



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월05일

(11) 등록번호 10-2161812

(24) 등록일자 2020년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 $H02J\ 3/38$ (2006.01) $H02M\ 1/00$ (2007.01)
 $H02M\ 7/537$ (2006.01)

(52) CPC특허분류
 $H02J\ 3/385$ (2013.01)
 $H02M\ 7/537$ (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0072448

(22) 출원일자 2019년06월18일

심사청구일자 2019년06월18일

(56) 선행기술조사문헌

독립형 태양광 발전시스템의 MPPT 제어기법 비교,
 이용식, 김남인, 정성원, 김재현, 2011년도 대한
 전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

KR101201933 B1

KR101385692 B1

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

강용철

전라북도 전주시 덕진구 호성로 132

진흥더블파크1단지아파트 107동 1206호

박정욱

서울특별시 강남구 압구정로29길 71 현대아파트
20동 701호

양형규

서울특별시 서대문구 성산로22길 34-19, 203호

(74) 대리인

오위환, 나성곤, 정기택

전체 청구항 수 : 총 10 항

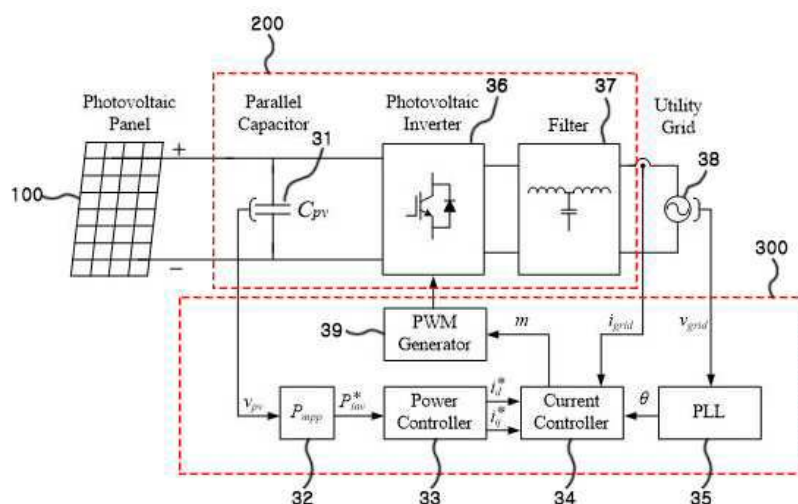
심사관 : 정재현

(54) 발명의 명칭 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 일사량이 변동할 때 유효 전력 제어를 기반으로 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율을 구현할 수 있도록 한 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 태양광 패널; 태양광 패널에서 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터부; 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 이용하여 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하고, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})을 측정하여, 태양광 인버터에서 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어에 의한 동작을 수행하도록 하는 유효전력 기반 인버터 제어부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H02S 40/30 (2015.01)

H02S 50/00 (2013.01)

H02M 2001/0064 (2013.01)

Y02E 10/56 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018084771
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	전략공모
연구과제명	전력계통 신뢰성 향상을 위한 신재생에너지원 통합 최적운영 및 해석 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2018.10.01 ~ 2019.07.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	G032050213
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	RCMS]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

명세서

청구범위

청구항 1

태양광 패널;

태양광 패널에서 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터부;

태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 이용하여 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하고, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})을 측정하여, 태양광 인버터에서 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어에 의한 동작을 수행하도록 하는 유효전력 기반 인버터 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 태양광 인버터부는,

태양광 패널과 태양광 인버터 사이에 위치하여 단자전압을 일정 범위로 유지시키기 위한 병렬커패시터와,

태양광 패널로부터 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터와,

태양광 인버터로부터 출력되는 교류의 전기에너지에 포함된 노이즈를 제거하는 필터 및, 필터 출력단에 접속된 계통(Utility Grid)을 포함하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 유효전력 기반 인버터 제어부는,

병렬커패시터의 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 이 값으로부터 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력하는 인버터 전력 제어신호 출력부와,

인버터 전력 제어신호 출력부로부터 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력하는 전력 제어기(Power Controller)와,

계통 전압(v_{grid})을 입력받아 계통 전압의 동기화를 위한 위상각(θ)을 출력하는 PLL(Phase Locked Loop)과,

계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)의 위상각(θ), 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 출력 제어 신호(m)를 출력하는 전류 제어기(Current Controller)와,

전류 제어기의 출력 제어 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하는 PWM 제어 신호 생성기를 포함하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치.

청구항 4

유효전력 기반 인버터 제어부로 병렬커패시터의 단자 전압(V_{pv})을 입력하는 단계;

유효전력 기반 인버터 제어부의 인버터 전력 제어신호 출력부가 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 이 값으로부터 태양

광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력하는 단계;

전력 제어기(Power Controller)가 인버터 전력 제어신호 출력부로부터 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력하는 단계;

전류 제어기(Current Controller)가 계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)의 위상각(θ), 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 출력 제어 신호(m)를 출력하는 단계;

PWM 제어 신호 생성기에서 전류 제어기의 출력 제어 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하는 단계;

태양광 인버터에서 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어에 의한 동작을 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력하는 단계에서,

태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 이용하여 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 병렬 커패시터로 공급되는 전력(P_{pv})은 태양광 패널의 출력(P_{pv})과 태양광 인버터 출력(P_{inv})의 차이로 수식,

$$C_{pv} V_{pv} \frac{dV_{pv}}{dt} = P_{pv} - P_{inv} \text{ 으로 정의되고,}$$

여기서, C_{pv} 는 병렬 커패시터의 커패시턴스이며, V_{pv} 는 태양광 패널의 단자전압, P_{pv} 는 일사량, 온도, V_{pv} 에 의해 결정되며, P_{inv} 는 태양광 인버터의 유효 전력 제어를 통해 조절되는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 일사량이 제 1 값에서 제 1 값보다 큰 제 2 값으로 변화되면,

태양광 패널의 출력(P_{pv})은 일사량 제 1 값에 대한 태양광 출력(A)에서 일사량 제 2 값에 대한 태양광 출력(A')으로 이동하고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 이동하지 않아 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv})보다 큰 값을 갖는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv})보다 큰 값을 갖는 것은 수식에서 우변이 양의 값을 갖게 됨을 의미하는 것으로, 일사량이 증가하게 되면 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})은 증가하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 증가하면,

태양광 패널의 출력(P_{pv})은 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 출력점의 위치가 (A')에서 다른 위치 (B')로 이동하고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})에서 출력점의 위치가 (A)에서 다른 위치 (B)로 이동하게 되고,

이 경우에 여전히 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv}) 보다 큰 값을 갖게 되므로, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})은 더욱 증가하는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 더욱 증가하면,

태양광 패널의 출력(P_{pv})은 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선을 따라서, 그리고 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 따라서 두 곡선이 교차하는 점으로 출력점의 위치가 이동하여 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv})과 같은 값을 갖게 되어,

태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 수렴하게 되고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})도 일정한 값을 갖는 것을 특징으로 하는 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양광 발전 시스템에 관한 것으로, 구체적으로 유효 전력 제어를 기반으로 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율을 구현할 수 있도록 한 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양 에너지를 공급받아 전력을 생산하는 태양광 발전시스템의 출력-단자전압 관계는 위로 볼록한 특성을 가진다.

[0003] 태양광 발전시스템의 최대출력을 생산하기 위한 단자전압의 값이 존재하며, 일사량이 변함에 따라 최대 출력을 얻기 위한 단자전압이 달라지는 특성을 갖는다.

[0004] 따라서, 일사량이 변함에 따라 태양광 발전시스템이 최대의 전력을 생산하기 위해서는, 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어가 필수적이다.

[0005] 종래 기술에서 주로 사용되는 태양광 발전시스템의 MPPT 제어 방법은 Perturbation & Observation(P&O) 방식이 있다.

[0006] 도 1은 일반적인 태양광 발전 시스템의 구성도이고, 도 2는 종래 기술의 전압 제어 기반 태양광 인버터 제어기의 구성도이다.

[0007] 태양광 발전 시스템은 태양광 입사에 따른 광전효과를 통해 전기 에너지를 생성하는 태양광 패널(10)과, 태양광 패널(10)과 태양광 인버터(12) 사이에 위치하여 단자전압을 좁은 범위로 유지시키기 위한 병렬커패시터(11)와, 태양광 패널(10)로부터 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터(12)와, 태양광 인버터(12)로부터 출력되는 교류의 전기에너지에 포함된 노이즈를 제거하는 필터(13) 및 필터(13) 출력단에 접속된 계통(Utility Grid)(14)을 포함한다.

[0008] 종래 기술에서는 전압제어 기반 MPPT 제어 방법을 통하여 태양광 발전 시스템을 제어하는 것으로, 태양광 패널의 단자전압과 출력 전류를 측정하여 단자전압의 지령값을 통해 MPPT를 수행한다.

[0009] 전압제어 기반 MPPT 제어를 위하여 도 2에서와 같이, 태양광 패널(10)의 전류값(i_{pv}) 및 병렬커패시터(11)의 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power

Point Tracking, MPPT) 제어를 하는 MPPT 제어부(21)와, MPPT 제어부(21)의 출력(v_{pv}^*) 및 병렬커패시터(11)의 단자전압(V_{pv})을 입력받아 태양광 인버터(12) 제어를 위한 인버터 전력 제어 신호(P_{inv}^*)를 출력하는 DC-전압 제어기(DC-Voltage Controller)(22)와, DC-전압 제어기(22)로부터 인버터 출력 제어 신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력하는 전력 제어기(Power Controller)(23)와, 계통 전압(v_{grid})을 입력받아 계통 전압의 동기화를 위한 위상각(θ)을 출력하는 PLL(Phase Locked Loop)(25)과, 계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)(25)의 위상각(θ), 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 신호(m)를 출력하는 전류 제어기(Current Controller)(24)와, 전류 제어기(24)의 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터(12)의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하는 PWM 제어 신호 생성기(26)를 포함한다.

- [0010] 이와 같은 방식은 태양광 발전시스템의 단자전압을 조금 변화시킨 후, 변화된 태양광 출력과 이전 출력 값을 비교하여 출력이 커지는 방향으로 단자전압을 변화시켜 최대출력점을 찾아 가는 방식이다.
- [0011] 그런데, 변화시키는 단자전압의 변화량이 작으면 최대출력점 근방에서의 진동은 작으나 MPPT 추종 속도가 느리며, 변화량이 크면 MPPT 추종 속도는 빠르나, 최대 출력점 근방에서 진동이 발생하는 문제점이 있다.
- [0012] 이러한 태양광 발전시스템의 출력 진동을 스스로 완화하기 위해서 ESS를 사용하는 방법이 고려되고 있으나 이는 태양광 발전시스템의 설치비용을 증가시키는 문제가 있다.
- [0013] 또한, P&O 방식을 사용하면 일사량이 증가하거나 감소할 때 태양광 출력이 급격하게 변하는데, 이러한 태양광 출력의 급격한 변동은 전력망 주파수의 급격한 변동으로 이어져 주파수의 변동을 완화할 수 있는 예비력이 추가로 요구되어 전력망 운영비용이 증가하는 등 부정적인 영향을 주게 된다.
- [0014] 위와 같은 문제점이 해결되지 않는다면, 대용량의 태양광 발전시스템이 전력망에 연계되는 경우에는 태양광 발전시스템의 출력제한이 불가피해져 태양광 발전시스템의 경제성이 나빠지는 결과를 초래하게 된다.
- [0015] 뿐만 아니라, 이 방식은 태양광 발전시스템의 출력을 계산하기 위하여 별도의 전류 센서가 요구되어 비용이 증가되는 단점이 있다.
- [0016] 이상에서와 같이, 종래 기술의 전압제어 기반 MPPT 방식을 이용하는 태양광 발전시스템의 제어는 추종 속도가 느리고, 최대 출력점 근방에서의 심한 진동하므로, 최대 출력점으로 수렴하지 못하는 문제가 있다.
- [0017] 또한, 일사량 변화 시 전압을 유지하기 위한 전향 제어(Feed-forward control)로 인해 출력의 급격한 변동에 따른 문제가 있고, 태양광 패널 출력 계산을 위한 전류 센서 사용으로 비용 증가의 문제가 있다.
- [0018] 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율과 전력망 주파수 변동에 영향을 최소화하기 위해 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종할 수 있어야 한다.
- [0019] 또한, 태양광 발전시스템의 초기 투자비를 낮추기 위해서는 발전시스템 가격이 낮아야 한다.
- [0020] 따라서, 일사량이 변한다 하더라도 출력이 완만하게 증가하여 목표값에 오버슈트(overshoot) 없이 매우 빠르게 도달하고, 최대 출력점 근방에서도 진동이 없는 태양광 발전시스템을 제공하기 위한 새로운 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0021] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1595060호
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2017-0064874호
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2013-0032035호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0022] 본 발명은 종래 기술의 태양광 발전 시스템 제어 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 유효 전력 제어를 기반으로 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율을 구현할 수 있도록 한 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 본 발명은 일사량이 변한다 하더라도 출력이 완만하게 증가하여 목표값에 오버슈트(overshoot) 없이 매우 빠르게 도달하고, 최대 출력점 근방에서도 진동이 없도록 한 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0024] 본 발명은 태양광 패널의 단자전압만을 측정하고, 이 값으로부터 태양광 인버터 출력에 대한 기준값을 정하여 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율과 전력망 주파수 변동에 영향을 최소화할 수 있도록 한 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 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 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치는 태양광 패널;태양광 패널에서 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터부;태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 이용하여 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하고, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})을 측정하여, 태양광 인버터에서 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어에 의한 동작을 수행하도록 하는 유효전력 기반 인버터 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 여기서, 상기 태양광 인버터부는, 태양광 패널과 태양광 인버터 사이에 위치하여 단자전압을 일정 범위로 유지시키기 위한 병렬커패시터와,태양광 패널로부터 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터와,태양광 인버터로부터 출력되는 교류의 전기에너지에 포함된 노이즈를 제거하는 필터 및, 필터 출력단에 접속된 계통(Utility Grid)을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 그리고 상기 유효전력 기반 인버터 제어부는, 병렬커패시터의 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 이 값으로부터 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력하는 인버터 전력 제어신호 출력부와,인버터 전력 제어신호 출력부로부터 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력하는 전력 제어기(Power Controller)와,계통 전압(v_{grid})을 입력받아 계통 전압의 동기화를 위한 위상각(θ)을 출력하는 PLL(Phase Locked Loop)과,계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)의 위상각(θ), 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 출력 제어 신호(m)를 출력하는 전류 제어기(Current Controller)와,전류 제어기의 출력 제어 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하는 PWM 제어 신호 생성기를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법은 유효전력 기반 인버터 제어부로 병렬커패시터의 단자 전압(V_{pv})을 입력하는 단계;유효전력 기반 인버터 제어부의 인버터 전력 제어신호 출력부가 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 이 값으로부터 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력하는 단계; 전력 제어기(Power Controller)가 인버터 전력 제어신호 출력부로부터 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력하는 단계;전류 제어기(Current Controller)가 계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)의 위상각(θ),

회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 출력 제어 신호(m)를 출력하는 단계; PWM 제어 신호 생성기에서 전류 제어기의 출력 제어 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하는 단계; 태양광 인버터에서 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어에 의한 동작을 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 여기서, 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력하는 단계에서, 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 이용하여 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 그리고 병렬 커패시터로 공급되는 전력(P_{Cpv})은 태양광 패널의 출력(P_{pv})과 태양광 인버터 출력(P_{inv})의 차이로 수식,

[0032] $C_{pv} V_{pv} \frac{dV_{pv}}{dt} = P_{pv} - P_{inv}$ 으로 정의되고, 여기서, C_{pv} 는 병렬 커패시터의 커패시턴스이며, V_{pv} 는 태양광 패널의 단자전압, P_{pv} 는 일사량, 온도, V_{pv} 에 의해서 결정되며, P_{inv} 는 태양광 인버터의 유효 전력 제어를 통해 조절되는 것을 특징으로 한다.

[0033] 그리고 일사량이 제 1 값에서 제 1 값보다 큰 제 2 값으로 변화되면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})은 일사량 제 1 값에 대한 태양광 출력(A)에서 일사량 제 2 값에 대한 태양광 출력(A')으로 이동하고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 이동하지 않아 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv}) 보다 큰 값을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0034] 그리고 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv}) 보다 큰 값을 갖는 것은 수식에서 우변이 양의 값을 갖게 됨을 의미하는 것으로, 일사량이 증가하게 되면 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})은 증가하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 그리고 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 증가하면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})은 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선에서 출력점의 위치가 (A')에서 다른 위치 (B')로 이동하고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})에서 출력점의 위치가 (A)에서 다른 위치 (B)로 이동하게 되고, 이 경우에 여전히 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv}) 보다 큰 값을 갖게 되므로, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})은 더욱 증가하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 그리고 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 더욱 증가하면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})은 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계 P-V 곡선을 따라서, 그리고 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 일사량 변화에 따른 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 따라서 두 곡선이 교차하는 점으로 출력점의 위치가 이동하여 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv})과 같은 값을 갖게 되어, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 수렴하게 되고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})도 일정한 값을 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0037] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0038] 첫째, 유효 전력 제어를 기반으로 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율을 구현할 수 있도록 한다.

[0039] 둘째, 일사량이 변한다 하더라도 출력이 완만하게 증가하여 목표값에 오버슈트(overshoot) 없이 매우 빠르게 도달하고, 최대 출력점 근방에서도 진동이 없도록 한다.

[0040] 셋째, 태양광 패널의 단자전압만을 측정하고, 이 값으로부터 태양광 인버터 출력에 대한 기준값을 정하여 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율 구현 및 전력망

주파수 변동에 영향을 최소화할 수 있다.

- [0041] 넷째, 잦은 일사량 변화에 대해 빠르게 최대 전력점 추종이 가능하며 추종 후에도 일정한 출력을 갖도록 하여 같은 일사량, 온도 조건에 대하여 더 많은 발전량을 기대할 수 있어 태양광 발전시스템의 경제성 확보에 도움이 된다.
- [0042] 다섯째, 급격한 일사량 변화에도 계통에 공급되는 전력의 변화를 완만하게 제어하여 계통의 주파수 변동을 최소화할 수 있기 때문에, 태양광 발전시스템 수용성 향상에 도움이 된다.
- [0043] 여섯째, 태양광 발전 시스템 제어에 사용되는 전류 센서 수를 줄임으로써 제작 단가를 낮추어 태양광 발전의 초기 투자비를 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0044] 도 1은 일반적인 태양광 발전 시스템의 구성도
- 도 2는 종래 기술의 전압 제어 기반 태양광 인버터 제어기의 구성도
- 도 3은 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치의 구성도
- 도 4는 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 5는 태양광 패널 P-V 곡선을 나타낸 그래프
- 도 6은 태양광 패널 P_{mpp} 곡선을 나타낸 그래프
- 도 7은 본 발명에 따른 일사량 변화시의 최대 전력점 추종 과정을 나타낸 그래프
- 도 8은 일사량 변화시의 P&O 방식과 본 발명에 따른 태양광 인버터 출력 전력 비교 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0045] 이하, 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0046] 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0047] 도 3은 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치의 구성도이다.
- [0048] 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법은 태양광 패널의 단자전압만을 측정하고, 이 값으로부터 태양광 인버터 출력에 대한 기준값을 정하여 MPPT를 수행하여 최대 출력점을 신속하고 정확하게 추종하여 태양광 발전시스템의 높은 발전 효율과 전력망 주파수 변동에 영향을 최소화할 수 있도록 한 것이다.
- [0049] 이를 위하여, 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치는 도 3에 서와 같이 크게, 태양광 패널(100)과, 태양광 패널에서 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터부(200)와, 태양광 패널(100)의 단자전압만을 측정하고, 이 값으로부터 태양광 인버터 출력에 대한 기준값을 정하여 MPPT를 수행하는 유효전력 기반 인버터 제어부(300)를 포함한다.
- [0050] 구체적으로, 태양광 입사에 따른 광전효과를 통해 전기 에너지를 생성하는 태양광 패널(100)을 포함한다.
- [0051] 태양광 인버터부(200)는 태양광 패널(100)과 태양광 인버터(36) 사이에 위치하여 단자전압을 줄은 범위로 유지시키기 위한 병렬커패시터(31)와, 태양광 패널(100)로부터 입력받은 직류전력을 상용전력으로 사용할 수 있도록 교류전력으로 변환하여 출력하는 태양광 인버터(36)와, 태양광 인버터(36)로부터 출력되는 교류의 전기에너지에 포함된 노이즈를 제거하는 필터(37) 및 필터(37) 출력단에 접속된 계통(Utility Grid)(38)을 포함한다.
- [0052] 유효전력 기반 인버터 제어부(300)는 병렬커패시터(31)의 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 이 값으로부터 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{mv}^*)를 출력하는 인버터 전력 제어신호 출력

부(32)와, 인버터 전력 제어신호 출력부(32)로부터 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력하는 전력 제어기(Power Controller)(33)와, 계통 전압(V_{grid})을 입력받아 계통 전압의 동기화를 위한 위상각(θ)을 출력하는 PLL(Phase Locked Loop)(35)과, 계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)(35)의 위상각(θ), 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 출력 제어 신호(m)를 출력하는 전류 제어기(Current Controller)(34)와, 전류 제어기(34)의 출력 제어 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터(36)의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하는 PWM 제어 신호 생성기(39)를 포함한다.

- [0053] 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0054] 도 4는 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0055] 먼저, 태양광 패널(100)에서 태양광 입사에 따른 광전효과를 통해 전기 에너지를 생성하면, 유효전력 기반 인버터 제어부(300)가 병렬커패시터(31)를 통한 태양광 패널(100) 단자 전압(V_{pv})을 입력받는다.(S401)
- [0056] 이어, 인버터 전력 제어신호 출력부(32)가 단자 전압(V_{pv})을 입력받아 이 값으로부터 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값(P_{mpp})을 정하여 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 출력한다.(S402)
- [0057] 그리고 전력 제어기(Power Controller)(33)가 인버터 전력 제어신호 출력부(32)로부터 인버터 전력 제어신호(P_{inv}^*)를 입력받아 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 출력한다.(S403)
- [0058] 이어, 전류 제어기(Current Controller)(34)가 계통 전류(i_{grid}) 및 PLL(Phase Locked Loop)(35)의 위상각(θ), 회전 좌표계의 전류 신호(i_d^*, i_q^*)를 입력으로 PWM 제어를 위한 출력 제어 신호(m)를 출력한다.(S404)
- [0059] 그리고 PWM 제어 신호 생성기(39)에서 전류 제어기(34)의 출력 제어 신호(m)를 입력으로 태양광 인버터(36)의 출력을 제어하기 위한 PWM 제어 신호를 출력하고(S405), 태양광 인버터(36)에서 일사량에 따라 달라지는 단자전압의 값을 추종하는 최대 전력점 추종(Maximum Power Point Tracking, MPPT) 제어에 의한 동작을 수행한다.(S406)
- [0060] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법의 유효 전력 제어 기반의 MPPT 제어에 관하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0061] 도 5는 태양광 패널 P-V 곡선을 나타낸 그래프이고, 도 6은 태양광 패널 P_{mpp} 곡선을 나타낸 그래프이다.
- [0062] 태양광 패널과 태양광 인버터 사이에는 단자전압을 좁은 범위로 유지시키기 위한 병렬커패시터가 필수적으로 연결되는데, 병렬 커패시터로 공급되는 전력(P_{cpv})은 태양광 패널의 출력(P_{pv})과 태양광 인버터 출력(P_{inv})의 차이로 나타낼 수 있으며, 다음과 같다.

수학적 1

$$C_{pv} V_{pv} \frac{dV_{pv}}{dt} = P_{pv} - P_{inv}$$

- [0063]
- [0064] 여기서, C_{pv} 는 병렬 커패시터의 커패시턴스이며, V_{pv} 는 태양광 패널의 단자전압이다. 또한, P_{pv} 는 일사량, 온도, V_{pv} 에 의해서 결정되며, P_{inv} 는 태양광 인버터의 유효 전력 제어를 통해 조절가능하다.
- [0065] 태양광 출력과 단자전압 사이의 관계를 P-V 곡선이라 하는데, 도 5는 온도가 일정할 때 여러 일사량의 경우의 P-V 곡선을 나타낸 것이다.
- [0066] P-V 곡선은 위로 볼록한 특성을 가지므로, 최대의 출력을 내는 단자전압이 일사량에 따라 한 값이 존재한다.

- [0067] 도 6은 도 5의 여러 일사량에서의 P-V 곡선의 최대 출력점들을 연결한 곡선(P_{mpp})을 나타내었으며, P_{mpp} 는 단자전압에 따라 달라지는 특성이 있다.
- [0068] 본 발명에서는 유효전력 제어에 기반한 MPPT를 수행하는데, 태양광 인버터 출력(P_{inv})을 위한 기준값으로 도 6의 P_{mpp} 를 사용한다.
- [0069] 도 7은 본 발명에 따른 일사량 변화시의 최대 전력점 추종 과정을 나타낸 그래프이다.
- [0070] 도 7은 일사량이 400 W/m^2 에서 1000 W/m^2 으로 변화했을 때, 본 발명에 따른 최대 전력점 추종 과정을 나타낸 것이다.
- [0071] 일사량이 400 W/m^2 일 때 태양광 발전시스템이 MPPT를 수행하고 있다고 가정하면, P_{pv} 와 P_{inv} 모두 1250 W 가 되고, 이 때의 단자 전압은 332V 가 되며, 이때 동작점은 도 7의 A점이 된다.
- [0072] 이때, 일사량이 400 W/m^2 에서 1000 W/m^2 로 증가했다고 가정하면, P_{pv} 는 A에서 A'으로 이동하는데 반해, P_{inv} 는 A에 머물러 있게 된다.
- [0073] 따라서 P_{pv} 이 P_{inv} 보다 큰 값을 갖게 되는데, 이는 수학적 1의 우변이 양의 값을 갖게 됨을 의미하고, 수학적 1에 의해 V_{pv} 는 증가하게 된다.
- [0074] 이렇게 되면, P_{inv} 는 A에서 B로 이동하는 반면에, P_{pv} 는 A'에서 B'으로 이동하게 되는데, 이 경우에도 역시 수학적 1의 우변이 양의 값을 갖게 되어 V_{pv} 는 점점 증가한다.
- [0075] 이런 방식으로 V_{pv} 가 점점 증가함에 따라 P_{inv} 는 C와 D를 거쳐 E에 도달하고, P_{pv} 도 C'와 D'를 거쳐 E'(E와 같음)에 도달하는데, E(또는 E')에서는 P_{pv} 와 P_{inv} 이 같게 되는데, 이 경우에는 수학적 1의 우변이 0이 되므로, V_{pv} 는 더 이상 증가하거나 감소하지 않으며, E의 점에 머물러 있게 된다.
- [0076] 구체적으로, 일사량이 제 1 값(400 W/m^2)에서 제 1 값보다 큰 제 2 값(1000 W/m^2)으로 변화되면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})은 일사량 제 1 값에 대한 태양광 패널의 출력(도 7의 점 A)에서 일사량 제 2 값에 대한 태양광 패널의 출력(도 7의 점 A')으로 이동하는데, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 A점에 머물러 있으므로 태양광 패널의 출력(P_{pv} , 점 A')이 태양광 인버터 출력(P_{inv} , A) 보다 큰 값을 갖는다.
- [0077] 그리고 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv}) 보다 큰 값을 갖는 것은 수식에서 우변이 양의 값을 갖게 됨을 의미하는 것으로, 일사량이 증가하게 되면 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})은 증가하는 것이다.
- [0078] 이와 같이 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 증가하면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})은 도 7의 점 A'에서 도 7의 점 B'으로 이동하는데, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 A점에서 B로 이동하게 되고, 이 경우에도 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv}) 보다 큰 값을 갖게 되므로, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})은 더욱 증가한다.
- [0079] 이와 같이 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 더욱 증가하면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})은 도 7의 점 B'에서 점 C', 점 D'을 거쳐 점 E'으로 이동하고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})은 점 B에서 점 C, 점 D를 거쳐 점 E로 이동하게 되면, 태양광 패널의 출력(P_{pv})이 태양광 인버터 출력(P_{inv})과 같은 값을 갖게 되어, 태양광 패널의 단자전압(V_{pv})이 수렴하게 되고, 태양광 인버터 출력(P_{inv})도 일정한 값을 갖는다.
- [0080] 도 8은 일사량 변화시의 P&O 방식과 본 발명에 따른 태양광 인버터 출력 전력 비교 그래프이다.
- [0081] 일사량이 0.1초 간격으로 $400 \text{ W/m}^2 \rightarrow 600 \text{ W/m}^2 \rightarrow 1000 \text{ W/m}^2 \rightarrow 600 \text{ W/m}^2 \rightarrow 400 \text{ W/m}^2$ 으로 변하는 경우에, P&O 방식과 본 발명에 따른 유효전력 제어에 기반한 MPPT 수행 방식의 출력을 비교한 것이다.
- [0082] 도 8에 나타낸 바와 같이, P&O 방식은 일사량이 변하는 순간에 출력이 급격하게 증가하며, 오버슈트(overshoot)가 발생하고, 최대 출력점을 늦게 추종할 뿐만 아니라 최대 출력점 근방에서도 진동이 매우 심함을 알 수 있다.

[0083] 이에 비하여, 본 발명에 따른 유효전력 제어에 기반한 MPPT 수행 방식은 일사량이 변한다 하더라도 출력이 완만하게 증가하여 목표값에 오버슈트(overshoot)없이 매우 빠르게 도달하고, 최대 출력점 근방에서도 진동이 없음을 알 수 있다.

[0084] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 유효 전력 제어를 이용한 태양광 발전 시스템의 MPPT 제어를 위한 장치 및 방법은 일사량이 변한다 하더라도 출력이 완만하게 증가하여 목표값에 오버슈트(overshoot) 없이 매우 빠르게 도달하고, 최대 출력점 근방에서도 진동이 없도록 하여, 잦은 일사량 변화에 대해 빠르게 최대 전력점 추종이 가능하며 추종 후에도 일정한 출력을 갖도록 하여 같은 일사량, 온도 조건에 대하여 더 많은 발전량을 기대할 수 있도록 한다.

[0085] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

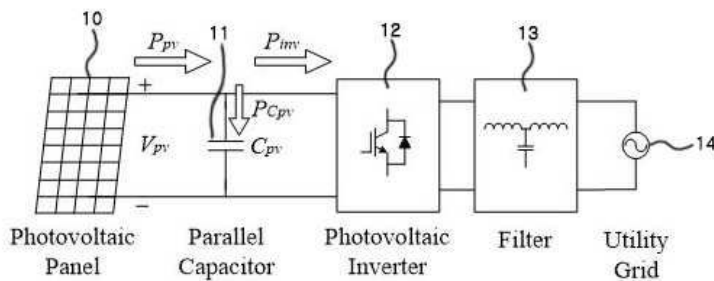
[0086] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

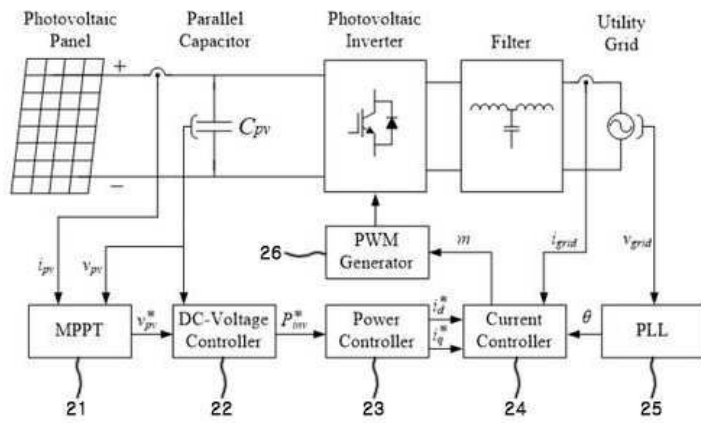
- [0087]
- 100. 태양광 패널
 - 200. 태양광 인버터부
 - 300. 유효전력 기반 인버터 제어부

도면

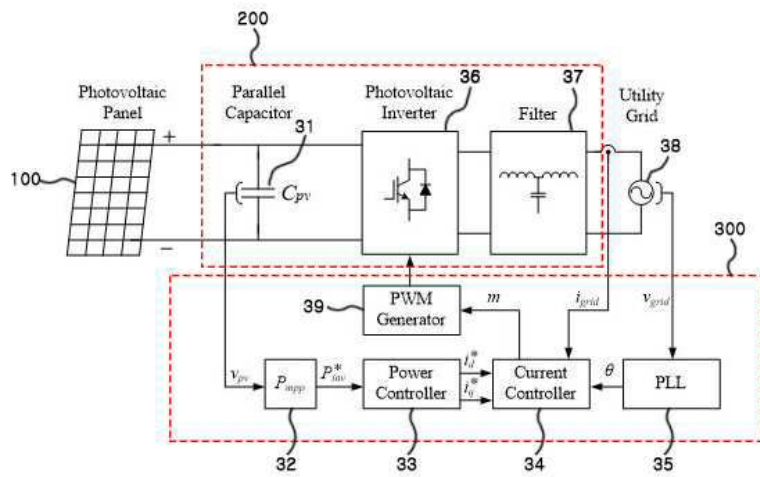
도면1



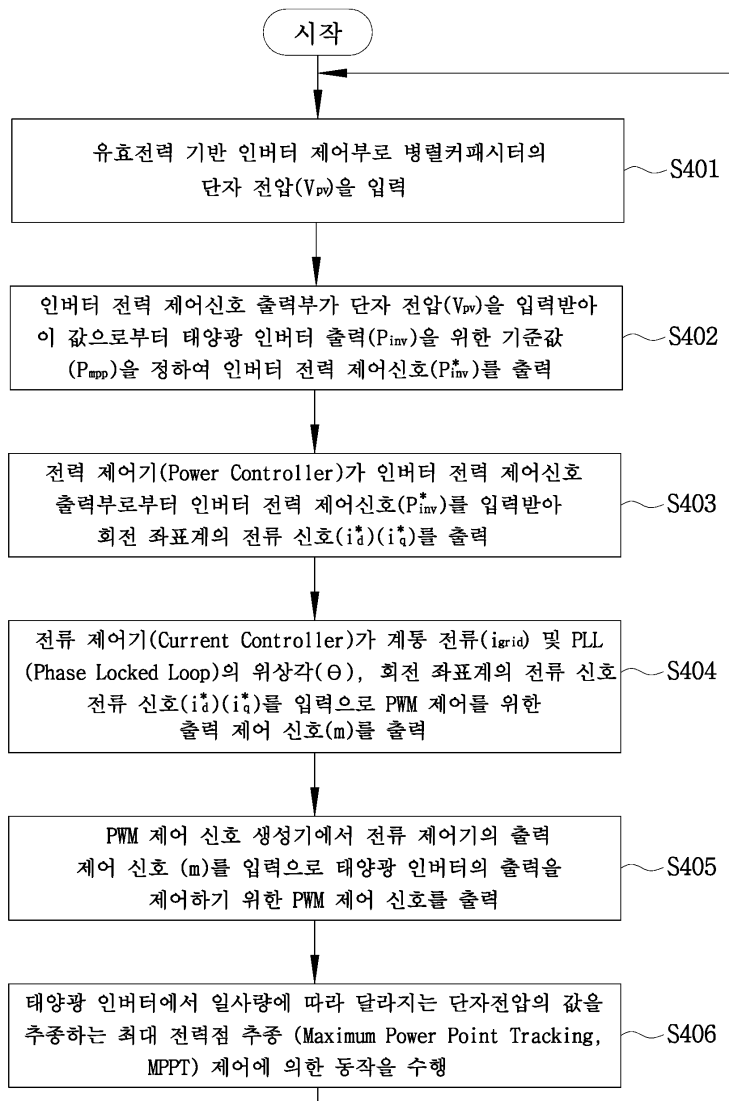
도면2



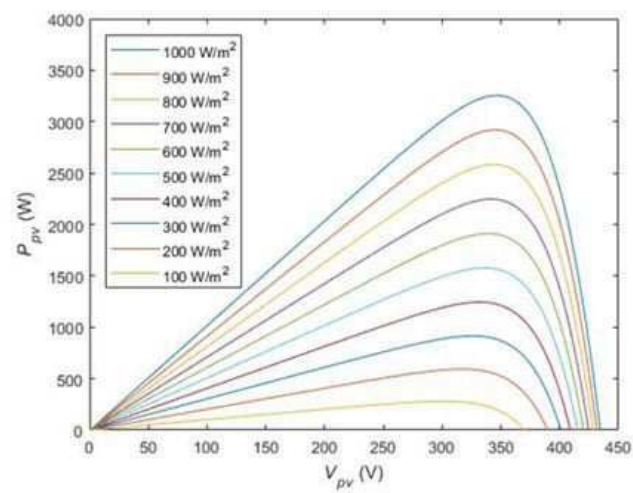
도면3



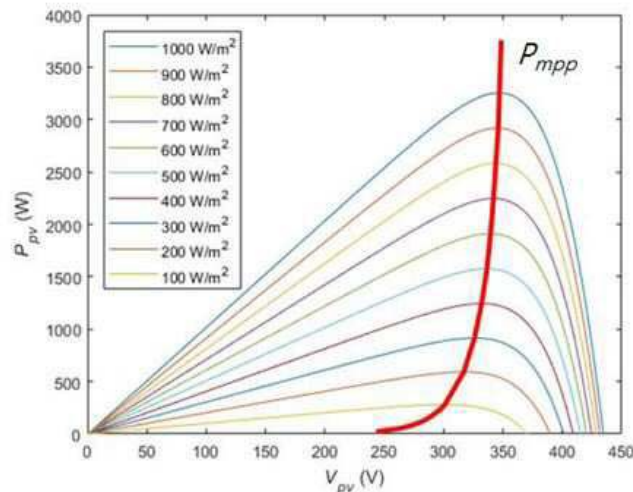
도면4



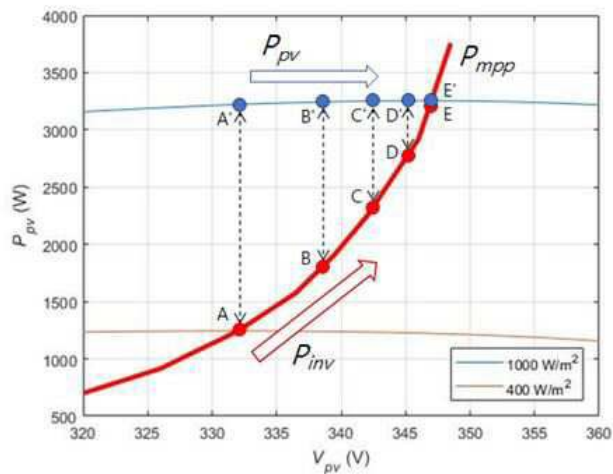
도면5



도면6



도면7



도면8

