파크)
웰라와타 투시타 란디마
울산광역시 남구 신북로11번길 13, 1층 (무거동)
(74) 대리인
김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 13 항

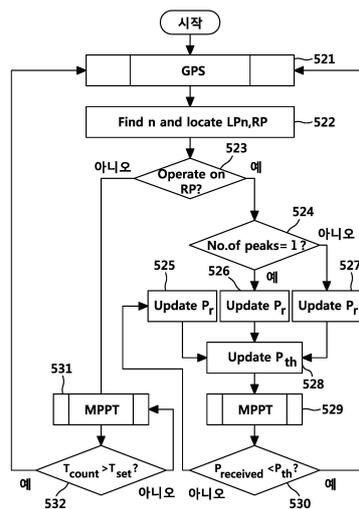
심사관 : 전병식

(54) 발명의 명칭 태양광 패널 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법 및 그 방법을 이용한 태양광 발전 장치

(57) 요약

본 발명은, 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 판단 방법에 관한 것으로, 복수의 태양광 패널들을 포함하는 태양광 어레이에 대해 전역 피크 스캐닝(global peak scanning; GPS)을 수행하는 단계; 상기 태양광 어레이에 대한 전압 대 전력 그래프상에서 적어도 하나의 기준 전압에 따라 구분된 복수의 영역들을 확인하는 단계; 및 상기 복수의 영역들 중 상기 태양광 어레이가 현재 동작하는 영역 및 계산된 기준 전력에 기반하여, 상기 전역 피크 스캐닝의 재수행 여부를 판단하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도5b



(52) CPC특허분류

G01R 19/2506 (2013.01)

Y02E 10/56 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711090365
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구(총연구비1.5억초과~3억이하)
연구과제명	차세대 태양광패널 하드웨어 모사장치 핵심기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2017.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

태양광 어레이에 대한 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)을 수행하는 단계;

상기 태양광 어레이의 단위 모듈이 가지는 개방 회로전압(Voc)과 동작전압(Vreceived)을 비교하여 상기 태양광 어레이에서 현재 동작점이 위치한 영역정보를 확인하는 단계; 및

상기 영역정보에 따라 상기 태양광 어레이의 현재 동작영역 및 상기 동작영역에 설정된 기준전력(Pr)에 기반하여, 상기 전역 피크 스캐닝의 재수행 여부를 판단하는 단계를 포함하며,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우 피크 수를 확인하고,

상기 피크 수가 2개 이상이면,

기준전력(Pr)을 가장 왼쪽영역의 피크 레벨을 기준으로 업데이트하는 단계;

상기 업데이트된 영역 정보의 임계전력레벨(Pth)을 계산하고 최대 전력점 추적(MPPT)를 실행하는 단계; 및

발전전력(Preceived)이 상기 임계전력레벨(Pth)보다 작은 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대이면 기준전력(Pr)을 업데이트 하는 단계를 포함하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우,

현재 측정된 태양광 어레이의 발전전력(Preceived)과 상기 기준전력(Pr)에 의하여 적응적으로 설정되는 임계전력레벨(Pth)을 비교하여 상기 전역 피크 스캐닝을 선택적으로 수행하는 것을 특징으로 하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 임계전력레벨(Pth)은,

측정되는 발전전력(Preceived)의 영역에 따라 다음 식으로 계산되며,

상기 다음 식에서 m은 1 내지 (Ns-1) 사이의 자연수이고, Ns는 모듈의 개수고, P_{LP(Ns-m)} 및 P_{LP(Ns-m+1)}은 각 영역에 피크가 존재했을 때의 예상되는 전력 크기이며, P_{LP1}은 첫 번째 영역의 피크 전력 크기인 것을 특징으로 하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법.

$$P_{th} \leftarrow P_{LP(N_s-m)}, \text{ if } P_{LP(N_s-m)} < P_{received} \leq P_{LP(N_s-m+1)}$$

$$P_{th} \leftarrow P_{LP1}, \text{ if } 0 < P_{received} \leq P_{LP1}$$

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우,

상기 피크 수가 단일 피크이면,

발전전력(Preceived)을 기준전력(Pr)으로 업데이트하는 단계;

상기 피크가 존재한 해당 영역의 임계전력레벨(P_{th})을 계산하고 최대 전력점 추적(MPPT)를 실행하는 단계; 및
 상기 발전전력($P_{received}$)이 상기 임계전력레벨(P_{th})보다 작은 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대이면 기준전력(P_r)을 업데이트 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 가장 왼쪽영역의 기준전력(P_r)은 식 $P_r \leftarrow \frac{N_s}{n} P_{LPn}$ (여기서, P_{LPn} 은 $\frac{nP_r}{N_s}$)으로 계산되며,

상기 식에서 n 은 자연수이고, N_s 는 직렬 연결된 태양광 모듈의 수이며, P_{LPn} 은 임의의 영역 n 에 있는 피크 전력 크기인 것을 특징으로 하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역이 아닌 다른 영역에 위치한 경우,

설정 시간에 따라 최대 전력점 추적(MPPT)를 반복 수행하거나, 상기 전역 피크 스캐닝을 호출하여 다른 피크를 확인하는 것을 특징으로 하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법.

청구항 8

복수의 태양광 패널들을 포함하는 태양광 어레이; 및

상기 태양광 어레이의 P-V 곡선을 기초로 하여 분석된 복수 개의 동작영역들 중에서 상기 태양광 어레이의 동작점이 위치하는 영역에 따라 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)의 실행여부를 결정하는 제어모듈을 포함하며,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치하면서 피크가 2개 이상이면,

상기 제어모듈은,

가장 왼쪽영역의 피크 레벨을 기준으로 하여 기준전력(P_r)을 업데이트하고, 상기 업데이트된 영역 정보의 임계전력레벨(P_{th})을 계산한 다음 발전전력($P_{received}$)과 상기 임계전력레벨(P_{th})과의 비교결과에 따라 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하거나 기준전력(P_r)을 다시 업데이트하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역이 아닌 다른 영역에 위치한 경우,

상기 제어모듈은 설정시간에 따라 최대 전력점 추적(MPPT)을 반복 수행하거나, 또는 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)을 주기적으로 호출하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치하면서 단일 피크이면,

상기 제어모듈은,

발전전력($P_{received}$)을 기준전력(P_r)으로 업데이트하면서 해당 영역의 임계전력레벨(P_{th})을 계산하고, 상기 발전전력($P_{received}$)과 임계전력레벨(P_{th})과의 비교결과에 따라 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하거나 기준전력(P_r)을 다시 업데이트하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 제어모듈은,

상기 임계전력레벨(P_{th})이 상기 발전전력($P_{received}$)보다 큰 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대인 경우에는 상기 기준전력(P_r)을 업데이트하는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 임계전력레벨(P_{th})은,

측정되는 발전전력($P_{received}$)의 영역에 따라 다음 식으로 계산되며,

상기 다음 식에서 m 은 1 내지 (N_s-1) 사이의 자연수이고, N_s 는 모듈의 개수고, $P_{LP(N_s-m)}$ 및 $P_{LP(N_s-m+1)}$ 은 각 영역에 피크가 존재했을 때의 예상되는 전력 크기이며, P_{LP1} 은 첫 번째 영역의 피크 전력 크기인 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

$$P_{th} \leftarrow P_{LP(N_s-m)}, \text{ if } P_{LP(N_s-m)} < P_{received} \leq P_{LP(N_s-m+1)}$$

$$P_{th} \leftarrow P_{LP1}, \text{ if } 0 < P_{received} \leq P_{LP1}$$

청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 가장 왼쪽영역의 기준전력(P_r)은 식 $P_r \leftarrow \frac{N_s}{n} P_{LPn}$ (여기서, P_{LPn} 은 $\frac{nP_r}{N_s}$ 임)으로 계산되며,

상기 식에서 n 은 자연수이고, N_s 는 직렬 연결된 태양광 모듈의 수이며, P_{LPn} 은 임의의 영역 n 에 있는 피크 전력 크기인 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

청구항 15

제 8 항에 있어서,

상기 임계전력레벨(P_{th})이 계산된 다음에는 최대 전력점 추적(MPPT)이 더 수행되는 것을 특징으로 하는 태양광 발전 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 태양광 패널 어레이 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 태양광 패널 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출 방법 및 태양광 발전 장치에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 태양광(PV; photovoltaic) 발전은 환경 오염이 적은 신재생에너지의 대표 기술이다. 태양광 패널 어레이(이하 태양광 어레이)를 최대한 활용하기 위해 최대전력점 추적(MPPT; Maximum Power Point Tracking) 알고리즘이 사용되며, 상기 MPPT 알고리즘은 특성 곡선상에서 출력전력이 최대가 되는 동작점 (operating point)을 항상 유지하도록 하는 것이다.
- [0003] 그러나, 실제 환경에서는 태양광어레이의 일사량 차광(insolation shadows)현상이 전체적으로 일어나거나, 부분적으로 일어나는 현상을 피할 수 없다. 특히 태양광 패널이 다수 직렬 연결된 태양광 어레이의 경우 일부 패널 간의 일사량이 불균일하게 일어나는 부분 음영(Partial Shading) 영향으로 인하여 태양광 시스템 전체의 발전 성능 저하가 일어난다고 알려져 있다.
- [0004] 이러한 성능저하를 막기 위해 태양광 패널에는 바이패스 다이오드를 병렬로 연결한 구조가 일반적이다. 하지만, 부분음영시에는 이러한 역방향 다이오드들의 선별적인 도통현상으로 인하여 태양광 어레이의 P-V 곡선(전력 대 전압 곡선)에서 다중의 로컬 최대전력점들이 다수 발생할 수 있고, 따라서 동작점을 전역적인 최대전력점으로 재배치하지 않을 경우 획득할 수 있는 출력 전력이 최대화되지 않을 수 있다. 이는 통상의 MPPT 알고리즘은 주어진 범위내에서 하나의 최대점을 가정하고 전력점을 추적하기 때문에 최대점이 여러 개인 경우는 제대로 동작하지 않는 로컬 MPPT 알고리즘이라 할 수 있다.
- [0005] 이 경우에 필요한 것이 전역(global) MPPT 알고리즘이다. 상기 전역 MPPT 알고리즘은 주기적 또는 간헐적으로 로컬 MPPT를 중단하고, 전체 동작전압 범위를 다시 스캐닝하여 가장 전력이 높은 지점이 존재할 가능성이 높은 구간으로 동작 범위를 재 설정한 뒤 비로소 로컬(local) MPPT 알고리즘을 재개하여 실시간으로 최대전력점을 계속 추적하는 일련의 알고리즘을 말한다. 하지만, 일반적으로 전역피크 스캐닝에 상대적으로 많은 시간(예컨대, 4초)이 소요되고, 이러한 스캐닝 과정 동안에는 최대전력점의 추적이 잠시 중단되기 때문에, 이러한 스캐닝 과정의 호출을 필요한 경우에만 수행되도록 하는 기술이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) [문헌 1] 대한민국특허등록공보 제10-1260880호 태양전지 모듈에 개별적으로 내장된 MPPT 제어 기능을 가지는 정선박스 및 그 구동방법(한운희) 2013.04.29.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 따라서 본 발명의 목적은 태양광 어레이 시스템에서 불필요한 전역 피크 스캐닝(GPS, global peak scanning)을 필요할 때에만 실행되도록 하여 태양광 어레이의 성능을 더욱 향상시키기 위해 태양광 패널 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출(PSD, partial shading detection) 방법 및 그 방법을 이용한 태양광 발전 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기과 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 태양광 어레이에 대한 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)을 수행하는 단계; 상기 태양광 어레이의 단위 모듈이 가지는 개방 회로전압(V_{oc})과 동작전압($V_{receive}$)을 비교하여 상기 태양광 어레이에서 현재 동작점이 위치한 영역정보를 확인하는 단계; 및 상기 영역정보에 따라 상기 태양광 어레이의 현재 동작영역 및 상기 동작영역에 설정된 기준전력(P_r)에 기반하여, 상기 전역 피크 스캐닝의 재수행 여부를 판단하는 단계를 포함하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출방법을 제공한다.
- [0009] 본 실시 예에 따르면, 상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우, 현재 측정된 태양광 어레이의 발전 전력($P_{received}$)과 상기 기준전력(P_r)에 의하여 적응적으로 설정되는 임계전력레벨(P_{th})을 비교하여 상기 전역 피크

스캐닝을 선택적으로 수행한다.

[0010] 본 실시 예에 따르면, 상기 임계전력레벨(P_{th})은 측정되는 발전전력($P_{received}$)의 영역에 따라 다음 식으로 계산된다.

$$P_{th} \leftarrow P_{LP(N_s-m)}, \text{ if } P_{LP(N_s-m)} < P_{received} \leq P_{LP(N_s-m+1)}$$

$$P_{th} \leftarrow P_{LP1}, \text{ if } 0 < P_{received} \leq P_{LP1}$$

[0012] 본 실시 예에 따르면, 상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우, 피크 수를 확인하는 단계; 상기 피크 수가 단일 피크이면, 발전전력($P_{received}$)을 기준전력(P_r)으로 업데이트하는 단계; 상기 피크가 존재한 해당 영역의 임계전력레벨(P_{th})을 계산하고 최대 전력점 추적(MPPT)을 실행하는 단계; 및 상기 발전전력($P_{received}$)이 상기 임계전력레벨(P_{th})보다 작은 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대이면 기준전력(P_r)을 업데이트 하는 단계를 포함한다.

[0013] 본 실시 예에 따르면, 상기 피크 수가 2개 이상이면, 기준전력(P_r)을 가장 왼쪽영역의 피크 레벨을 기준으로 업데이트하는 단계; 상기 업데이트된 영역 정보의 임계전력레벨(P_{th})을 계산하고 최대 전력점 추적(MPPT)을 실행하는 단계; 및 상기 발전전력($P_{received}$)이 상기 임계전력레벨(P_{th})보다 작은 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대이면 기준전력(P_r)을 업데이트 하는 단계를 포함한다.

[0014] 본 실시 예에 따르면, 상기 가장 왼쪽영역의 기준전력(P_r)은 식 $P_r \leftarrow \frac{N_s}{n} P_{LPn}$ 으로 계산된다. 여기서, 상기

$$P_{LPn} \text{ 은 } \frac{nP_r}{N_s} \text{ 이다.}$$

[0015] 본 실시 예에 따르면, 상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역이 아닌 다른 영역에 위치한 경우, 설정 시간에 따라 최대 전력점 추적(MPPT)을 반복 수행하거나, 상기 전역 피크 스캐닝을 호출하여 다른 피크를 확인하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 복수의 태양광 패널들을 포함하는 태양광 어레이; 및 상기 태양광 어레이의 P-V 곡선을 기초로 하여 분석된 복수 개의 동작영역들 중에서 상기 태양광 어레이의 동작점이 위치하는 영역에 따라 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)의 실행여부를 결정하는 제어모듈을 포함하는 태양광 발전장치를 제공한다.

[0017] 본 실시 예에 따르면, 상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역이 아닌 다른 영역에 위치한 경우, 상기 제어모듈은 설정시간에 따라 상기 최대 전력점 추적(MPPT)을 반복 수행하거나, 또는 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)을 주기적으로 호출하게 된다.

[0018] 본 실시 예에 따르면, 상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치하면서 단일 피크이면, 상기 제어모듈은 발전전력($P_{received}$)을 기준전력(P_r)으로 업데이트하면서 해당 영역의 임계전력레벨(P_{th})을 계산하고, 상기 발전전력($P_{received}$)과 임계전력레벨(P_{th})과의 비교결과에 따라 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하거나 기준전력(P_r)을 다시 업데이트하도록 한다.

[0019] 본 실시 예에 따르면, 상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치하면서 피크가 2개 이상이면, 상기 제어모듈은 가장 왼쪽영역의 피크 레벨을 기준으로 하여 기준전력(P_r)을 업데이트하고, 상기 업데이트된 영역 정보의 임계전력레벨(P_{th})을 계산한 다음 상기 발전전력($P_{received}$)과 임계전력레벨(P_{th})과의 비교결과에 따라 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하거나 기준전력(P_r)을 다시 업데이트하도록 한다.

[0020] 본 실시 예에 따르면, 상기 제어모듈은 임계전력레벨(P_{th})이 상기 발전전력($P_{received}$)보다 큰 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대인 경우에는 상기 기준전력(P_r)을 업데이트한다.

[0021] 본 실시 예에 따르면, 상기 임계전력레벨(P_{th})은 측정되는 발전전력($P_{received}$)의 영역에 따라

$$P_{th} \leftarrow P_{LP(N_s-m)}, \text{ if } P_{LP(N_s-m)} < P_{received} \leq P_{LP(N_s-m+1)}$$

$$P_{th} \leftarrow P_{LP1}, \text{ if } 0 < P_{received} \leq P_{LP1}$$

로 계산된다.

[0022] 본 실시 예에 따르면, 상기 가장 왼쪽영역의 기준전력(P_r)은, 식 $P_r \leftarrow \frac{N_s}{n} P_{LPn}$ 으로 계산된다. 여기서, 상기

$$P_{LPn} \text{ 은 } \frac{nP_r}{N_s} \text{ 이다.}$$

[0023] 본 실시 예에 따르면, 상기 임계전력레벨(P_{th})이 계산된 다음에는 최대 전력점 추적(MPPT)이 더 수행된다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 다수의 태양광 패널이 연결된 태양광 어레이 시스템에서 부분음영이 발생할 경우에도 본 발명을 적용하게 되면, 전역 피크 스캐닝(GPS, global peak scanning)이 필요할 때에만 실행되기 때문에, 최대전력점 추적(MPPT)의 중단 시간을 최소화하여 태양광 어레이의 발전성능을 더욱 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 태양광 어레이 시스템을 위한 전역 최대전력점추종(Global MPPT) 기법의 통상의 흐름도이다.
- 도 2a는 2개 모듈의 직렬연결로 구성된 태양광 어레이에 전역 음영이 발생한 상태를 나타내는 도면이다.
- 도 2b는 2개 모듈의 직렬연결로 구성된 태양광 어레이에 부분 음영이 발생한 상태를 나타내는 도면이다.
- 도 3a는 2개 모듈의 직렬연결로 구성된 태양광 어레이에 전역 음영이 발생할 때의 P-V 및 I-V 곡선을 나타내는 그래프이다.
- 도 3b는 2개 모듈의 직렬연결로 구성된 태양광 어레이에 부분 음영이 발생할 때의 P-V 및 I-V 곡선을 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 3개 모듈의 직렬연결로 구성된 태양광 어레이의 P-V 곡선을 나타내는 그래프이다.
- 도 5a는 전력 차에 기반한 태양광 어레이 시스템을 위한 부분 음영 판단 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 5b는 본 발명에 따른 적응적 부분 음영 검출 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 적응적 부분 음영 검출 방법이 적용된 태양광 발전장치의 성능을 검증하기 위한 모의실험용 회로도이다.
- 도 7a 내지 도 7d는 부드러운 일사량 변경 패턴에 따른 종래기술과 본 발명기술이 적용된 모의 실험 결과를 비교한 그래프들이다.
- 도 8a 내지 도 8d는 예리한 일사량 변경 패턴에 따른 종래기술과 본 발명기술이 적용된 모의 실험 결과를 비교한 그래프들이다.
- 도 9 내지 도 12는 종래기술과 본 발명기술에 따른 하드웨어 실험 결과를 비교한 측정 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 실시 예에 기초하여 설명한다. 이들 실시 예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시 예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시 예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시 예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시 예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 적절하게 설명된다면 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

- [0027] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있는 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백히 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0028] 본 발명의 실시예는 부분 음영(shading) 조건에서의 전역 최대 전력점 추적(MPPT; Maximum Power Point Tracking) 알고리즘의 핵심 요소기술을 제안한다. 즉, 다수의 태양광 패널이 직렬연결되고, 각 패널들이 병렬연결된 바이패스 다이오드로 구분되어 형성된 통상의 태양광 패널 어레이 시스템에서는 부분적 차광이 일어날 경우 통상의 로컬 MPPT 알고리즘을 오도하는 전력 대 전압 곡선상에서의 복잡한 피크 패턴들이 형성된다. 이에 따라, 다양한 종류의 전역(global) MPPT 알고리즘들이 연구되었는데, 이러한 전역 MPPT 알고리즘은 일반적으로 부분 음영 검출(Partial Shading Detection; PSD), 전역 피크 스캐닝(Global Peak Search; GPS) 및 로컬 MPPT의 세가지 알고리즘으로 구성된다. 즉, 로컬 MPPT기능을 지속적으로 수행하다가 부분 음영 검출이 되는 경우 전력 피크 스캐닝을 수행한 뒤, 다시 로컬 MPPT 기능을 수행한다.
- [0029] 그런데 종래의 부분 음영 검출 알고리즘은 확실적인 판단기준을 이용하기 때문에, 전역 피크 스캐닝을 너무 빈번하게 실행하게 되어 로컬 MPPT가 중단되는 시간이 길어져서 최대 전력점 추적을 하지 못하거나, 정 반대로 오히려 필요한 경우에 제대로 전역 피크 스캐닝을 실행하지 못하여 동작점을 전력 최대 전력점으로 이동시키지 못해, 달성 가능한 전력을 감소시키는 문제가 있었다.
- [0030] 따라서, 이를 개선하기 위해 좀더 효과적인 부분 음영 검출 알고리즘이 태양 에너지원의 효율적인 이용에 필수적이다.
- [0031] 본 발명은 현재 동작점의 정보를 이용해서 적응적으로 변하는 기준전력값을 이용하는 새로운 부분 음영 검출 기법을 제시한다. 종래의 방법은 일부 예리한 음영 패턴에는 너무 민감하게 반응하여 불필요한 전역 피크 스캐닝을 호출하게 되거나 일부 부드러운 음영 패턴에는 둔감하여 필요한 전역 피크 스캐닝을 호출하지 못하는 경우가 발생하였지만, 본 발명에 따른 방법은 이러한 부분 음영 패턴의 형태에 관계없이 항상 최상의 부분 음영 검출 성능을 보여주기 때문에, 최대전력점 추적성능이 극대화 되어 태양광 발전 효율이 향상될 수 있다.
- [0032] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 지능형 부분 음영 검출 방법을 설명한다.
- [0033] 도 1은 태양광 어레이 시스템을 위한 전역(global) 최대전력점추종(MPPT) 기법의 통상의 흐름도이다. 도 1을 참조하면, 통상의 전역 MPPT는 초기화(initialization)(110) 이후에 전역 피크 스캐닝(GPS, Global Peak Scanning)(120), 로컬 MPPT(130), 부분 음영 검출(PSD, Partial Shading Detection)(140)의 순으로 진행될 수 있다. 예컨대, 상기 140 단계에서, 미리 설정된 PDS 기준을 만족하면 로컬 MPPT 동작을 중단하고 120 단계의 GPS 동작을 다시 수행하게 되며, 상기 140 단계에서 미리 설정된 PDS 기준을 만족하지 않으면 GPS 동작을 다시 수행하지 않고 130 단계의 로컬 MPPT 동작을 반복 수행하면서 항상 최대전력점에 동작점을 위치시키게 된다.
- [0034] 종래의 부분 음영 검출 알고리즘은 여러가지 종류가 연구되었는데, 가장 간단한 예로는 GPS를 호출하는데 오로지 타이머 인터럽트만 사용되는 방법이 있다. 즉, 정해진 시간이 되면 반드시 MPPT를 중단한 이후 GPS를 수행하는 방법으로서 이 경우는 별도의 부분 음영 검출을 하지 않는 방법이다.
- [0035] 보다 진보적인 방법으로는 현재의 발전 전력값과 직전에 저장된 발전 전력값을 통하여 전역 피크 스캐닝의 호출 여부를 판정하는 방법이다. 예컨대, 전력값의 증분을 ΔP , 현재의 출력전력값을 P라 할 때 두 전력값의 비율, 이를테면 $\Delta P/P$ 가 일정 값, 이를 테면 10% 이상일때 로컬 MPPT를 중단하고 전역 피크 스캐닝을 호출한다. 이와 유사한 방법으로, 인공 신경망(ANN) 기반 알고리즘이 제안된 바 있다. 이 경우에도 PSD에 상기와 같은 ΔP 를 이용한 기준이 사용된다.
- [0036] 그러나 상기의 모든 종래의 PSD 방법에서 너무 빈번한 검출은 최대전력추적 기능을 저해하고, 전류에 상당한 리플을 생성하여 태양광 발전 시스템의 최적 작동을 방해하여 태양광 발전 효율을 저하시키고 있다.
- [0037] 따라서 전역 MPPT의 종합적인 성능에서 부분 음영 검출알고리즘이 중요한 역할을 하는 것은 분명하다. 이는 한 번 전역 피크 스캐닝을 시작하면 로컬 MPPT가 다시 동작점을 최대전력점에 위치시키는 데에 시간이 걸리기 때문이며, 그 전역 피크 스캐닝 여부는 PSD 알고리즘에 의존하기 때문이다. 이어지는 그림들에서 설명하겠지만, 부분 음영이 있을때의 P-V 곡선의 유형을 자세히 분석하면 부분음영의 패턴이 바뀌더라도, 특정한 P-V 곡선 영역에서는 최대전력점의 위치가 크게 변하지 않기 때문에, 이를 이용하면 전역 피크 스캐닝 횟수를 크게 줄일 수 있음을 알 수 있다.

- [0038] 상술하면, 태양광 어레이는 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 서로 다른 종류의 음영들에 관여된다. 도 2a는 태양광 어레이에 전역 음영이 발생한 상태를 나타내는 도면이고, 도 2b는 태양광 어레이에 부분 음영이 발생한 상태를 나타내는 도면이다. 도 2a 및 도 2b는 두 개의 태양광 패널(210, 220)이 직렬로 연결된 경우를 나타낸다. 상기 각 태양광 패널에는 불균일한 일사량에 대비한 바이패스 다이오드(211, 221)가 병렬로 연결되는 것이 일반적이다.
- [0039] 도 2a의 전역 음영(230)은 태양광 어레이의 전체가 균일한 일사량에 노출되는 상태로 이는 안개, 흐림 또는 일광의 전체적인 변화로 인해 발생할 수 있다. 한편, 도 2b에 도시된 바와 같이 태양광 어레이의 일부가 구름 등으로 인한 자연적인 차광이나, 건물 그림자 등으로 인한 인위적인 차광으로 인해, 서로 다른 일사량에 노출되는 현상을 부분 음영(241, 242)이라고 한다. 실제 환경에서 PSD 알고리즘은 두 가지 다른 음영 조건을 구별할 수 있어야 한다.
- [0040] 도 3a 및 도 3b는 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 직렬로 연결된 두 개의 동일한 모듈이 있는 태양광 어레이의 P-V 및 I-V 곡선을 보여준다. 도 3a는 태양광 어레이에 전역 음영이 발생할 때의 P-V 및 I-V 곡선을 나타내는 그래프이며, 도 3b는 태양광 어레이에 부분 음영이 발생할 때의 P-V 및 I-V 곡선을 나타내는 그래프이다.
- [0041] 전역 음영이 발생하면 도 3a와 같이 바이패스 다이오드를 활성화하지 않고 어레이 출력이 감소하고 로컬 MPPT에 의해 작동 지점이 성공적으로 결정된다. 그러나 부분 음영에서 특성 곡선의 동작은 도 3b와 같이 다르게 변하는데, P-V 곡선에 두 개의 피크가 왼쪽 피크(left peak; LP)와 오른쪽 피크(right peak; RP)로 나타난다. 이때 로컬 MPPT는 P-V 곡선의 서로 다른 피크를 식별하지 못할 수 있으며 따라서 현재 피크에 지속적으로 고정될 수 있고, 만일 다른 피크가 더 큰 최대전력을 낸다면, 전역적인 최대전력점 추종에 실패하게 된다.
- [0042] 따라서 전역 피크 스캐닝(GPS)를 통해 다른 피크의 존재 여부를 확인하여야 하며, PSD 알고리즘은 GPS 알고리즘을 호출할 지의 여부를 결정하게 된다.
- [0043] 태양광 모듈을 통해 흐르는 전류는 동작점이 우측피크와 좌측피크 중 어느 지점에서 동작되는 지에 따라 결정된다. 가령, 동작점으로 RP가 선택되면 두 모듈 중 더 짙은 음영(heavily shadowed) 모듈이 전체 어레이 전류량을 결정하게 되어 어레이 전류는 작아지지만 어레이 전압은 두 개의 PV 모듈 전압의 합에 의해 결정되어 커지므로, 두 모듈 모두 어레이 전력 공급에 기여하게 된다. 반대로 동작점으로 LP가 선택되면 음영이 심한 모듈은 다이오드를 통해 바이패스되어 동작하지 않고, 어레이 전류 및 전압은 음영이 밝은 모듈에 의해서만 결정되므로 어레이 전류는 크고 어레이 전압이 작아지게 되며, 출력 전력은 음영이 밝은 모듈에 의해서만 생성된다.
- [0044] 그런데 이 두 피크의 크기는 음영의 상태에 따라 서로 달라지므로, 항상 두 피크 중 더 높은 피크가 선택되어야 한다. 위에서 설명한 특성 곡선의 원리에 따르면, RP의 높이(RP가 내는 전력)는 주로 가장 짙은 음영 모듈의 영향을 받는 반면 LP의 높이(LP가 내는 전력)는 항상 가장 밝은 음영 모듈에 의해 결정된다. 물론 이때, 음영 변화로 인한 온도 영향도 있지만, 이는 무시할 수 있는 것으로 가정한다.
- [0045] 이와 같은 개념은 2개 뿐 아니라, 여러 개의 직렬 모듈 어레이로 확장될 수 있다. 예를 들어, 3-모듈 어레이(모듈의 직렬 연결 갯 수, $N_s = 3$)가 도 4에 설명되어 있다. 도 4는 3개의 태양광 모듈로 구성된 태양광 어레이의 P-V 곡선을 나타내는 그래프이다. 이때, 전역 음영 조건에서의 모듈 동작은 단일 피크를 나타내지만 부분 음영의 상황에는 경우에 따라서 2개 또는 3개의 피크가 있을 수 있다. 여기서 가능한 피크 수는 직렬 연결된 PV 어레이의 모듈(바이패스 다이오드) 수에 의해 결정됨을 알 수 있다.
- [0046] 피크들이 생기는 원리를 분석하기 위해, 작동 전압 영역을 직렬 연결된 모듈의 개수인 N_s 부분으로 나누는 것이 유용하며, 여기서 “영역 n”($1 \leq n \leq N_s$)은 $(n-1)V_{oc}$ 에서 nV_{oc} 까지의 전압 대역을 나타낸다. 이때, V_{oc} 는 모듈 하나가 가지는 개방 전압이며, 모두 동일한 모듈이라고 가정하도록 하자. 이에 따라 가장 전압이 높은 맨 우측 영역에 생기는 피크를 RP라 정의하면, (N_s-1) 개의 나머지 영역의 피크는 좌측에 있으므로, 임의의 영역 n에 있는 피크를 LPn이라 지칭하도록 한다.
- [0047] 만일, 3개 모듈의 직렬 연결된 어레이가 두 종류의 서로 다른 일사량 레벨로 덮여 있으면 두 가지 시나리오들이 확인될 수 있다. 하나의 시나리오는 LP2와 RP의 두 피크만 포함하는데, 이때 LP2는 두 개의 밝은 음영 모듈에 의해 발생하고 RP는 하나의 짙은 음영 모듈에 의해 발생한다. 또 다른 시나리오에서는 LP1과 RP에만 피크가 나타나는 경우인데, LP1은 밝은 음영 모듈 하나에 의해 발생하고 RP는 두 개의 짙은 음영 모듈로 인해 발생한다.
- [0048] 한편, 3개의 모듈의 직렬 연결된 어레이가 세 종류의 서로 다른 일사량 레벨로 덮이게 되면 LP1, LP2 및 RP라는 3개의 피크가 나타난다. LP1과 LP2는 가장 밝은 음영 모듈과 두번째로 밝은 음영 모듈로 인해 나타난다. 앞서

정의하였듯이 LPn은 n 번째 영역에 있는 왼쪽 피크를 반영한다. RP는 항상 어레이 전류가 짝은 음영 모듈에 의해 두드러질 될 때 발생한다.

[0049] 위의 분석에 따르면 LPn의 최대 출력은 하기 <수학식 1>에 표시된 것처럼 전역 음영 레벨과 밀접한 관련이 있다.

수학식 1

$$P_{LPn} = \frac{nP_r}{N_s}$$

[0050]

[0051] 여기서 N_s는 직렬 연결된 태양광 모듈의 수이고, P_r은 가상의 전력값으로서 모든 모듈이 현재의 음영 레벨중 가장 밝은 음영으로만 전체가 덮이게 될 때를 가정하여 계산된 출력 전력으로서, 본 발명에서는 기준 전력이라고 지칭된다. P_r은 제안된 알고리즘의 주요 정보로서 현재 태양광 어레이의 동작점의 정보와, 출력전력의 측정값으로부터 주어진 도출식을 통해 미루어 계산할 수 있다.

[0052] 도 5a는 종래의 부분 음영 검출 방법을 나타내는 흐름도이며, 도 5b는 본 발명에 따른 적응적 부분 음영 검출 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0053] 도 5a를 참조하면, 전역 MPPT는 초기화(initialization) 이후 전역 피크 스캐닝(GPS, Global Peak Scanning)(511), 로컬 최대전력추적(MPPT, Maximum Power Tracking)(512), 부분 음영 검출(PSD, Partial Shading Detection)(513, 514)의 순으로 진행될 수 있다. 예컨대, 상기 513 및 514 단계에서, 미리 설정된 PDS 기준을 만족하면 511 단계의 GPS 동작을 다시 수행하게 되며, 상기 513 및 514 단계에서 미리 설정된 PDS 기준을 만족하지 않으면 GPS 동작을 다시 수행하지 않고 512 단계의 로컬 MPPT 동작을 반복 수행하게 된다.

[0054] 도 5a와 같이 기존의 부분 음영 검출 알고리즘은 두 개의 연속 전력 사이에서 변화율을 모니터링 한다. 예컨대, 0.1로 사용된 임계 값보다 커지면 GPS를 호출한다. 그런데, 갑작스러운 일사량 변화에서 P/P는 상당히 높을 수 있어 전역 음영 상황에서도 잘못 호출이 될 수 있다. 반대로, 이 방법은 특히 낮은 일사량 레벨을 갖는 부드러운 음영 패턴에서 GPS를 호출하지 못할 수 있는 가능성이 있다.

[0055] 정리하면, 도 5a와 같은 종래의 알고리즘에는 세 가지 단점이 있다. 첫째, 시스템이 가장 왼쪽 피크에 도달하면 더 이상 우측의 RP의 피크 값에 대한 모니터링이 불가능하여 다른 피크 지점으로 되돌아가기가 쉽지 않다. 둘째, 가장 왼쪽 피크 이외의 다른 작동 지점에서 동작중에 일사량이 증가하는 경우는 부분 음영이 풀리는 경우이므로 GPS 호출이 필요하지 않지만 판단 기준에 의해 GPS를 호출 하려고 시도한다. 셋째, 판단기준이 출력전력의 변화율에 의존하기 때문에, 갑작스런 음영패턴 변화에는 너무 민감하고, 부드러운 음영패턴 변화에는 둔감해진다.

[0056] 도 5b는 본 발명에 따른 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 판단 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 5b를 참조하면, GPS를 호출하는 것은 현재의 음영 상태에서의 가상적인 전역음영상태를 반영한 기준 전력값과, 현재의 동작점의 정보를 동시에 고려한 방법을 사용하기 때문에 GPS 호출을 최적화하는 것이 가능하다.

[0057] 먼저, 초기화를 위해 GPS가 한번 호출(521)되어 로컬 피크의 수가 확인(522)된다. 단위모듈이 가지는 개방 회로 전압(V_{oc})과 측정된 동작 전압(V_{received})을 서로 비교함으로써 현재 동작점이 위치한 영역 번호 "n"을 알 수 있는데 이를 위해서는 는 하기 <수학식 2>를 이용한다.

수학식 2

$$(n-1)V_{OC} < V_{received} < nV_{OC}$$

[0058]

[0059] 만약, 523 단계의 판단에서, 현재 동작점이 가장 전압이 높은 영역이 아닌, 좌측 피크(LPn)에 있는 경우 로컬 MPPT를 실행(531)할 때마다, 다른 피크를 정기적으로 확인해야 하므로 이때는 GPS를 주기적으로 호출하게 된다.

이러한 GPS의 주기적 호출은 타이머 T_{count} 및 설정 시간 T_{set} 으로 구현된다(522). 즉, 단계 532에서 타이머 T_{count} 가 설정 시간 T_{set} 보다 작거나 같으면, 상기 로컬 MPPT가 실시간으로 반복 실행(531)되며, 상기 타이머 T_{count} 가 설정 시간 T_{set} 보다 크면, 상기 GPS가 호출되어 실행(521)된다.

[0060] 한편, 523 단계의 판단에서, 현재 동작지점이 가장 전압이 높은 영역인 우측 피크(RP)에 있는 경우는 가능한 두 가지 시나리오로 나누어 대처한다. 먼저 524 단계에서 상기의 GPS를 통해 확인한 피크 수를 이용한다. 상기 피크 수를 판단한 결과 피크 수가 두 개 이상인 경우 527 단계에서 기준 전력 P_r 은 가장 왼쪽 피크 레벨을 기준으로 하여 업데이트해야 한다. 현재의 상황에서 수학식 2를 통해 가장좌측 영역 n 값을 알고 있으므로, P_r 은 하기 <수학식 3>에 의해 이 영역의 P_{LPn} 을 이용하여 재계산된다.

수학식 3

$$P_r \leftarrow \frac{N_s}{n} P_{LPn}$$

[0061]

[0062] 524 단계의 판단에서, PV 곡선에 단일 피크만 있는 경우 시스템이 전역 음영 상태에 있으며, 측정된 전력이 바로 기준 전력으로 이용될 수 있음이 반영된다. 따라서 P_r 은 단계 526에서 하기 <수학식 4>에 의해 업데이트된다.

수학식 4

$$P_r \leftarrow P_{received}$$

[0063]

[0064] 한편, 상기의 수학식 1를 이용하면, 현재 계산된 기준전력을 통해 각 영역에 피크가 존재했을때의 예상되는 전력크기들을 모두 계산해 낼수 있는데, 여기서 $n=1, \dots, N_s$ 이며, 편의상 $P_{LPn_s} = P_{RP} = P_r$ 로 정의한다. 수학식 1을 통해 모든 피크들의 예상 전력크기를 계산한 후에는, 다음 단계(528)에서, 현재 측정된 발전 전력(Preceived)이 어느 전력 영역대에 속했는지에 따라 임계 전력 레벨(P_{th})을 달리 정한다. 즉, 현재 측정된 태양광 어레이의 발전전력(Preceived)의 크기가 속한 구간에 따라 임계전력을 다르게 계산할 수 있다.

수학식 5

$$P_{th} \leftarrow P_{LP(N_s-m)}, \text{ if } P_{LP(N_s-m)} < P_{received} \leq P_{LP(N_s-m+1)}$$

$$P_{th} \leftarrow P_{LP1}, \text{ if } 0 < P_{received} \leq P_{LP1}$$

[0065]

[0066] 여기서 $m = 1, 2, \dots, (N_s-1)$ 이다. 단계 529에서 로컬 MPPT가 실행된 후, 530단계에서 GPS의 호출 기준은 현재 발전전력과 임계전력을 비교하는 <수학식 6>에 의해 주어진다.

수학식 6

$$P_{received} < P_{th}$$

[0067]

[0068] 상기 <수학식 6>의 조건이 충족되면 GPS가 호출된다. 만일 이 조건을 충족치 못하면 일사량이 이전 보다 증가하

는 경우로 한정하여, 525 단계에서 하기 <수학식 7>에 의해 P_r 을 상향 업데이트하고 P_{th} 는 상기 <수학식 5>에 의해 다시 업데이트된다.

수학식 7

$$P_r \leftarrow \max(P_r, P_{received})$$

- [0069]
- [0070] 이후 529 단계에서 로컬 MPPT가 반복되고 530 단계에서 상기의 GPS 호출 기준이 다시 테스트된다.
- [0071] 한편, 기존의 $\Delta P/P$ 알고리즘과 본 발명에 따라 제안된 알고리즘의 성능을 모의 실험으로 비교하기 위하여 도 6에 도시된 바와 같이 회로 시뮬레이션 블록으로 구현하였다.
- [0072] 도 6은 본 발명에 따른 적응적 부분 음영 검출 방법이 적용된 태양광 발전 장치의 성능을 검증하기 위한 모의 실험용 회로도이다. 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 태양광 장치는, 태양광 어레이(610), 제어 모듈(620), 부스트 DC/DC 컨버터(630), 센서 회로(640), 적절한 저항 부하(650)를 포함할 수 있다.
- [0073] 성능 비교를 위한 로컬 MPPT 알고리즘은 어떤것이든지 가능하지만, 본 시뮬레이션에서는, 듀티 변화가 $\Delta-D = 0.007$ 로 설정된 P & O(perturb & observation) 알고리즘이 로컬 MPPT 알고리즘으로 사용되었으며, 제어 모듈(620)은 DLL 블록 내부의 C프로그램으로 코딩 되었고, 로컬 MPPT와 GPS 알고리즘 및 GPS 알고리즘 모두 제어모듈(620)에 함께 코딩 되었다.
- [0074] 도 6의 개략도에서, 2 개의 태양광 모듈(210, 220)(예컨대, SCM 60 모듈들)이 어레이로서 직렬로 연결되고, 각각 두개의 바이패스 다이오드를 연결하였으며, 부스트 컨버터 회로(630)가 실제적인 MPPT 알고리즘에 따라 설정된 동작점에 맞게 태양광 어레이로부터 전류와 전압을 추출하게 된다. 각각의 태양광 패널 모듈에서는 두가지 신호가 입력되는데, 일사량(S)과 온도(T)이다.
- [0075] 본 모의 테스트에서는 일사량은 임의의 패턴을 주입하게 되고, 온도는 상온 $25^{\circ}C$ 로 고정하였다. 관찰 프로브 P1 및 P2는 각 모듈에서 주어진 일사량에서 얻을 수 있는 이상적인 최대 전력을 모니터링하는 값이며 현재 발전되는 출력 전력은 태양광 어레이 출력 전압 및 전류의 곱에 의해 계산되어 프로브 $P_{received}$ 에 할당된다.
- [0076] 부분 음영 패턴에 대한 부분 음영 검출 성능을 테스트하기 위해, 태양광 패널 1의 경우 톱니와 정현파 패턴의 변화하는 음영 패턴(Irr_P1)을 공급하고 태양광 패널 2의 경우 $1000W/m^2$ 의 일정한 일사량 패턴(Irr_P2)으로 유지하였다. 일사량은 도 7a에 표시된 테스트 1에서 $1000W/m^2$ 와 $200W/m^2$ 사이에서 완만히 변경하였고, 도 8a에 표시된 테스트 2에서는 $1000W/m^2$ 에서 $500W/m^2$ 까지 급격하게 변경하였다.
- [0077] 먼저, GMPPT 기능이 없는 로컬 MPPT 알고리즘만을 사용하였을때, 주어진 태양광 어레이에 의해 발전될 수 있는 출력 전력(Preceived)을 도 7b와 도 8b에 나타내었다. 앞서 말한 바와 같이 도 7b는 완만한 일사량 패턴에 의한 것이고, 도 8b는 급격한 일사량 변경에 대한 것이다.
- [0078] 이제, 로컬 MPPT에 GPS 알고리즘을 추가한 전역 MPPT알고리즘에 종래의 부분 음영 검출 알고리즘을 채택한 결과를 각각 도 7c 및 도 8c에 도시하였다. 마찬가지로 도 7c는 완만한 일사량 패턴에 의한 것이고, 도 8c는 급격한 일사량 변경에 대한 것이다. 도 7b와 도 8b와 비교해보면, 발전전력이 상당히 증가한 것을 알 수 있지만, 여전히 잘못된 판단에 의해 발전전력의 낭비가 심한 것을 확인할 수 있다. 여기에서 GPS_flag는 전역 파크 스캐닝의 호출 여부를 나타내는 플래그로서, 논리적으로 High 값, 즉 "1"은 GPS 호출 이벤트를 나타낸다. 강조 표시된 영역은 부적절한 GPS 트리거링에 의해 낭비되는 태양광 전력을 보여준다.
- [0079] 이제, 종래의 부분 음영 검출 알고리즘 대신 본 발명의 실시예에 따라 제안된 적응형 부분 음영 검출 알고리즘을 적용한 후에 발전되는 출력 전력을 도 7d 및 도 8d에 도시하였다. 앞의 도 7c 및 도 8c와 비교하면 제안된 방법은 완만한 일사량 변화에 대해 판단을 놓치지 않고, 급격한 일사량 변화에는 불필요한 GPS 호출을 줄여서 주어진 일사량 패턴에서 보다 많은 발전량을 얻을 수 있음을 입증한다. 시뮬레이션의 주요 관측치는 하기 <표 1>에 요약되어 있다.

표 1

Sensed power(W)		Detection criterion		PSD flag		Comments	
P _{received,old}	P _{received}	dp/p	P _{th}	Conventional	Proposed	Conventional	Proposed
255	225	0.12	127.5	1	0	불필요한 검출	적절한 검출
130	120	0.08	127.5	0	1	검출 실패	적절한 검출

[0080]

[0081]

한편, 모의실험에 추가적으로 실제 하드웨어로 구성된 실험에 의해서도 개선된 결과를 입증할 수 있다. 실험 세트는 PV 하드웨어 시뮬레이터, 부스트 컨버터 및 전기적 부하로 구성된 실험이 수행될 수 있다. PV 하드웨어 시뮬레이터의 세팅값으로는 단결정실리콘 패널인 'Solar Center'사의 SCM60 제품의 태양광 패널 데이터 값을 사용하였고, 2개를 직렬 연결하도록 설정하였다. 주요 태양광 패널 사양은 부스트 컨버터의 하드웨어 제작 사양과 함께 하기 <표 2>에 함께 설명하였다.

표 2

[0082]

Category	Parameter	Value	Item	Value
PV panel SCM 60	P _{max}	60W	DSP	TMS320F28377S
	V _{mpp}	19.0V		
	I _{mpp}	3.16A	Electric load	Prodigit 3314F
	V _{OC}	23.0V		
	I _{SC}	3.30A		
Power circuit	C _i	22 μF	C	22 μF
	L	56 μH	V, I sensor	LT1366
	V _o	48V	Diode	FYPF201
	f _{sw}	100kHz	MOSFET	11NM60

[0083]

PV 하드웨어 시뮬레이터의 성능 제한으로 인해 아래 $100W/m^2 \cdot s^{-1}$ 미만의 슬루 레이트(slew rate)는 일사량 패턴의 완만한 변화로 가정하고 실험을 수행했다.

[0084]

도 9에서는 완만한 부분 음영 패턴들에서 작동한 결과이다. 초기 조건에서는 도 9a는 두 개의 일사량 수준이 $800W/m^2$ 및 $360W/m^2$ 로 유지될때의 태양광 어레이의 P-V곡선 분포를 나타낸다. 이때에는 RP가 LP보다 높으므로 동작점이 전역 최대 전력추적 알고리즘에 의해 바람직하게는 RP(35.8V, 1.34A)상에 위치해야 한다. 도 9b은, 일사량 레벨 S1은 $800W/m^2$ 를 유지한 채, 레벨 S2가 $360W/m^2$ 로 $320W/m^2$ 로 떨어질 때의 경우로, 이제 LP가 RP보다 더 높아졌으므로 바람직하게는 동작점은 LP(16.6V, 2.79A)로 변경되어야 한다.

[0085]

그런데, 작은 전력 변화 ($P/P < 0.1$)로 인해, 종래의 방법은 도 10a에 도시된 바와 같이 이러한 부분 음영을 검출하지 못하여, GPS 호출을 하지 않으므로 동작점이 계속 RP에 머무른다(출력전력 43.5W). 반대로, 제안된 방법에서는 GPS가 호출되고 동작점이 바람직한 위치인 LP로 재배치되어 도 10b에 도시된 바와 같이 바람직한 최대 전력(출력 전력 46W)을 나타낸다.

[0086]

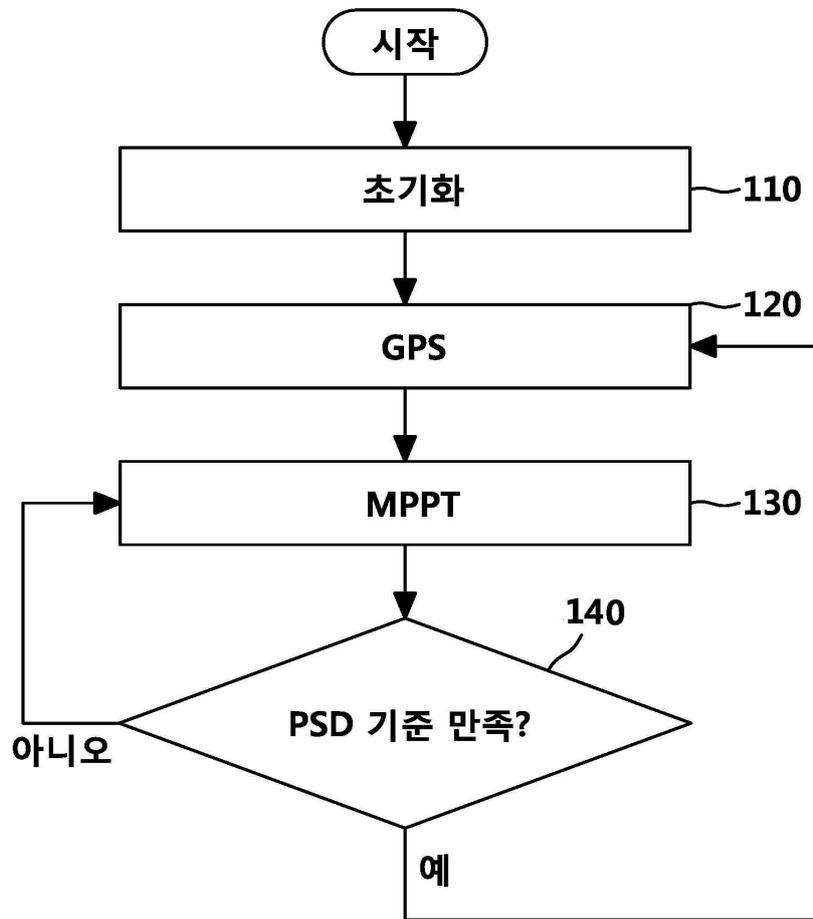
마찬가지로, 급격한 일사량 변화의 경우에도 이러한 성능차를 확인할 수 있다. 초기조건에서 2개의 모듈의 일사량 레벨을 도 11a와 같이 $800W/m^2$ 로 동일하게 유지하다가 모듈 1의 일사량 수준 S1은 기존 $800W/m^2$ 로 유지한 채, 모듈2의 일사량 S2는 도 11b와 같이 $800W/m^2$ 에서 $650W/m^2$ 로 떨어뜨렸다. 이경우는 처음에는 RP의 하나의 전력최대점이 존재하다가 일사량 변화 후에는 봉우리가 두개로 분화하는데, LP가 내는 출력이 RP보다 여전히 낮기 때문에 때문에 GPS 호출이 불필요해지는 상황이다.

[0087]

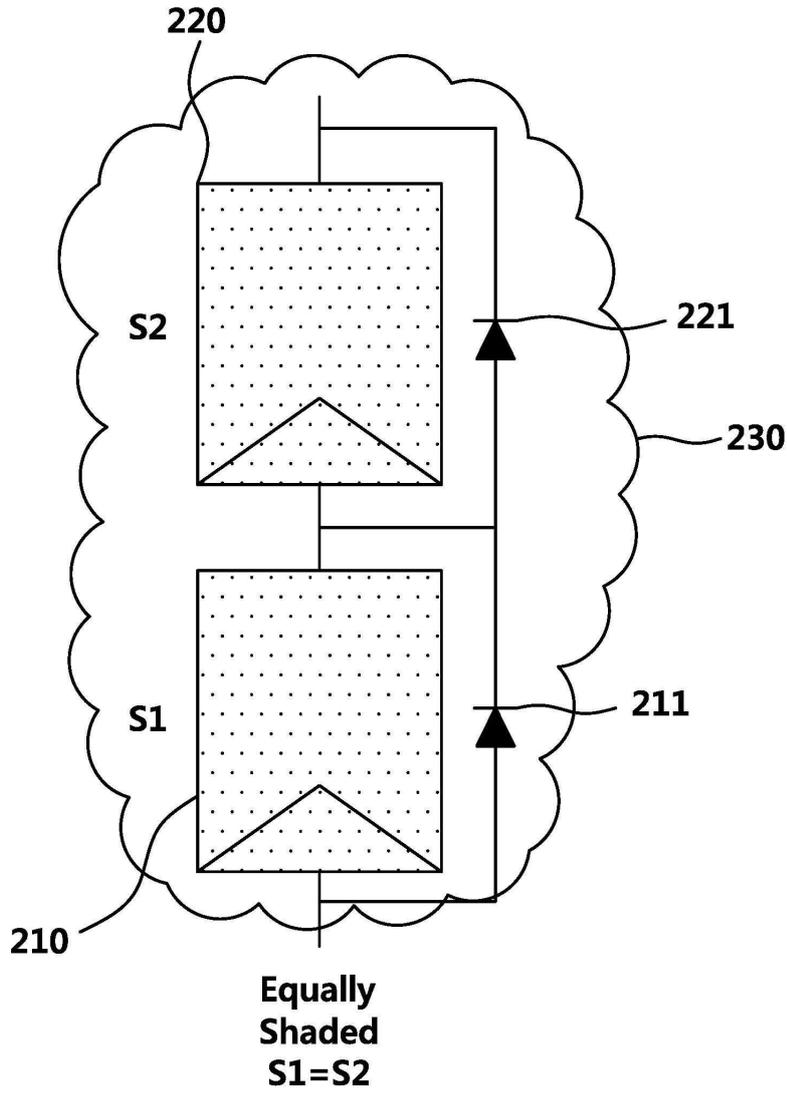
하지만, 도 12a에서 종래 PSD 알고리즘은 이 전력 차이($P/P > 0.1$)를 감지하기 때문에 GPS를 호출하여 시간낭비를 하고 다시 현재 피크(RP)로 돌아간다. 반대로 제안된 방법은 도 12b와 같이 GPS를 불필요하게 호출하지 않고 동작점은 RP에서 계속 작동하도록 한다. 즉, 불필요한 GPS 호출을 제거함으로써, 전압 및 전류 파형의 결함을

도면

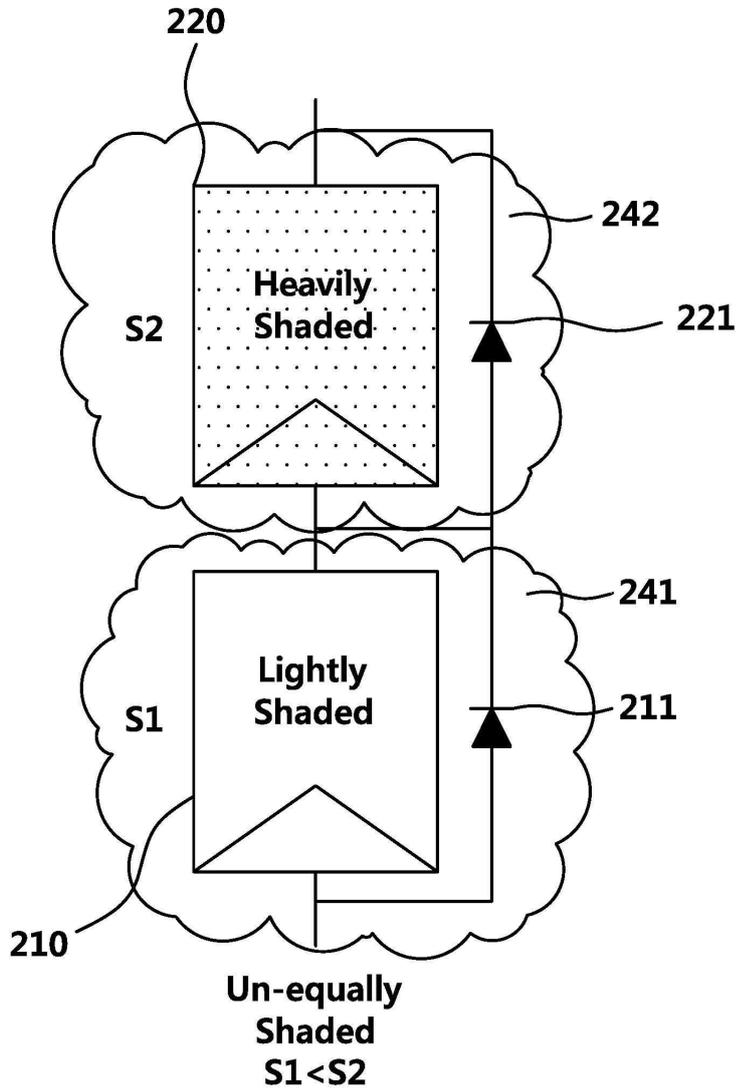
도면1



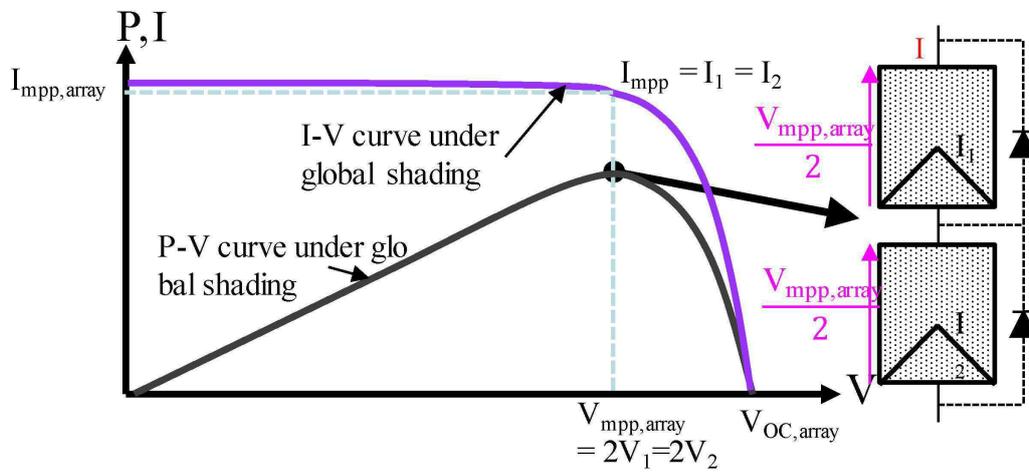
도면2a



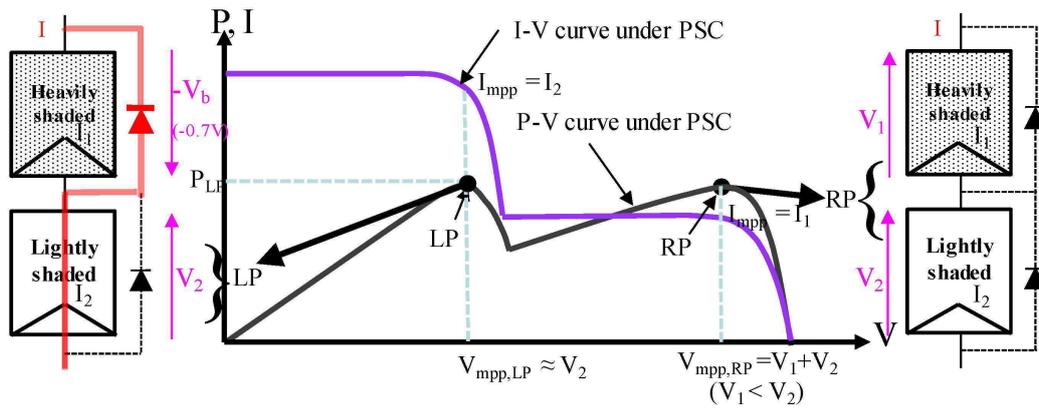
도면2b



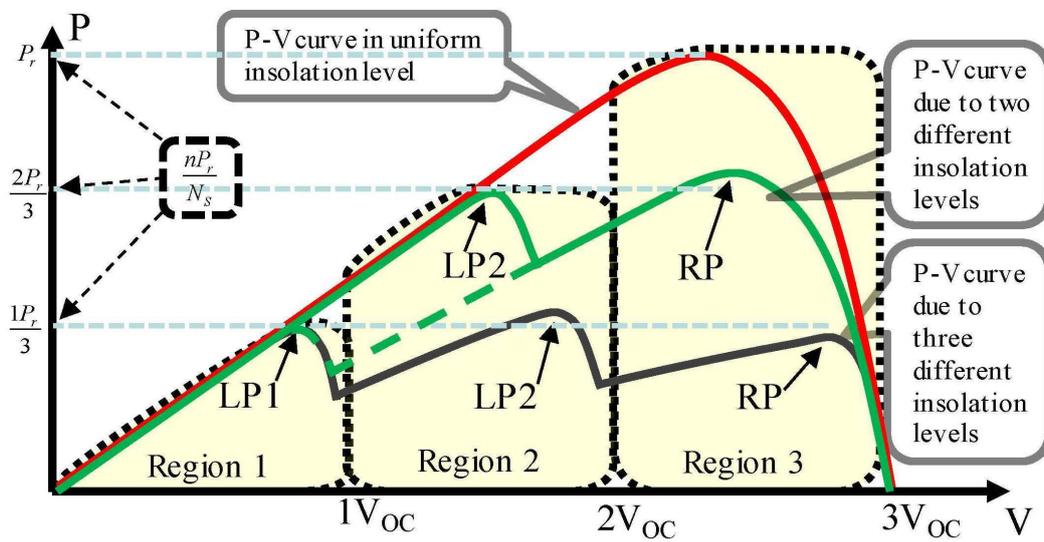
도면3a



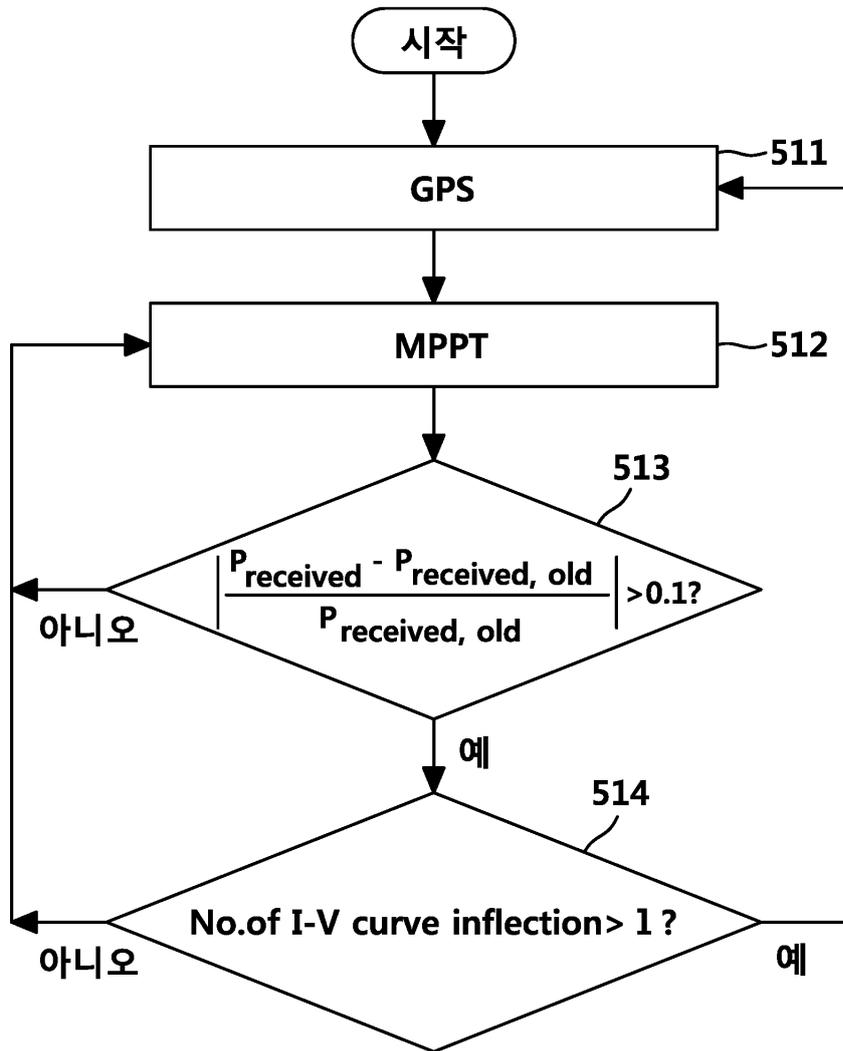
도면3b



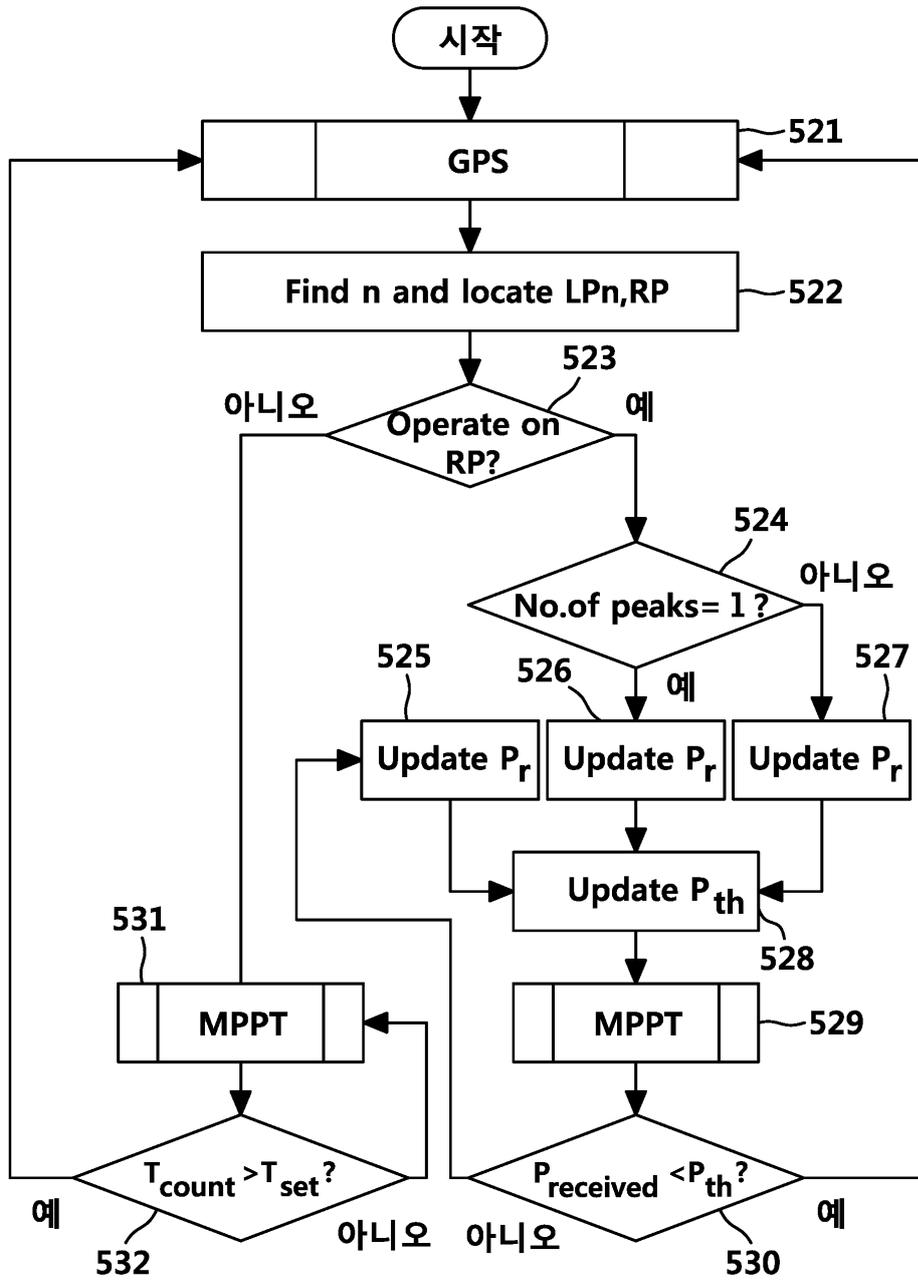
도면4



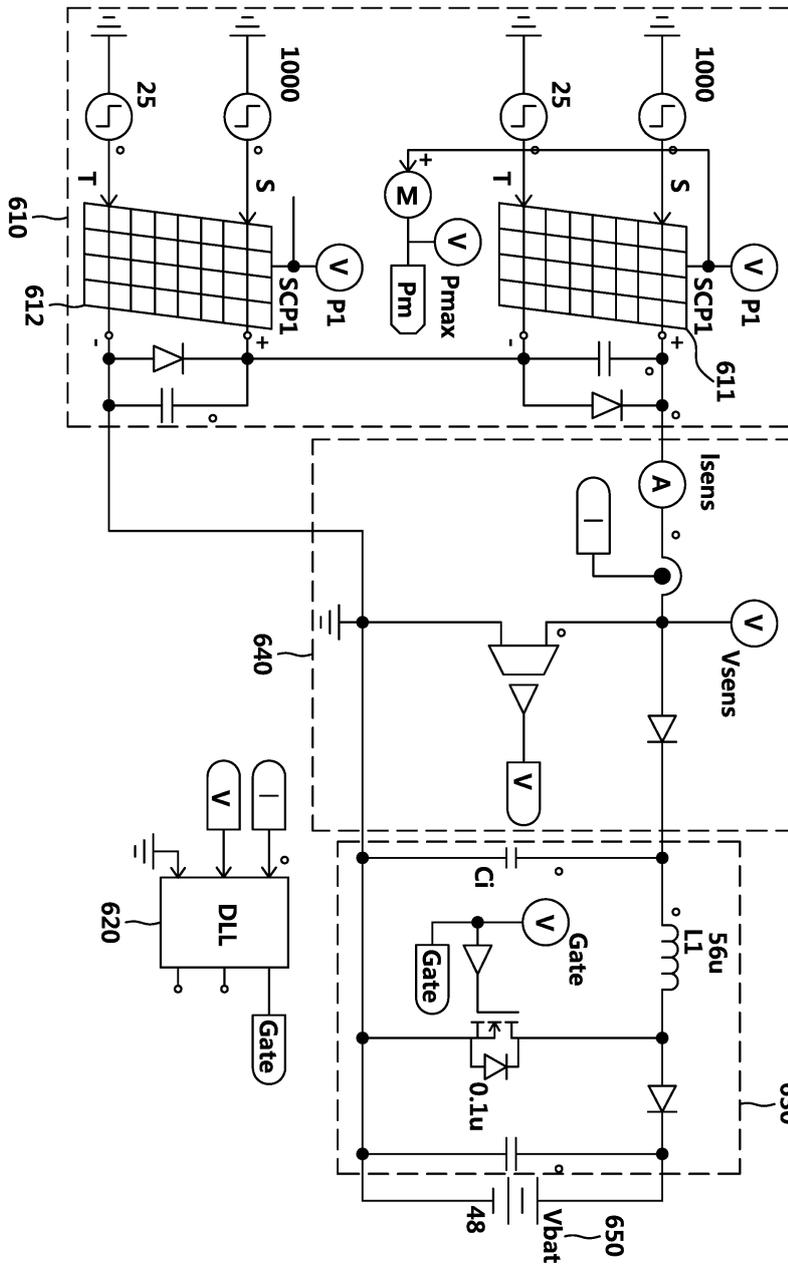
도면5a



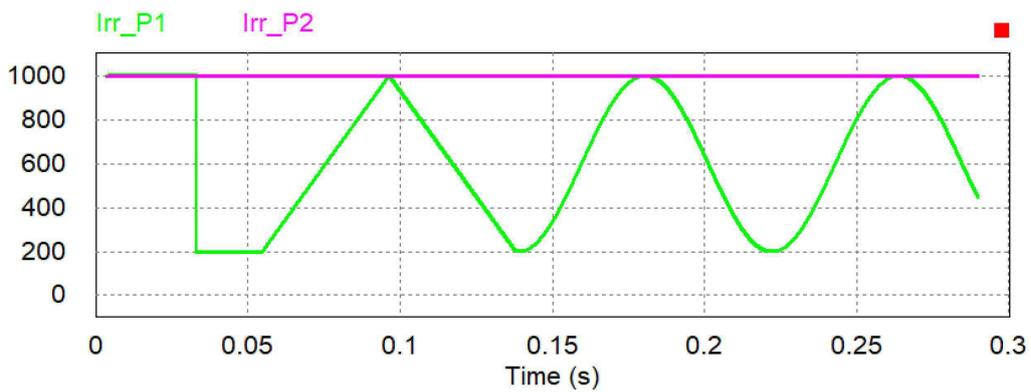
도면5b



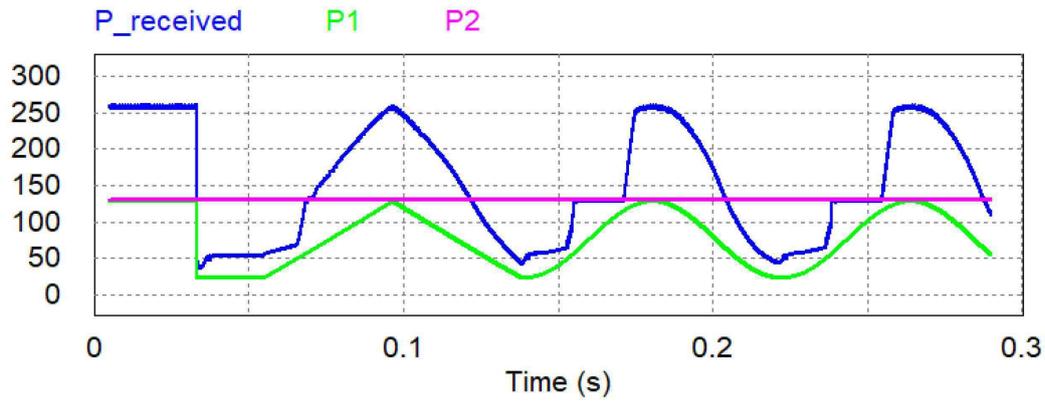
도면6



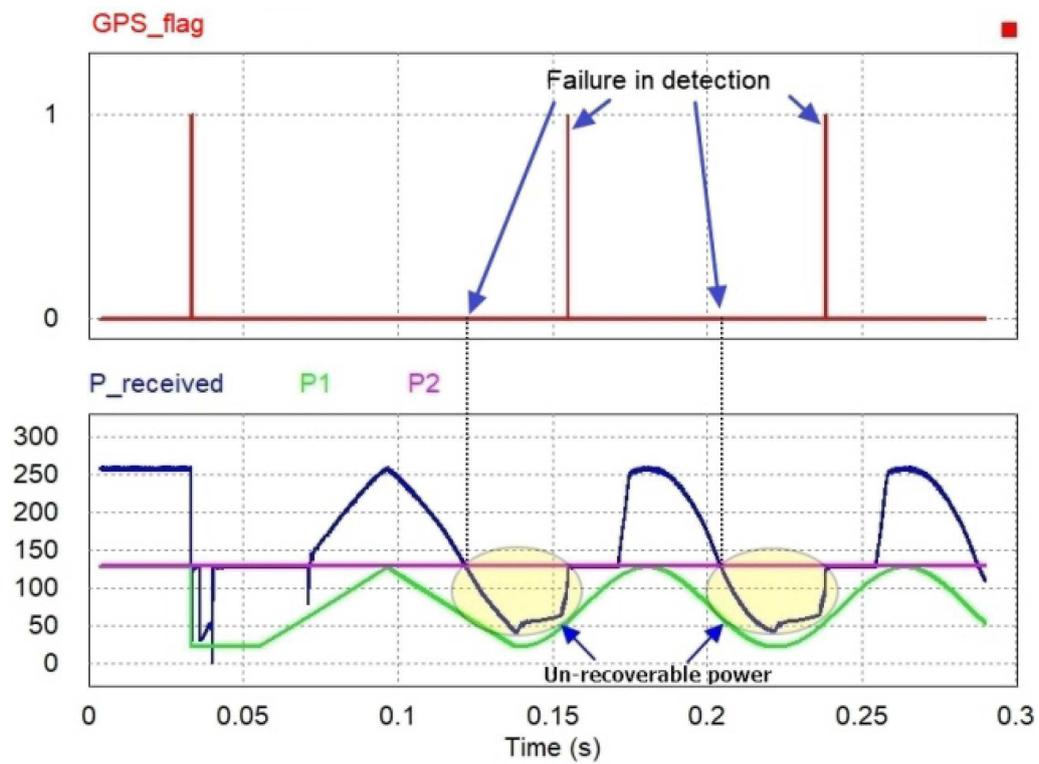
도면7a



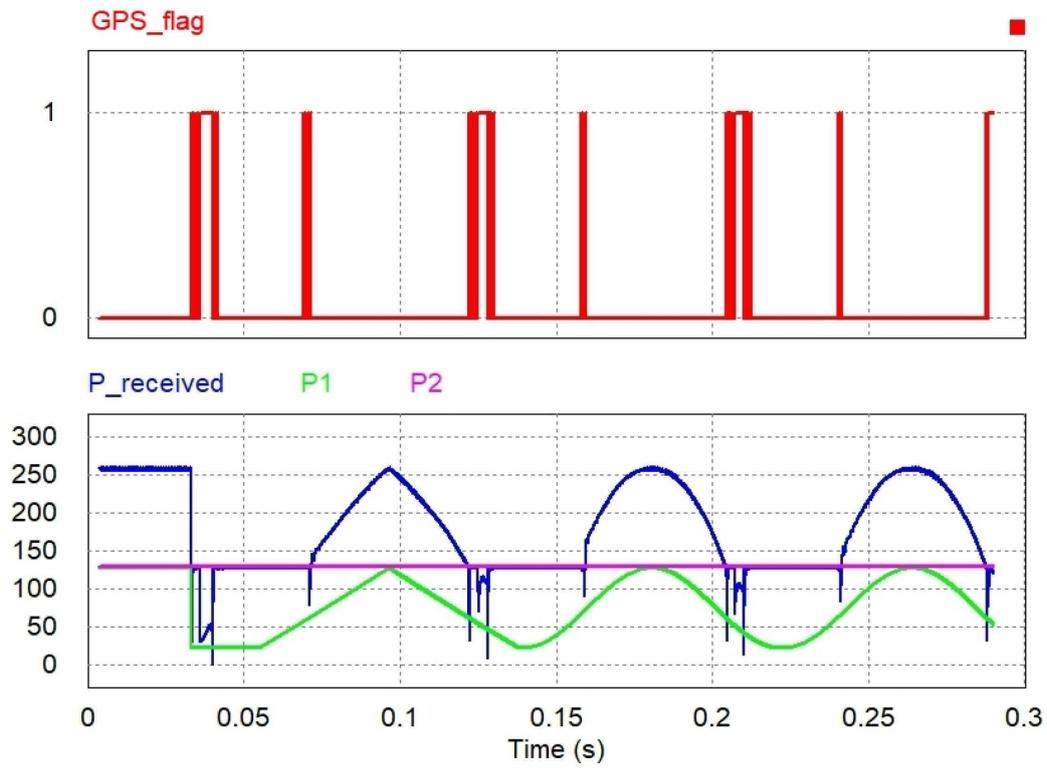
도면7b



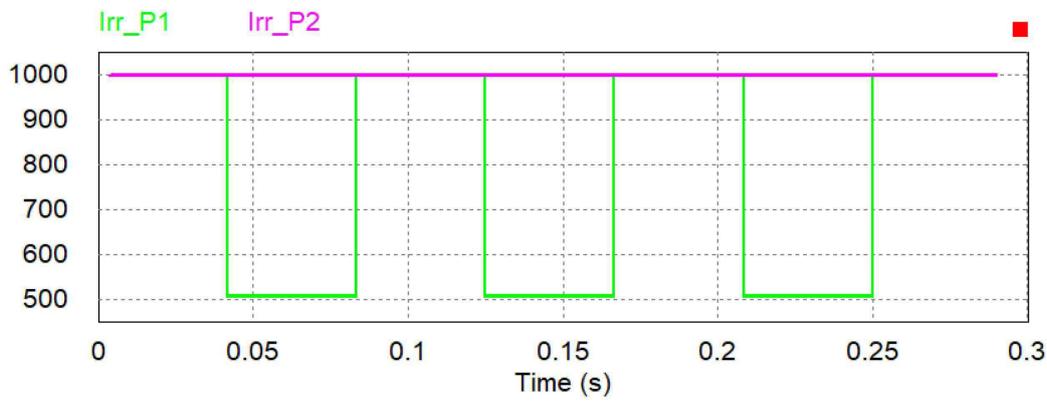
도면7c



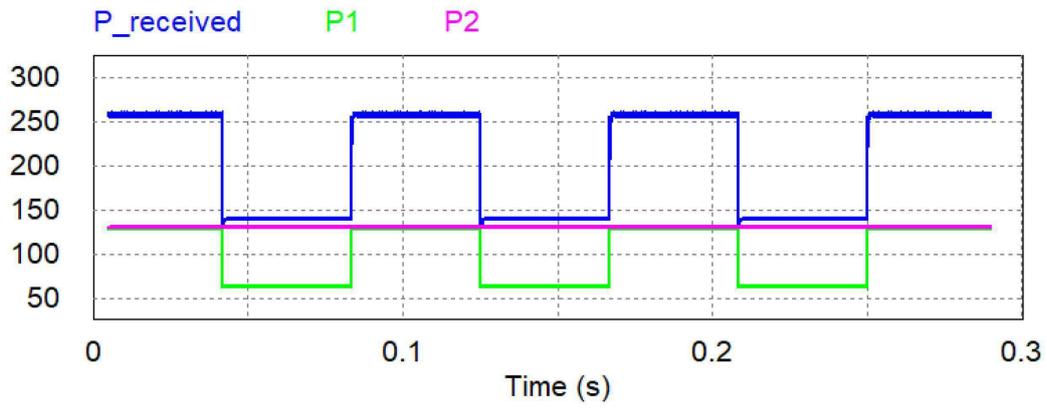
도면7d



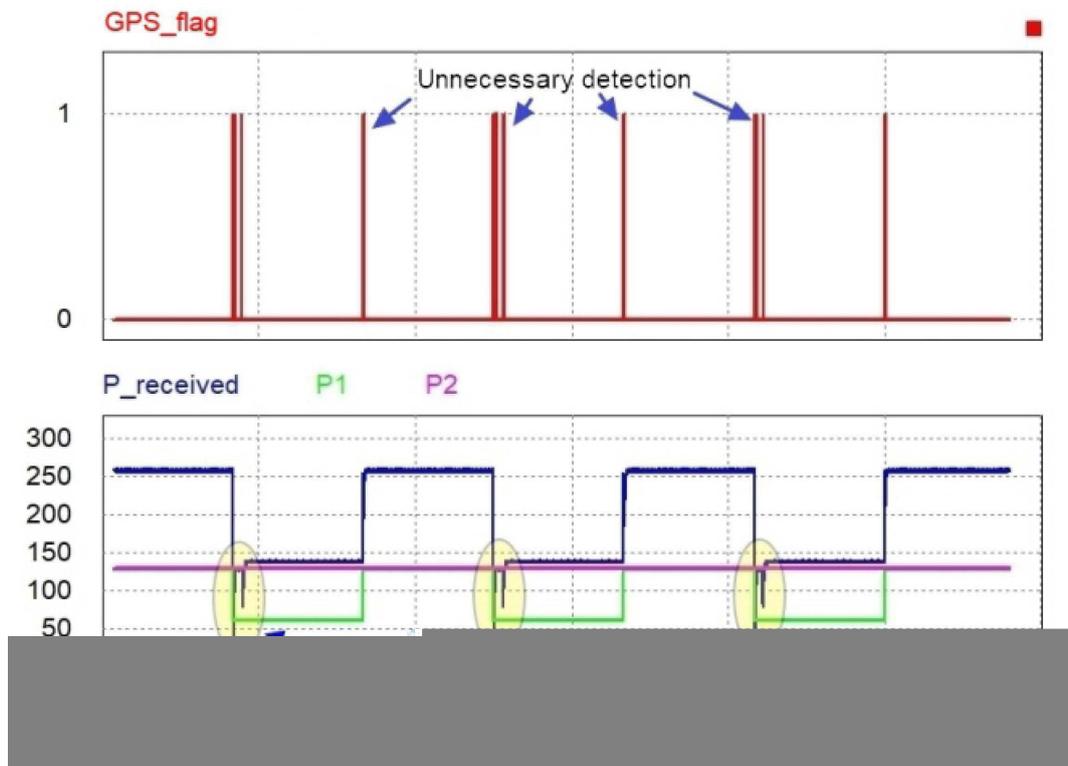
도면8a



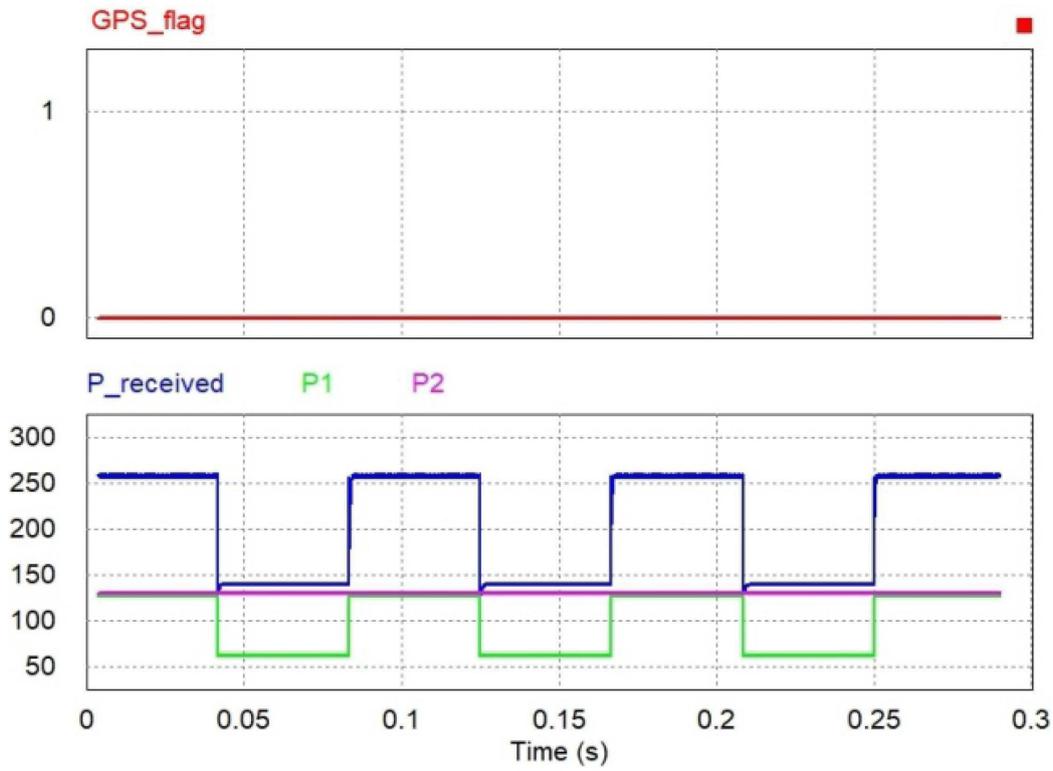
도면8b



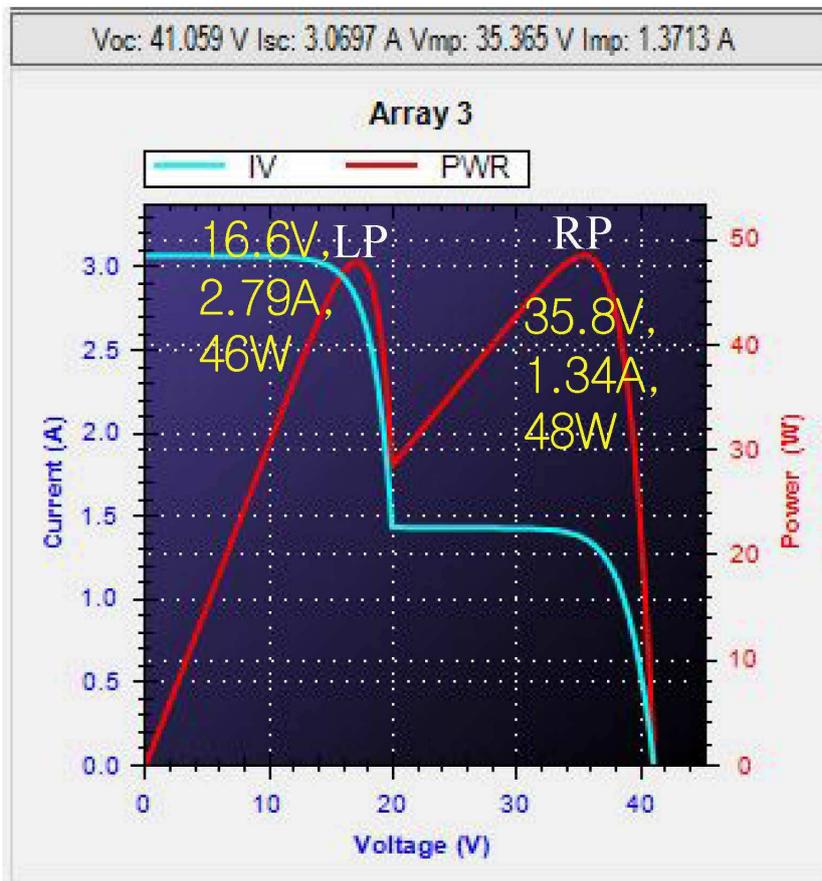
도면8c



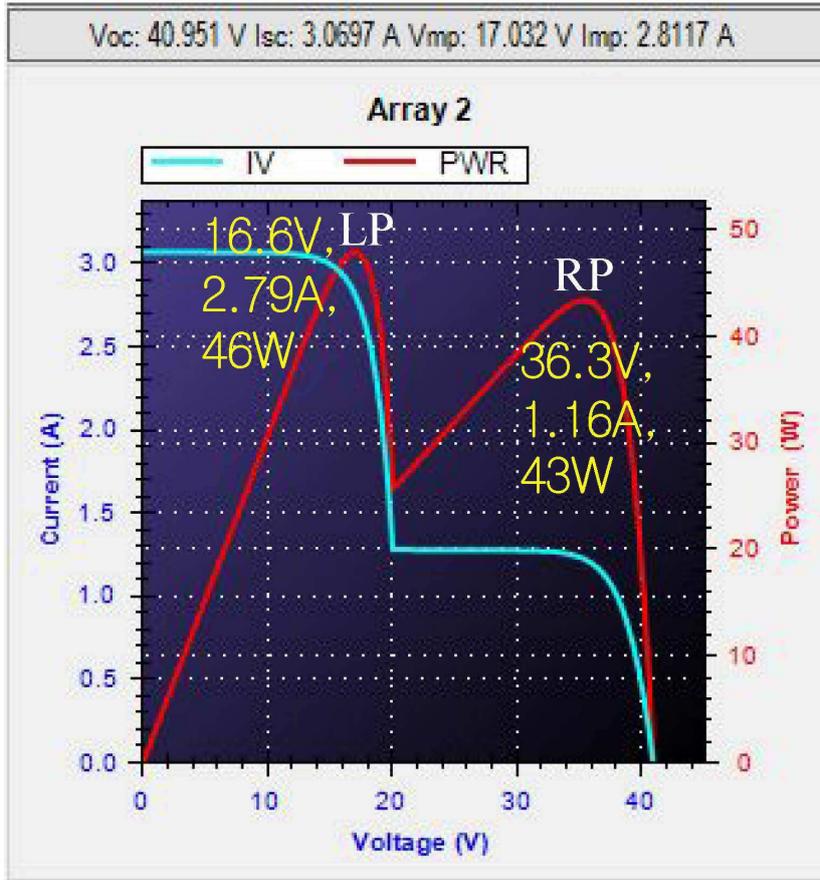
도면8d



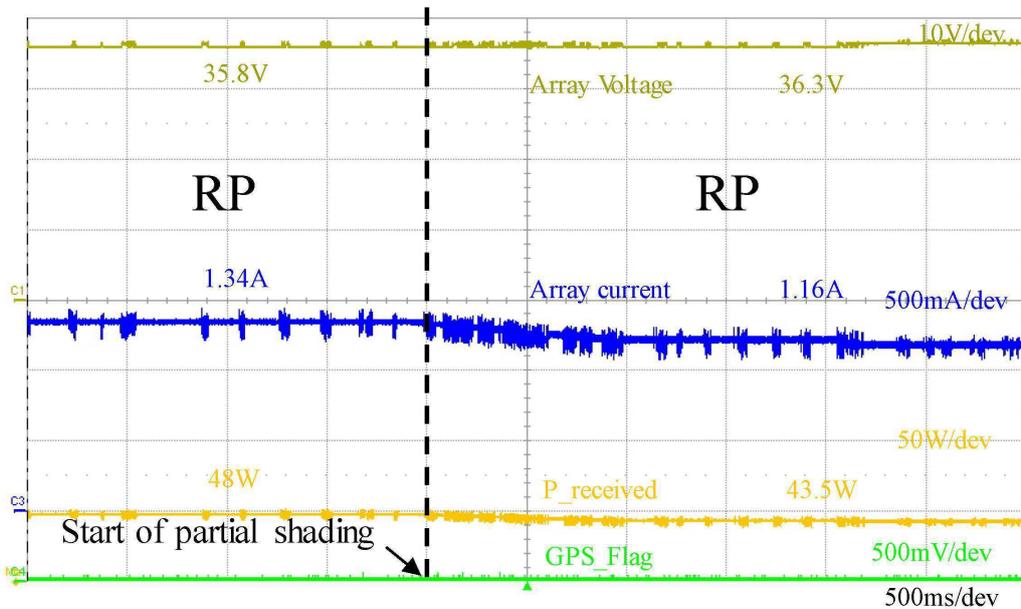
도면9a



도면9b

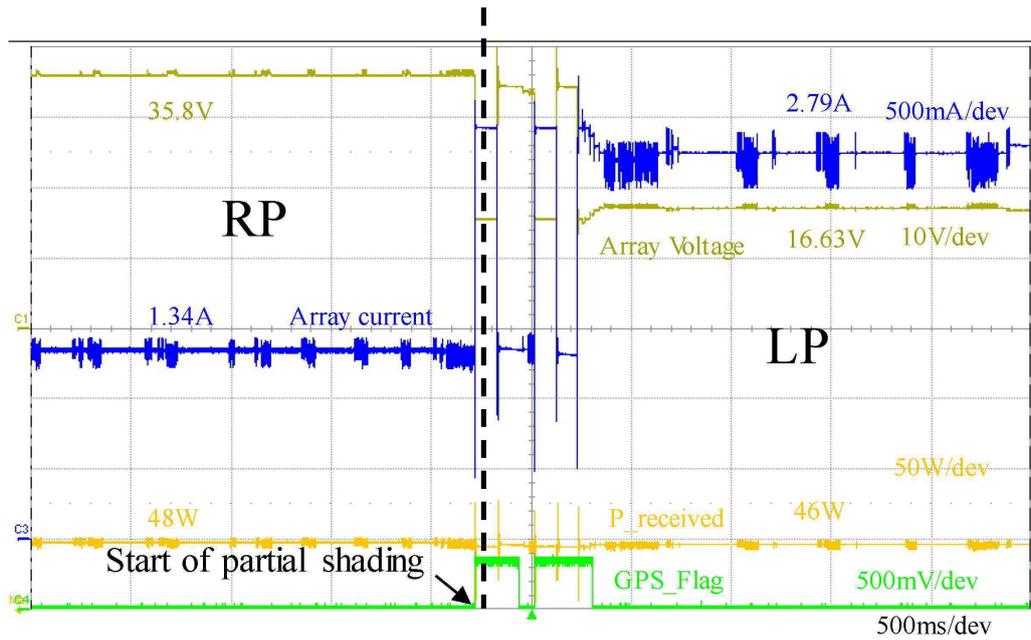


도면10a



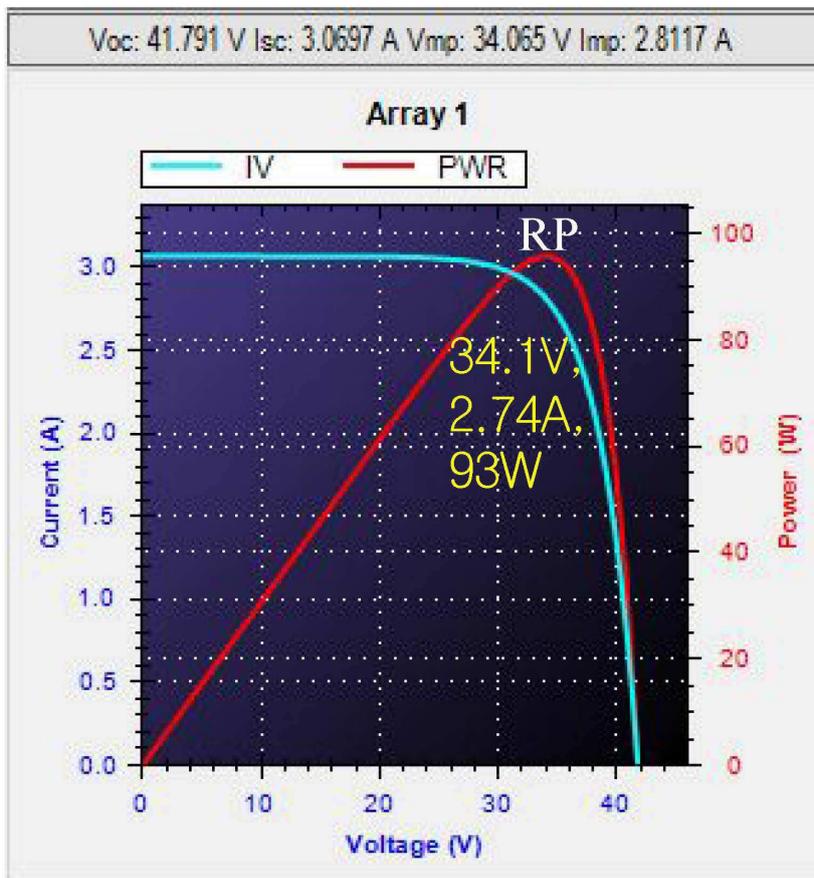
S1=800W/m², S2=360W/m² S1=800W/m², S2=320W/m²

도면10b

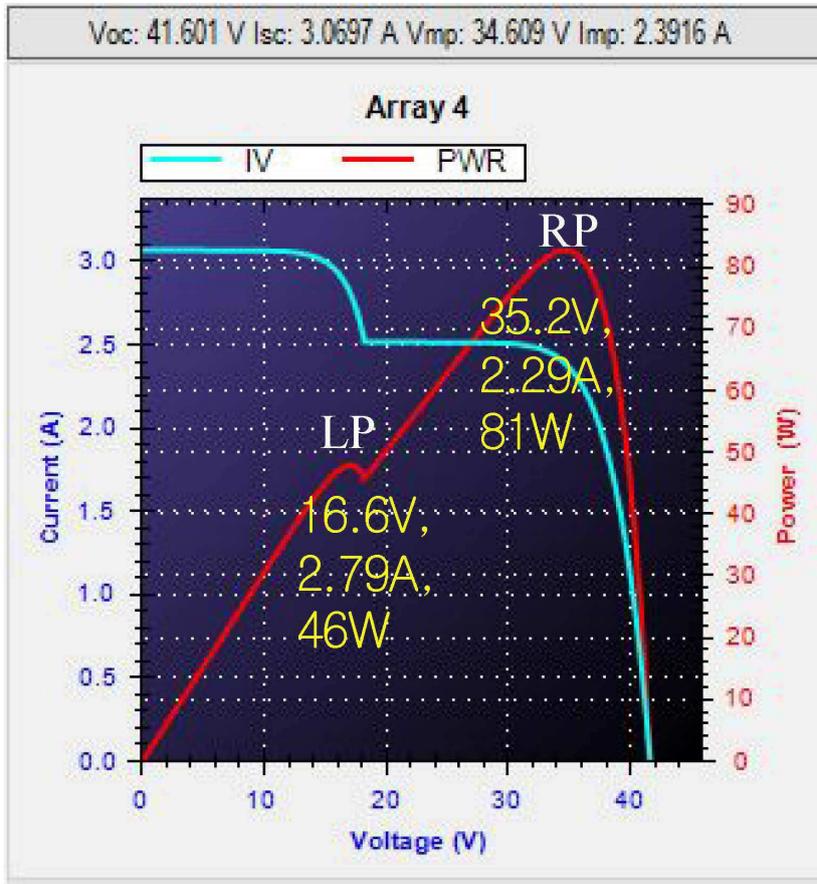


$S1=800W/m^2, S2=360W/m^2$ $S1=800W/m^2, S2=320W/m^2$

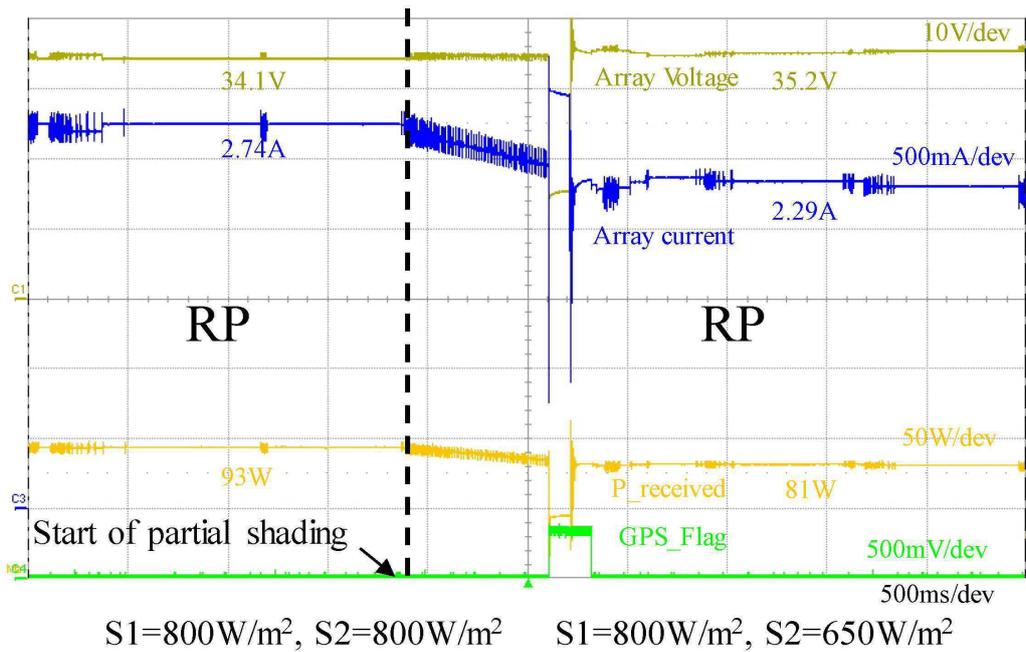
도면11a



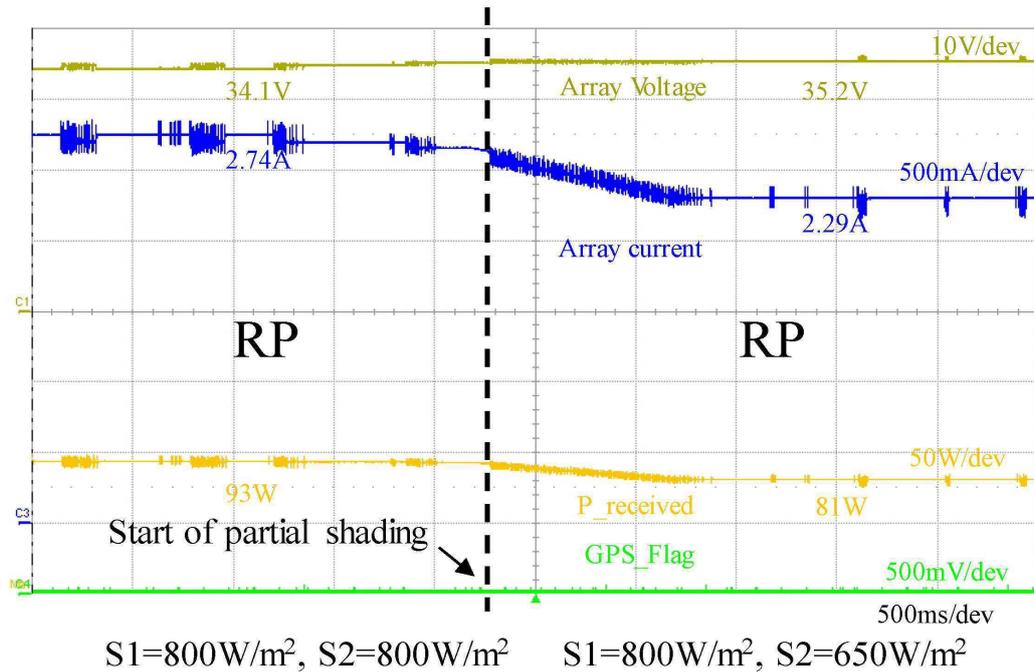
도면11b



도면12a



도면12b



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

태양광 어레이에 대한 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)을 수행하는 단계;

상기 태양광 어레이의 단위 모듈이 가지는 개방 회로전압(Voc)과 동작전압(Vreceived)을 비교하여 상기 태양광 어레이에서 현재 동작점이 위치한 영역정보를 확인하는 단계; 및

상기 영역정보에 따라 상기 태양광 어레이의 현재 동작영역 및 상기 동작영역에 설정된 기준전력(Pr)에 기반하여, 상기 전역 피크 스캐닝의 재수행 여부를 판단하는 단계를 포함하며,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우 피크 수를 확인하고,

상기 피크 수가 2개 이상이면,

기준전력(Pr)을 가장 왼쪽영역의 피크 레벨을 기준으로 업데이트하는 단계;

상기 업데이트된 영역 정보의 임계전력레벨(Pth)을 계산하고 최대 전력점 추적(MPPT)를 실행하는 단계; 및

상기 발전전력(Preceived)이 상기 임계전력레벨(Pth)보다 작은 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대이면 기준전력(Pr)을 업데이트 하는 단계를 포함하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출방법.

【변경후】

태양광 어레이에 대한 전역 피크 스캐닝(Global Peak Scanning)을 수행하는 단계;

상기 태양광 어레이의 단위 모듈이 가지는 개방 회로전압(Voc)과 동작전압(Vreceived)을 비교하여 상기 태양광 어레이에서 현재 동작점이 위치한 영역정보를 확인하는 단계; 및

상기 영역정보에 따라 상기 태양광 어레이의 현재 동작영역 및 상기 동작영역에 설정된 기준전력(Pr)에 기반하여, 상기 전역 피크 스캐닝의 재수행 여부를 판단하는 단계를 포함하며,

상기 동작점이 가장 전압이 높은 영역에 위치한 경우 피크 수를 확인하고,

상기 피크 수가 2개 이상이면,

기준전력(P_r)을 가장 왼쪽영역의 피크 레벨을 기준으로 업데이트하는 단계;

상기 업데이트된 영역 정보의 임계전력레벨(P_{th})을 계산하고 최대 전력점 추적(MPPT)를 실행하는 단계; 및

발전전력(Preceived)이 상기 임계전력레벨(P_{th})보다 작은 경우에만 상기 전역 피크 스캐닝을 수행하고, 반대이면 기준전력(P_r)을 업데이트 하는 단계를 포함하는 태양광 어레이 시스템을 위한 적응적 부분 음영 검출방법.