



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0063020
(43) 공개일자 2019년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05F 1/67 (2006.01) H02M 3/07 (2006.01)
H02S 40/30 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G05F 1/67 (2013.01)
H02M 3/07 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0161772
(22) 출원일자 2017년11월29일
심사청구일자 2017년11월29일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김철우
서울특별시 강남구 선릉로 221, 401동 1003호
심민섭
서울특별시 동대문구 안암로18길 8, 201호
(74) 대리인
심경식, 홍성욱

전체 청구항 수 : 총 16 항

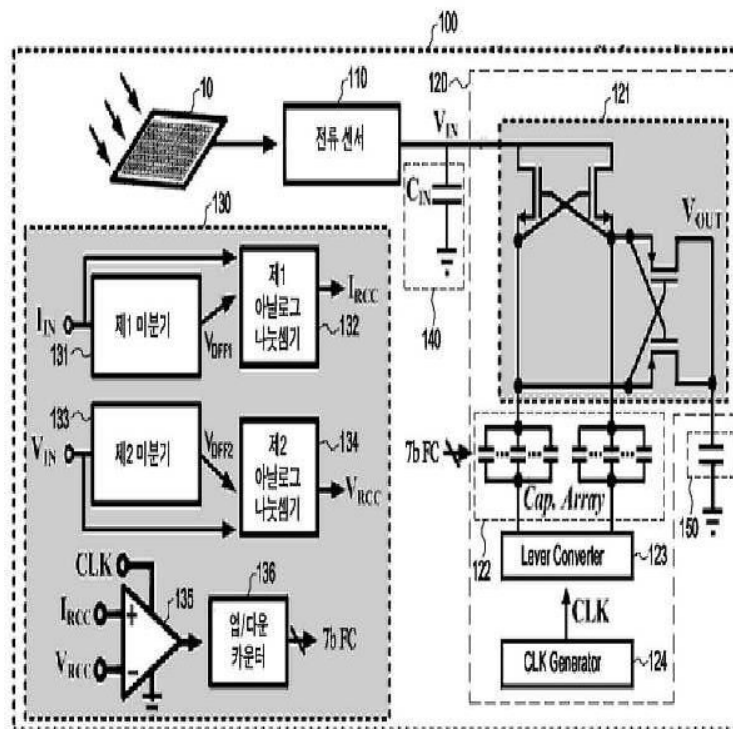
(54) 발명의 명칭 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치 및 이를 포함한 에너지 하베스팅 시스템

(57) 요약

본 발명은 외부 에너지원으로부터 전류(I_{IN})가 입력되면, 상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기에 대응한 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 출력하는 제1 미분기; 상기 입력 전류(I_{IN})와 상기 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 나누어 제1 DC 신호(I_{RCC})를 출력하는 제1 나눗셈기; 상기 입력 전류(I_{IN})에 대한 전압값(V_{IN})이 입력되면, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기에 대

(뒷면에 계속)

대표도



응한 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 출력하는 제2 미분기; 상기 입력 전압(V_{IN})과 상기 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 나누어 제2 DC 신호(V_{RCC})를 출력하는 제2 나눗셈기; 및 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고 그 결과에 기초하여 최대 전력점 추적을 위한 임피던스 조절신호를 출력하는 임피던스 조절부를 포함하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치를 제공하고, 상기 최대 전력점 추적 장치를 포함하는 에너지 하베스팅 시스템을 제공한다. 따라서, 실시간으로 최대 전력점을 계산이 가능한 RCC 알고리즘의 장점을 살리면서, 완전 집적된 빛 에너지 하베스팅 시스템을 구축함으로써 그 면적 효율을 극대화할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H02S 40/30 (2015.01)

Y02E 10/58 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016922127

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 연구지원부

연구사업명 전략공모_전략과제

연구과제명 해상도, 전압 및 동작 속도 조절 가능한 자동차 센서용 아날로그 IP 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.12.01 ~ 2017.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치에 있어서,

외부 에너지원으로부터 전류(I_{IN})가 입력되면, 상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기에 대응한 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 출력하는 제1 미분기;

상기 입력 전류(I_{IN})와 상기 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 나누어 제1 DC 신호(I_{RCC})를 출력하는 제1 나눗셈기;

상기 입력 전류(I_{IN})에 대한 전압값(V_{IN})이 입력되면, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기에 대응한 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 출력하는 제2 미분기;

상기 입력 전압(V_{IN})과 상기 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 나누어 제2 DC 신호(V_{RCC})를 출력하는 제2 나눗셈기; 및

상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고 그 결과에 기초하여 최대 전력점 추적을 위한 임피던스 조절신호를 출력하는 임피던스 조절부를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 및 제2 나눗셈기 각각은

상기 제1 및 제2 미분 전압(V_{DIFF1} , V_{DIFF2})에 포함된 공통 모드 전압(Common Mode voltage)을 제거하기 위한 2개의 전압-전류(VI) 컨버터; 및

상기 전압-전류(VI) 컨버터들의 출력신호를 나누어 출력하는 전류 나눗셈기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 임피던스 조절부는

상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하는 비교기; 및

상기 비교기의 비교 결과에 기초하여 상기 임피던스 조절신호를 출력하는 업/다운 카운터를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 비교기는

입력되는 클럭신호에 의해 동작이 제어되는 클럭드_비교기(clocked comparator)로 구현되어,

상기 클럭신호가 '1' 인 경우

상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고,

상기 클럭신호가 '0' 인 경우

노드를 리셋하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 업/다운 카운터는

상기 비교기의 비교 결과로 출력되는 업/다운 신호에 응답하여 그 값이 증/감되는 n비트의 바이너리 신호를 출

력하는 n비트 바이너리 카운터로 구성되며,

상기 n비트의 바이너리 신호는

상기 하베스팅 시스템에 포함된 커패시터 어레이의 온/오프를 제어하여 임피던스를 조절하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치.

청구항 6

에너지 하베스팅 시스템에 있어서,

외부 에너지원으로부터 입력되는 입력전류(I_{IN})를 감지하여 전압 값(V_{IN})으로 변환하는 전류센서;

커패시터 어레이를 포함하고, 상기 전류센서에서 변환되어 입력되는 전압값(V_{IN})이 상기 커패시터 어레이 양단에 걸리면, 그 전압 값(V_{IN})을 2배로 증압시켜 출력하는 충전회로; 및

상기 입력전류(I_{IN})와 그에 대응한 전압 값(V_{IN})의 기울기에 기초하여 최대전력점 여부를 결정하고, 최대 전력점을 추적하기 위한 임피던스 조절신호를 생성하여 상기 충전회로로 출력하는 최대 전력점 추적 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 충전회로는

항상 켜져있는 하나의 커패시터(unit capacitor)와, 온/오프가 제어되는 n개의 커패시터들을 포함하고, 입력되는 제어신호에 의거하여 전하(charge)를 저장 또는 펌핑하는 제1 및 제2 커패시터 어레이(capacitor array);

상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 제어신호를 출력하는 레버 컨버터(lever converter); 및

상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)에 전하를 공급하거나 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)의 전하를 출력으로 전달하는 스위치부를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 온/오프가 제어되는 n개의 커패시터들은

그 크기가 2^1 부터 2^n (이 때, n은 자연수)까지 기하급수적으로 증가하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 레버 컨버터(lever converter)는

상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 '0' 과 동작전압인 상기 '입력전압(V_{IN})' 을 번갈아가면서 전달하되, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)에 서로 다른 값을 전달하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이(capacitor array) 각각은

해당 커패시터 어레이의 바텀노드(bottom node)에 '0' 이 입력되면,

해당 커패시터 어레이 양단에 상기 '입력전압(V_{IN})' 의 전위차가 형성되도록, 상기 스위치부를 통해 전달된 전하를 저장하고,

해당 커패시터 어레이의 바텀노드(bottom node)에 상기 '입력전압(V_{IN})' 이 입력되는 순간,

해당 커패시터 어레이 양단에 상기 '입력전압(V_{IN})' 의 전위차가 형성되도록, 상기 스위치부를 통해 순간적으로

전달된 전하를 저장하여, ‘입력전압(V_{IN})’을 2배로 승압시켜 출력하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 11

제6항에 있어서, 상기 최대 전력점 추적 장치는

상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기에 대응한 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 출력하는 제1 미분기;

상기 입력 전류(I_{IN})와 상기 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 나누어 제1 DC 신호(I_{RCC})를 출력하는 제1 나눗셈기;

상기 입력 전류(I_{IN})에 대한 전압값(V_{IN})이 입력되면, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기에 대응한 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 출력하는 제2 미분기;

상기 입력 전압(V_{IN})과 상기 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 나누어 제2 DC 신호(V_{RCC})를 출력하는 제2 나눗셈기; 및

상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고 그 결과에 기초하여 최대 전력점 추적을 위한 임피던스 조절신호를 출력하는 임피던스 조절부를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제1 및 제2 나눗셈기 각각은

상기 제1 및 제2 미분 전압(V_{DIFF1} , V_{DIFF2})에 포함된 공통 모드 전압(Common Mode voltage)을 제거하기 위한 2개의 전압-전류(VI) 컨버터; 및

상기 전압-전류(VI) 컨버터들의 출력신호를 나누어 출력하는 전류 나눗셈기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 임피던스 조절부는

상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하는 비교기; 및

상기 비교기의 비교 결과에 기초하여 상기 임피던스 조절신호를 출력하는 업/다운 카운터를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 비교기는

입력되는 클럭신호에 의해 동작이 제어되는 클럭드_비교기(clocked comparator)로 구현되어,

상기 클럭신호가 ‘1’ 인 경우

상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고,

상기 클럭신호가 ‘0’ 인 경우

노드를 리셋하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 업/다운 카운터는

상기 비교기의 비교 결과로 출력되는 업/다운 신호에 응답하여 그 값이 증/감되는 n비트의 바이너리 신호를 출력하는 n비트 바이너리 카운터로 구성되며,

상기 n비트의 바이너리 신호는

상기 커패시터 어레이의 온/오프를 제어하여 임피던스를 조절하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 에너지 하베스팅 시스템은

상기 충전회로의 입력단에 연결되어, 상기 충전회로의 입력 전류/전압 값이 급변하지 않도록 필터링하는 입력 커패시터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 하베스팅 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 추가적인 외부 소자 없이 작은 면적의 회로를 이용하여 최대 전력점을 정확하게 추적하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치 및 이를 포함한 에너지 하베스팅 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 환경에 대한 관심이 고조되면서, 저탄소 녹색 성장을 실현하기 위한 저전력, 또는 무전원 반도체 설계가 큰 이슈가 되고 있다. 따라서, 자연적인 에너지원(예컨대, 태양광, 진동, 열, 풍력 등)으로부터 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시켜 수확하는 에너지 하베스팅 기술이 각광받고 있다. 또한, 에너지 전환을 위한 여러 소자기술의 발달로 에너지 하베스팅 기술의 효율성이 크게 증대되고 있으며, 다양한 모바일 기기와 무선 센서 노드(wireless sensor nodes)의 등장으로 에너지 하베스팅 기술에 대한 시장의 요구도 증가하고 있다.

[0003] 이러한 에너지 하베스팅 기술 중 특히 외부에서 인가되는 빛 에너지를 전기에너지로 바꾸는 태양전지의 경우, 입력되는 빛의 세기와 하베스터의 특성에 따라, 동일 조건에서 에너지를 수확할 수 있는 최적의 전류/전압 조건이 존재한다. 즉, 동일 조건에서 최대 효율로 에너지를 수확할 수 있도록 하는 전류/전압 조건(일명, 최대전력점)이 존재한다. 이와 같은 최대전력점은 하베스터의 종류에 따라 조금씩 다르다. 예를 들어, 빛 에너지(예컨대, 태양전지 등) 하베스터의 최대전력점은 개회로 전압의 0.6 ~ 0.8 정도의 값을 가진다.

[0004] 따라서, 최대효율로 에너지를 수확하기 위해, 하베스팅 시스템은 충전회로의 입력 임피던스를 조정하여 입력 전류 및 전압이 최대 전력점이 되도록 맞춰야 한다. 이와 같이, 상기 최대 전력점을 빠르고 정확하게 추적하는 것은 에너지 하베스팅의 핵심 기술이다. 이 때, 충전회로는 하베스터에서 생성되는 에너지를 배터리 또는 대용량 커패시터에 저장시키는 회로를 말한다.

[0005] 이를 위해, 종래에는 하베스터의 출력단과 충전회로의 입력단 사이의 전압, 전류를 조금씩 바꾸면서 최대 전력점을 찾아가는 방식(예컨대, perturb & observe 방식 또는 hill-climbing 방식) 또는 정류기의 출력단과 충전회로의 입력단 사이에 스위치를 두고 이를 열었을 때 정류기 입력 커패시터에 저장되는 개회로전압을 측정하여 최대전력점을 찾아가는 방식(예컨대, fractional open-circuit 방식)을 주로 사용하였다.

[0006] 하지만 상기 방식들은 다음과 같은 단점이 있다.

[0007] 먼저, perturb & observe 방식 또는 hill-climbing 방식의 경우 직전에 계산된 전력 값과 이후에 계산된 전력값을 상호 비교하는 과정을 포함하는데, 이를 위해, 직전에 계산된 전력값을 저장하고 있어야 한다. 따라서, 다소 복잡한 알고리즘을 가지는 단점이 있다.

[0008] 또 다른 방식인 fractional open-circuit voltage 방식은 하베스터 마다 개회로 전압 대비 최대전력점의 전압 값이 다르므로 개별 하베스터에 맞는 비율 값을 일일이 지정해 주어야 하며, 이로 인해, 범용성이 떨어지는 단점이 있다.

[0009] 한편, 최대 전력점을 추적하기 위한 또 하나의 방식인 RCC(Ripple correlation control) 방식의 경우 상기 기술들과 달리 특정 하베스터가 아닌 여러 하베스터에 대해 실시간으로 최대전력점 계산이 가능한 특징이 있다. 하지만 상기 방식을 구현하기 위해 주로 사용되는 인덕티브 스위칭 컨버터(inductive switching converter)의 경우 인덕터의 집적성이 용이하지 않아 외부소자를 써야하는 불편함이 있다. 또한, RCC 알고리즘 구현을 위해 전압 미분기 3개와 전압 곱셈기 2개가 필요하여 회로 자체의 면적도 크다는 단점이 있다. 특히 DC 전압 곱셈기의 경우 회로 구현을 위해 여러 개의 증폭기가 필요하여 필요 면적 및 소모전력이 크다. 또한 RCC 알고리즘 구현을 위해 미분기가 사용되므로, switched capacitor DC-DC 변환기를 이용하여 집적시킨다고 하더라도, 주로 쓰이는

임피던스 조절 방식 중 하나인 주파수 변경 방식을 사용할 경우 미분기의 성능이 최대 동작주파수에 맞춰 설계되어야 한다. 따라서 소모 전력이 매우 커지게 되는 단점을 가진다. 상기 단점을 해소하기 위해, 주파수 변경 방식이 아닌 차지 펌프(charge pump)의 스테이지(stage) 개수 조절 방식을 이용하여 임피던스를 조절하고자 하는 경우 에너지를 전달하는 플라잉 커패시터(flying capacitor)의 개수가 크게 늘어나므로 매우 낮은 면적효율을 가진다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0010] (비특허문헌 0001) 1. Trishan Esum and Patrick L. Chapman “Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques,” IEEE Transaction on energy Conversion, vol. 22, no. 2, Jun. 2007
- (비특허문헌 0002) 2. Trishan Esum, Jonathan W. Kimball, Philip T. Krein, Patrick L. Chapman and Pallab Midya “Dynamic Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Arrays Using Ripple Correlation Control,” IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 21, no. 5, Sep. 2006

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 따라서 본 발명은 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치에 있어서, 그 구현 면적이 작고 전력 소모를 최소화하는 최대 전력점 추적 장치를 제공하고자 한다.
- [0012] 또한, 본 발명은 실시간으로 최대 전력점을 계산할 수 있으며, 완전 집적된 에너지 하베스팅 시스템을 구축할 수 있도록 하는 최대 전력점 추적 장치를 제공하고자 한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 상기 최대 전력점 추적 장치를 포함한 에너지 하베스팅 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 에너지 하베스팅 시스템의 최대 전력점 추적 장치는 외부 에너지원으로부터 전류(I_{IN})가 입력되면, 상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기에 대응한 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 출력하는 제1 미분기; 상기 입력 전류(I_{IN})와 상기 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 나누어 제1 DC 신호(I_{RCC})를 출력하는 제1 나눗셈기; 상기 입력 전류(I_{IN})에 대한 전압값(V_{IN})이 입력되면, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기에 대응한 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 출력하는 제2 미분기; 상기 입력 전압(V_{IN})과 상기 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 나누어 제2 DC 신호(V_{RCC})를 출력하는 제2 나눗셈기; 및 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고 그 결과에 기초하여 최대 전력점 추적을 위한 임피던스 조절신호를 출력하는 임피던스 조절부를 포함한다.
- [0015] 이 때, 상기 제1 및 제2 나눗셈기 각각은 상기 제1 및 제2 미분 전압(V_{DIFF1} , V_{DIFF2})에 포함된 공통 모드 전압(Common Mode voltage)을 제거하기 위한 2개의 VI 컨버터; 및 상기 VI 컨버터들의 출력신호를 나누어 출력하는 전류 나눗셈기를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0016] 또한, 상기 임피던스 조절부는 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하는 비교기; 및 상기 비교기의 비교 결과에 기초하여 상기 임피던스 조절신호를 출력하는 업/다운 카운터를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0017] 또한, 상기 비교기는 입력되는 클럭신호에 의해 동작이 제어되는 클럭드_비교기(clocked comparator)로 구현되어, 상기 클럭신호가 ‘1’ 인 경우 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고, 상기 클럭신호가 ‘0’ 인 경우 노드를 리셋하는 것이 바람직하다.
- [0018] 또한, 상기 업/다운 카운터는 상기 비교기의 비교 결과로 출력되는 업/다운 신호에 응답하여 그 값이 증/감되는 n비트의 바이너리 신호를 출력하는 n비트 바이너리 카운터로 구성되며, 상기 n비트의 바이너리 신호는 상기 하베스팅 시스템에 포함된 커패시터 어레이의 온/오프를 제어하여 임피던스를 조절하는 것이 바람직하다.
- [0019] 한편, 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 에너지 하베스팅 시스템은 외부 에너지원으로부터 입

력되는 입력전류(I_{IN})를 감지하여 전압 값(V_{IN})으로 변환하는 전류센서; 커패시터 어레이를 포함하고, 상기 전류센서에서 변환되어 입력되는 전압값(V_{IN})이 상기 커패시터 어레이 양단에 걸리면, 그 전압 값(V_{IN})을 2배로 증압시켜 출력하는 충전회로; 및 상기 입력전류(I_{IN})와 그에 대응한 전압 값(V_{IN})의 기울기에 기초하여 최대전력점 여부를 결정하고, 최대 전력점을 추적하기 위한 임피던스 조절신호를 생성하여 상기 충전회로로 출력하는 최대 전력점 추적 장치를 포함한다.

[0020] 이 때, 상기 충전회로는 항상 켜져있는 하나의 커패시터(unit capacitor)와, 온/오프가 제어되는 n 개의 커패시터들을 포함하고, 입력되는 제어신호에 의거하여 전하(charge)를 저장 또는 펌핑하는 제1 및 제2 커패시터 어레이(capacitor array); 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 제어신호를 출력하는 레버 컨버터(lever converter); 및 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)에 전하를 공급하거나 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)의 전하를 출력으로 전달하는 스위치부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0021] 또한, 상기 n 개의 커패시터들은 그 크기가 2^1 부터 2^n (이 때, n 은 자연수)까지 기하급수적으로 증가하는 것이 바람직하다.

[0022] 또한, 상기 레버 컨버터(lever converter)는 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 '0' 과 동작전압인 상기 '입력전압(V_{IN})' 을 번갈아가면서 전달하되, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)에 서로 다른 값을 전달하는 것이 바람직하다.

[0023] 또한, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이(capacitor array) 각각은 해당 커패시터 어레이의 바텀노드(bottom node)에 '0' 이 입력되면, 해당 커패시터 어레이 양단에 상기 '입력전압(V_{IN})' 의 전위차가 형성되도록, 상기 스위치부를 통해 전달된 전하를 저장하고, 해당 커패시터 어레이의 바텀노드(bottom node)에 상기 '입력전압(V_{IN})' 이 입력되는 순간, 해당 커패시터 어레이 양단에 상기 '입력전압(V_{IN})' 의 전위차가 형성되도록, 상기 스위치부를 통해 순간적으로 전달된 전하를 저장하여, '입력전압(V_{IN})' 을 2배로 증압시켜 출력하는 것이 바람직하다.

[0024] 또한, 상기 최대 전력점 추적 장치는 상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기에 대응한 제1 미분 전압(V_{DFF1})을 출력하는 제1 미분기; 상기 입력 전류(I_{IN})와 상기 제1 미분 전압(V_{DFF1})을 나누어 제1 DC 신호(I_{RCC})를 출력하는 제1 나눗셈기; 상기 입력 전류(I_{IN})에 대한 전압값(V_{IN})이 입력되면, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기에 대응한 제2 미분 전압(V_{DFF2})을 출력하는 제2 미분기; 상기 입력 전압(V_{IN})과 상기 제2 미분 전압(V_{DFF2})을 나누어 제2 DC 신호(V_{RCC})를 출력하는 제2 나눗셈기; 및 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고 그 결과에 기초하여 최대 전력점 추적을 위한 임피던스 조절신호를 출력하는 임피던스 조절부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0025] 또한, 상기 제1 및 제2 나눗셈기 각각은 상기 제1 및 제2 미분 전압(V_{DFF1} , V_{DFF2})에 포함된 공통 모드 전압(Common Mode voltage)을 제거하기 위한 2개의 전압-전류(VI) 컨버터; 및 상기 전압-전류(VI) 컨버터들의 출력신호를 나누어 출력하는 전류 나눗셈기를 포함하는 것이 바람직하다.

[0026] 또한, 상기 임피던스 조절부는 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하는 비교기; 및 상기 비교기의 비교결과에 기초하여 상기 임피던스 조절신호를 출력하는 업/다운 카운터를 포함하는 것이 바람직하다.

[0027] 또한, 상기 비교기는 입력되는 클럭신호에 의해 동작이 제어되는 클럭드_비교기(clocked comparator)로 구현되어, 상기 클럭신호가 '1' 인 경우 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고, 상기 클럭신호가 '0' 인 경우 노드를 리셋하는 것이 바람직하다.

[0028] 또한, 상기 업/다운 카운터는 상기 비교기의 비교 결과로 출력되는 업/다운 신호에 응답하여 그 값이 증/감되는 n 비트의 바이너리 신호를 출력하는 n 비트 바이너리 카운터로 구성되며, 상기 n 비트의 바이너리 신호는 상기 커패시터 어레이의 온/오프를 제어하여 임피던스를 조절하는 것이 바람직하다.

[0029] 또한, 상기 에너지 하베스팅 시스템은 상기 충전회로의 입력단에 연결되어, 상기 충전회로의 입력 전류/전압 값이 급변하지 않도록 필터링하는 입력 커패시턴스를 더 포함하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0030] 본 발명은 RCC 알고리즘을 switched capacitor DC-DC 변환기에 적용하고, 2개의 미분기와 2개의 전류 나뉠셈기를 포함하는 최대 전력점 추적 장치를 제공함으로써, 실시간으로 최대 전력점을 계산이 가능한 RCC 알고리즘의 장점을 살리면서, 완전 집적된 빛 에너지 하베스팅 시스템을 구축함으로써 그 면적 효율을 극대화할 수 있다. 또한, 종래의 기술과 비교하여 미분기의 개수를 줄이고, 곱셈기 대신 나뉠셈기를 사용함으로써, 소모 전력을 줄일 수 있다. 또한 상기 최대 전력점 추적 장치를 포함하는 에너지 하베스팅 시스템을 제공함으로써, 에너지 하베스팅 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템에 대한 개략적인 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템의 최대전력점 알고리즘 동작 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템을 이용한 임피던스 매칭 결과의 예를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 설명하되, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 한편 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한 상세한 설명을 생략하여도 본 기술 분야의 당업자가 쉽게 이해할 수 있는 부분의 설명은 생략하였다.

[0033] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템에 대한 개략적인 블록도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템은 전류센서(current sensor)(110), 충전회로(120), 최대 전력점 추적 장치(130), 입력 커패시턴스(140)를 포함한다.

[0035] 전류센서(current sensor)(110)는 태양전지(Solar cell)(10)로부터 입력되는 입력전류(I_{IN})를 감지하여 전압 값(V_{IN})으로 변환한다.

[0036] 충전회로(Charge pump)(120)는 전류센서(110)로부터 전달되는 전압을 충전/출력하는 회로로서, 병렬로 연결된 제1 및 제2 커패시터 어레이를 포함하는 커패시터 어레이부(Cap.Array)(122)를 포함하고, 전류센서(110)에서 변환되어 입력되는 전압값(V_{IN})이 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 양단에 걸리면, 그 전압 값(V_{IN})을 2배로 증압시켜 출력한다. 이를 위해, 충전회로(120)는 스위치부(121), 커패시터 어레이(Cap.Array)(122), 레버 컨버터(Lever Converter)(123) 및 클럭 발생기(CLK Generator)(124)를 포함한다.

[0037] 스위치부(121)는 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)에 전하를 공급하거나 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)의 전하를 출력(V_{OUT})으로 전달한다. 이를 위해, 스위치부(121)는 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)들을 충전회로(120)의 입력단 또는 출력단에 선택적으로 연결시키기 위한 다수의 스위치들을 포함하고, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 탑노드(top node)들을 충전회로(120)의 입력단 또는 출력단에 교차 연결하도록 동작한다. 즉, 스위치부(121)는 제1 커패시터 어레이의 탑노드가 충전회로(120)의 입력단에 연결되면 제2 커패시터 어레이의 탑노드는 충전회로(120)의 출력단에 연결하고, 제2 커패시터 어레이의 탑노드가 충전회로(120)의 입력단에 연결되면 제1 커패시터 어레이의 탑노드는 충전회로(120)의 출력단에 연결하도록 동작한다. 따라서, 제1 커패시터 어레이가 전류센서(110)로부터 전달되는 전압(V_{IN})을 충전하는 동안 제2 커패시터 어레이는 기 저장된 전압을 출력단으로 출력하고, 제2 커패시터 어레이가 전류센서(110)로부터 전달되는 전압(V_{IN})을 충전하는 동안 제1 커패시터 어레이는 기 저장된 전압을 출력단으로 출력할 수 있도록 한다.

- [0038] 커패시터 어레이부(Cap.Array)(122)는 항상 켜져있는 하나의 커패시터(unit capacitor)와, 온/오프가 제어되는 n 개의 커패시터들을 포함하는 제1 및 제2 커패시터 어레이를 포함하고, 입력되는 제어신호에 의거하여 전하(charge)를 저장 또는 펌핑한다. 이 때, 항상 켜져있는 하나의 커패시터(unit capacitor)는 그 크기가 '1' 이고, 온/오프가 제어되는 n 개의 커패시터들은 그 크기가 2^1 부터 2^n (이 때, n 은 자연수)까지 기하급수적으로 증가하는 것을 특징으로 한다. 예를 들어, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이가 각각 7개의 커패시터를 포함하는 경우, 각각의 커패시터들의 크기(size)는 $2^1, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5, 2^6, 2^7$ 일 수 있는 것이다.
- [0039] 레버 컨버터(Lever Converter)(123)는 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 제어신호를 출력한다. 즉, 레버 컨버터(lever converter)(123)는 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 '0' 과 동작전압인 상기 '입력전압(V_{IN})' 을 번갈아가면서 전달하되, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)에 서로 다른 값을 전달한다. 예를 들어, 제1 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)에 '0' 을 전달한 경우 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)는 동작전압인 상기 '입력전압(V_{IN})' 을 전달하고, 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)에 '0' 을 전달한 경우 제1 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)는 동작전압인 상기 '입력전압(V_{IN})' 을 전달한다. 그러면, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이(capacitor array) 각각은 해당 커패시터 어레이의 바텀노드(bottom node)에 '0' 이 입력된 경우 해당 커패시터 어레이 양단에 상기 '입력전압(V_{IN})' 의 전위차가 형성되도록 상기 스위치부를 통해 전달된 전하를 저장하고, 해당 커패시터 어레이의 바텀노드(bottom node)에 상기 '입력전압(V_{IN})' 이 입력되는 순간 해당 커패시터 어레이 양단에 상기 '입력전압(V_{IN})' 의 전위차가 형성되도록 상기 스위치부를 통해 순간적으로 전달된 전하를 저장하여 '입력전압(V_{IN})' 을 2배로 증압시켜 출력한다.
- [0040] 클럭 발생기(CLK Generator)(124)는 시스템 전체를 동기화하기 위한 클럭을 발생하여 해당 장치들에게 전달한다. 예를 들어, 클럭 발생기(CLK Generator)(124)는 레버 컨버터(Lever Converter)(123)에게 클럭을 전달하고, 레버 컨버터(Lever Converter)(123)는 그 클럭에 맞추어 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이 각각의 바텀노드(bottom node)로 '0' 과 동작전압인 상기 '입력전압(V_{IN})' 을 번갈아가며 출력한다.
- [0041] 최대 전력점 추적 장치(130)는 태양전지(10)로부터 전달되는 입력전류(I_{IN})와 그에 대응한 전압 값(V_{IN})의 기울기에 기초하여 최대전력점 여부를 결정하고, 최대 전력점을 추적하기 위한 임피던스 조절신호를 생성하여 충전회로(120)로 출력한다. 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템의 최대전력점 알고리즘 동작 원리를 설명하기 위한 도면으로서, 최대 전력점 추적 장치(130)가 최대 전력점을 추적하는 동작 원리를 설명하기 위한 도면들이 예시되어 있다.
- [0042] 도 2의 (a)는 태양 전지(PV Cell)의 V-I 그래프로서, 빛의 세기와 하베스팅 시스템의 특징에 따라 태양 전지(PV Cell)로부터 최대 전력(Maximum power)을 수확할 수 있는 전류(I)/전압(V) 조건(일명, 최대전력점(MPP, Maximum Power Point)이 존재함을 나타내고, 도 2의 (b) 내지 (e)는 입력전력 리플(ripple)과 전압 리플(ripple)의 기울기에 따라 하베스팅 시스템의 출력단 전압이 최대 전력점에서의 전압에 도달하였는지의 여부를 판단하는 원리를 나타내고 있다. 도 2(a) 내지 (e)를 참조하면, 입력전력 리플(ripple)과 전압 리플(ripple) 기울기의 부호가 일치할 경우엔 하베스팅 시스템의 출력단 전압이 아직 최대 전력점에서의 전압에 도달하지 못했음을 의미하고, 입력전력 리플(ripple)과 전압 리플(ripple) 기울기의 부호가 반대일 경우엔 하베스팅 시스템의 출력단 전압이 최대 전력점에서의 전압 보다 높음을 의미한다.
- [0043] 따라서 상기 입력전력 리플(ripple)과 전압 리플(ripple) 기울기의 부호가 변화되는 시점이 최대 전력점이 되며, 이를 추적하기 위해, 최대 전력점 추적 장치(130)는 상기 각 경우에 따라 충전회로(120)의 입력 임피던스를 조절한다. 예를 들어, 하베스팅 시스템의 출력단 전압이 아직 최대 전력점에서의 전압에 도달하지 못한 경우 최대 전력점 추적 장치(130)는 충전회로(120)의 입력 임피던스를 높여 하베스팅 시스템의 출력단 전압을 높이고, 반대의 경우 충전회로(120)의 입력 임피던스를 줄여 하베스팅 시스템의 출력단 전압을 낮춘다.
- [0044] 이를 위해, 최대 전력점 추적 장치(130)는 제1 및 제2 미분기(131, 133)와, 제1 및 제2 나눗셈기(132, 134)와, 비교기(135) 및 업/다운 카운터(136)를 포함하는 임피던스 조절부(미도시)를 포함한다.
- [0045] 제1 미분기(Differentiator 1)(131)는 상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기에 대응한 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 출력한다. 이를 위해, 제1 미분기(Differentiator 1)(131)는 상기 입력 전류(I_{IN})와 기 설정된 기준전압(V_{REF})을 비교한다.

이 때, 상기 입력 전류(I_{IN})의 기울기가 '0' 인 경우 제1 미분기(Differentiator 1)(131)는 상기 기준전압(V_{REF})과 동일한 DC 전압을 출력하고, 그렇지 않은 경우 해당 신호의 기울기에 따른 레퍼런스 전압의 부호를 출력한다.

[0046] 제1 나눗셈기(Analog divider 1)(132)는 상기 입력 전류(I_{IN})와 상기 제1 미분 전압(V_{DIFF1})을 나누어 제1 DC 신호(I_{RCC})를 출력한다. 이를 위해, 제1 나눗셈기(Analog divider 1)(132)는 제1 미분 전압(V_{DIFF1})에 포함된 공통 모드 전압(Common Mode voltage)을 제거하기 위한 2개의 전압-전류(VI) 컨버터(미도시); 및 상기 전압-전류(VI) 컨버터들의 출력신호를 나누어 출력하는 전류 나눗셈기(미도시)를 포함할 수 있다.

[0047] 제2 미분기(Differentiator 2)(133)는 상기 입력 전류(I_{IN})에 대한 전압값(V_{IN})이 입력되면, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기에 대응한 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 출력한다. 이를 위해, 제2 미분기(Differentiator 2)(133)는 상기 입력 전압(V_{IN})과 기 설정된 기준전압(V_{REF})을 비교한다. 이 때, 상기 입력 전압(V_{IN})의 기울기가 '0' 인 경우 제2 미분기(Differentiator 2)(133)는 상기 기준전압(V_{REF})과 동일한 DC 전압을 출력하고, 그렇지 않은 경우 해당 신호의 기울기에 따른 레퍼런스 전압의 부호를 출력한다.

[0048] 제2 나눗셈기(Analog divider 2)(134)는 상기 입력 전압(V_{IN})과 상기 제2 미분 전압(V_{DIFF2})을 나누어 제2 DC 신호(V_{RCC})를 출력한다. 이를 위해, 제2 나눗셈기(Analog divider 2)(134)는 제2 미분 전압(V_{DIFF2})에 포함된 공통 모드 전압(Common Mode voltage)을 제거하기 위한 2개의 전압-전류(VI) 컨버터(미도시); 및 상기 전압-전류(VI) 컨버터들의 출력신호를 나누어 출력하는 전류 나눗셈기(미도시)를 포함할 수 있다.

[0049] 임피던스 조절부(미도시)는 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고 그 결과에 기초하여 최대 전력점 추적을 위한 임피던스 조절신호를 출력하는데, 이를 위해, 비교기(135) 및 업/다운 카운터(136)를 포함한다.

[0050] 비교기(135)는 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고, 그 결과를 출력한다. 이 때, 비교기(135)는 클럭 발생기(124)에서 생성된 클럭신호에 의해 동작이 제어되는 클럭드_비교기(clocked comparator)로 구현할 수 있으며, 상기 클럭신호가 '1' 인 경우 상기 제1 및 제2 DC 신호(I_{RCC} , V_{RCC})를 비교하고, 상기 클럭신호가 '0' 인 경우 노드를 리셋한다.

[0051] 업/다운 카운터(Up/Down Counter)(136)는 비교기(135)의 비교 결과에 기초하여 상기 임피던스 조절신호를 출력한다. 이를 위해, 업/다운 카운터(136)는 비교기(135)의 비교 결과로 출력되는 업/다운 신호에 응답하여 그 값이 증/감되는 n비트의 바이너리 신호를 출력하는 n비트 바이너리 카운터로 구현하는 것이 바람직하다. 한편, 상기 n비트의 바이너리 신호는 상기 커패시터 어레이의 온/오프를 제어하여 임피던스를 조절한다. 즉, 상기 커패시터 어레이를 구성하는 커패시터들을 많이 켜수록 임피던스는 작아지고, 반대로 상기 커패시터들을 많이 끌수록 임피던스는 커지므로, 상기 제1 및 제2 커패시터 어레이는 업/다운 카운터(Up/Down Counter)(136)에서 출력되는 n비트의 바이너리 신호에 기초하여 해당 커패시터들의 온/오프를 제어한다. 예를 들어, 현재 커패시터 어레이에 7개의 커패시터가 연결되어 있고, 그 임피던스가 b' 0000010으로 4 size, unit capacitor(size=1)의 커패시터가 켜져 있는 상태에서 임피던스를 줄여야 하는 상황이면, 비교기(135)에서는 지속적으로 UP 신호를 출력하고, 상기 UP 신호가 출력될 때마다 상기 바이너리 신호는 커패시터 크기(cap. size)를 1씩 늘려가며 최대 전력점을 추적한다. 즉, 상기 바이너리 신호를 b' 0000010에서 b' 0000011로, 다시 b' 0000011에서 b' 0000100로 변경하여 임피던스를 조절하면서 최대 전력점을 추적한다.

[0052] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템을 이용한 임피던스 매칭 결과의 예를 나타낸 도면으로서, 상기과 같이 커패시터 어레이의 온/오프를 제어하여 임피던스를 조절하는 경우에 대한 임피던스 매칭 결과를 나타낸다. 도 3을 참조하면, 곡선A의 경우 커패시터의 크기(# of Cap)가 50인 경우 입력 전압(V_{IN})이 3.45V이고, 곡선B의 경우 커패시터의 크기(# of Cap)가 100인 경우 입력 전압(V_{IN})이 2.95V이고, 곡선 F의 경우 커패시터 크기(# of Cap)가 300인 경우 입력 전압(V_{IN})이 1.95V이며, 곡선 C,D,E의 경우 커패시터 크기(# of Cap)와 입력 전압(V_{IN})이 상기 곡선 B와 곡선 F의 사이값이다. 따라서, 커패시터의 크기가 커질수록 임피던스가 작아져 입력전압이 낮아짐을 알 수 있다.

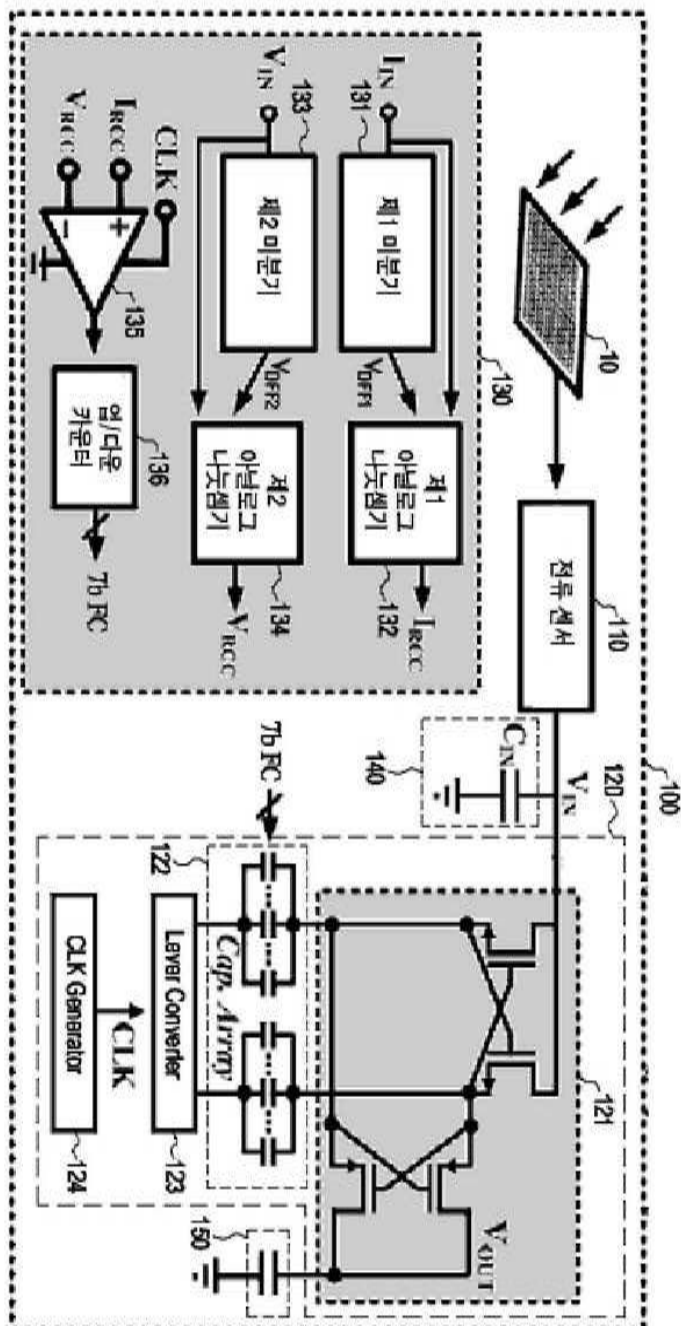
[0053] 입력 커패시턴스(140)는 전류센서(110)와 충전회로(120)의 입력단에 연결되어 전류센서(110)에서 충전회로(120)로 전달되는 전하를 저장한다. 즉, 입력 커패시턴스(140)는, 충전회로(120)의 입력 전류/전압 값이 급변하지

않도록 필터링한다.

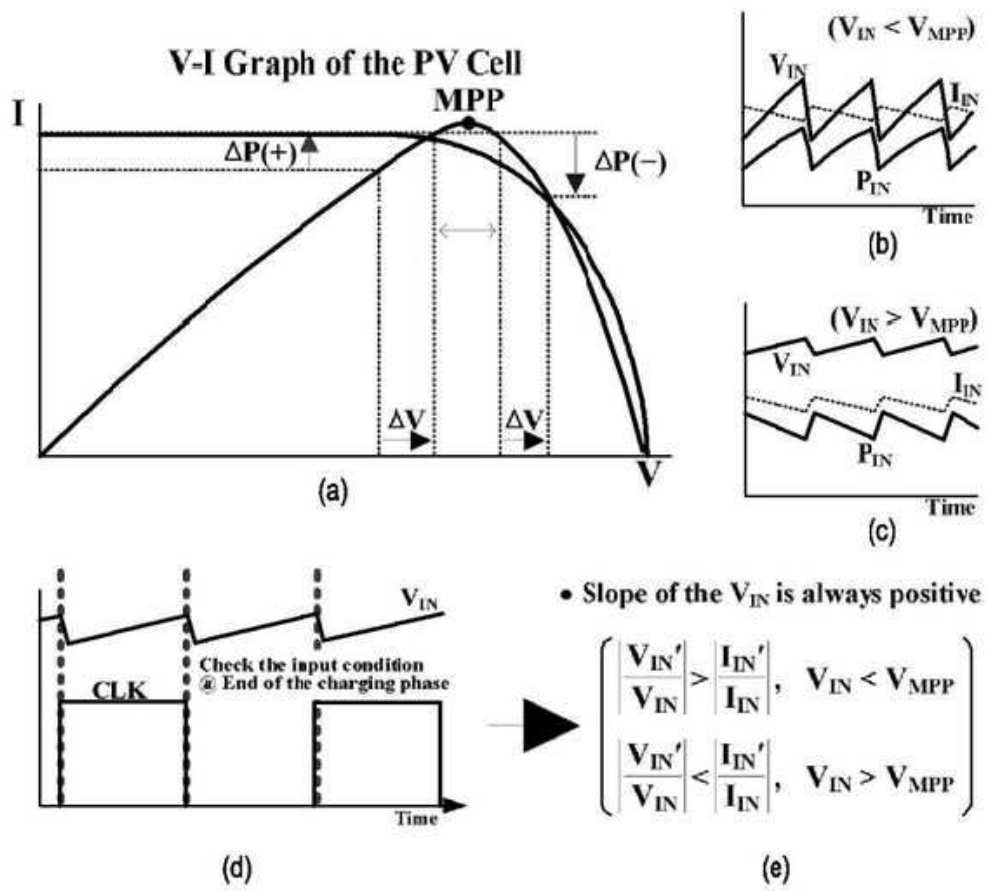
- [0054] 다시 말해, 입력 커패시턴스(140)는, 상기 제1 또는 제2 커패시터 어레이 중 어느 하나의 바텀노드(bottom node)에 상기 ‘입력전압(V_{IN})’이 입력되는 순간에 순간적으로 전류를 뿜어가는 충전회로(charge pump)(120)의 특성에 대응하여, 입력 전류, 전압 값이 매우 크게 변하지 않도록 필터링을 하기 위해 전하를 저장한다. 이 때, 입력 커패시턴스(140)의 크기는 동작 주파수 및 하베스터에서 출력되는 전력에 따라 정해지는데, 100kHz의 동작 주파수에서 최대 1mW의 전력을 하베스터에서 공급하고 이를 수확할 경우 입력 커패시턴스(140)의 크기는 5nF인 것이 바람직하다. 만약, 이보다 더 큰 전력을 수확하려면 전력에 비례해 더 큰 커패시터 값을 쓰거나 주파수를 올려야 한다.
- [0055] 한편, 입력 전류, 전압의 리플(ripple)값은 동작 주파수와 상기 입력 커패시턴스(140)의 크기에 의해 결정된다.
- [0056] 일반적으로, 상기 제1 또는 제2 커패시터 어레이 중 어느 하나의 바텀노드(bottom node)에 상기 ‘입력전압(V_{IN})’이 입력되는 순간에 순간적으로 해당 커패시터 어레이의 탑노드(top node)에 많은 양의 전하가 전달되어서, 상기 전류 센서(110)의 전압이 떨어지면, 전류센서(110)가 삼각파가 아닌 사각 펄스와 형태로 전류를 센싱하게 되고, 이로 인해 RCC 방식을 사용하기 힘들어지는데, 입력 커패시턴스(140)는 이를 방지하기 위해, 필터링을 하는 것이다. 이와 같이 입력 커패시턴스(140)가 필터링을 함으로써, 충전회로(charge pump)(120)가 전류를 출력으로 전달하는 순간에는 ‘입력전압(V_{IN})’이 순간적으로 떨어지고 그 외에는 태양전지(10)에서 전류가 흘러와서 ‘입력전압(V_{IN})’이 점진적으로 증가하게 된다. 즉, 전류센서(110)가 삼각파 형태로 전류를 센싱하게 된다. 따라서, 점진적으로 전압 전류가 변화하는 순간에 RCC방식을 적용하여, ‘입력전압(V_{IN})’이 상승하는 구간에서 리플(ripple) 상태를 측정함으로써 RCC 방식으로 최대 전력점을 추적할 수 있도록 한다.
- [0057] 상술한 예시적인 시스템에서, 방법들은 일련의 단계 또는 블록으로써 순서도를 기초로 설명되고 있지만, 본 발명은 단계들의 순서에 한정되는 것은 아니며, 어떤 단계는 상술한 바와 다른 단계와 다른 순서로 또는 동시에 발생할 수 있다.
- [0058] 또한, 당업자라면 순서도에 나타난 단계들이 배타적이지 않고, 다른 단계가 포함되거나 순서도의 하나 또는 그 이상의 단계가 본 발명의 범위에 영향을 미치지 않고 삭제될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

