



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0033185
(43) 공개일자 2021년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01) G05F 1/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
G05F 1/67 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0114576
(22) 출원일자 2019년09월18일
심사청구일자 2019년09월18일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김철우
서울특별시 강남구 선릉로 221, 401동 1003호
맹준영
서울특별시 성북구 고려대로12길 68(안암동3가)
박인호
서울특별시 은평구 응암로 319
(74) 대리인
이기성

전체 청구항 수 : 총 20 항

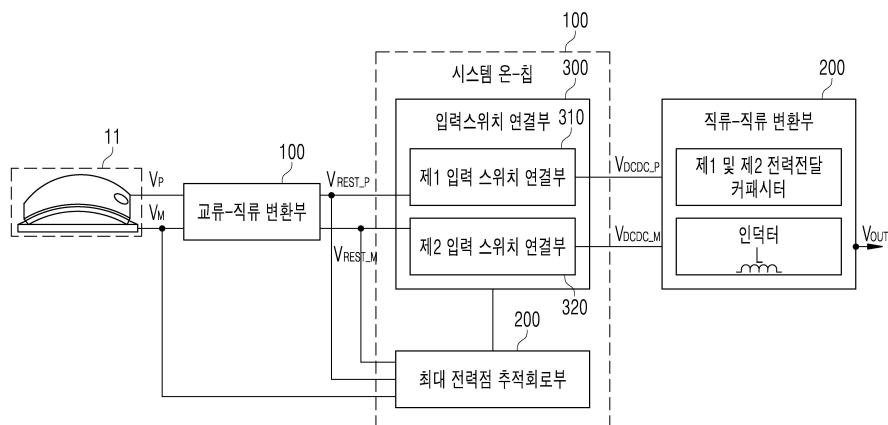
(54) 발명의 명칭 최대 전력점 추적 기능을 갖춘 단일 인덕터 공유 기반의 이중입력 마찰전기 에너지 하베스팅 시스템

(57) 요약

본 출원의 일 실시예에 따른 에너지 하베스팅 시스템은 전력원으로부터 전달받는 한쌍의 교류전압을 제1 및 제2 직류전압으로 변환하는 교류-직류 변환부, 상기 제1 및 제2 직류전압을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터를 통해 출력단으로 출력하는 직류-직류 변환부, 상기 인덕터로 전달되는 한쌍의 전력전달 커패시터에 충전된 제1 및 제2 입력전압 중 어느 하나의 입력전압을 결정하는 입력 스위치 연결부 및 상기 입력 스위치 연결부와 시스템 온-칩으로 형성되고, 상기 전력원의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성하는 최대 전력점 추적회로를 포함한다.

대표도

1000



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711097609
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	해상도, 전압 및 동작 속도 조절 가능한 자동차 센서용 아날로그 IP 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2019.08.01 ~ 2019.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

전력원으로부터 전달받는 한쌍의 교류전압을 제1 및 제2 직류전압으로 변환하는 교류-직류 변환부;

상기 제1 및 제2 직류전압을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터를 통해 출력단으로 출력하는 직류-직류 변환부;

상기 인덕터로 전달되는 한쌍의 전력전달 커패시터에 충전된 제1 및 제2 입력전압 중 어느 하나의 입력전압을 결정하는 입력 스위치 연결부; 및

상기 입력 스위치 연결부와 시스템 온-칩으로 형성되고, 상기 전력원의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성하는 최대 전력점 추적회로부를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 입력 스위치 연결부는, 일정 주기마다 상기 교류-직류 변환부를 상기 직류-직류 변환부와 상기 최대 전력점 추적회로부 중 어느 하나에 교대로 스위칭하여 연결하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 입력 스위치 연결부는 상기 교류-직류 변환부로부터 제1 직류전압을 전달받는 제1 입력 스위치 연결부; 및

상기 상기 교류-직류 변환부로부터 제2 직류전압을 전달받는 제2 입력 스위치 연결부를 포함하고,

상기 제1 및 제2 입력 스위치 연결부 각각은, 상기 최대 전력점 추적회로부와 시스템 온-칩으로 각각 형성되는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 입력 스위치 연결부는, 상기 직류-직류 변환부와 상기 교류-직류 변환부를 전기적으로 연결하기 위한 제1 스위치를 스위칭하는 제1 레벨시프터부;

상기 개방전압을 샘플링하기 위한 적어도 하나의 제2 스위치를 스위칭하는 제1 게이트 드라이버부;

상기 제1 스위치를 통해 연결된 제1 전달전력 커패시터에 충전된 제1 충전전압을 조절하기 위한 제3 스위치를 스위칭하는 제2 레벨시프터부;

상기 제1 충전전압을 일정 크기의 저전압 레벨인 제1 분배전압으로 샘플링하기 위한 제4 스위치를 스위칭하는 제1 전압분배기; 및

상기 적어도 하나의 제2 스위치에 연결된 제1 개방전압 커패시터에 전하 공유된 제2 충전전압을 제2 분배전압으로 샘플링하기 위한 제4 스위치를 스위칭하는 제2 전압분배기를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 입력 스위치 연결부는, 상기 제1 및 제2 분배전압을 비교하고, 상기 제1 및 제2 분배전압 간의 차이에 기초하여, 제1 인에이블 신호를 출력하는 비교기를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제1 게이트 드라이버부는, 상기 제1 직류전압이 임계전압을 초과하는 경우, 상기 제1 직류전압을 상기 한 쌍의 제3 스위치의 게이트측으로 전달하는 제1 다이오드;

상기 제1 다이오드에 대하여 직렬로 연결된 제1 게이트 커패시터; 및

상기 제1 다이오드에 대하여 병렬로 각각 연결된 제1 전류원과 기생 다이오드를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 제2 입력 스위치 연결부는, 상기 직류-직류 변환부와 상기 교류-직류 변환부를 전기적으로 연결하기 위한 제5 스위치를 스위칭하는 제3 레벨시프터부;

상기 개방전압을 샘플링하기 위한 제6 스위치를 스위칭하는 제2 게이트 드라이버부;

상기 제5 스위치를 통해 연결된 제2 전달전력 커패시터에 충전된 제2 충전전압을 조절하기 위한 제7 스위치를 스위칭하는 제4 레벨시프터부;

상기 제3 충전전압을 일정 크기의 저전압 레벨인 제3 분배전압으로 샘플링하기 위한 제8 스위치를 스위칭하는 제1 전압분배기; 및

상기 적어도 하나의 제2 스위치에 연결된 제1 개방전압 커패시터에 전하 공유된 제4 충전전압을 제4 분배전압으로 샘플링하기 위한 제4 스위치를 스위칭하는 제2 전압분배기를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 입력 스위치 연결부는, 상기 제3 및 제4 분배전압을 비교하고, 상기 제3 및 제4 분배전압 간의 차이에 기초하여, 제2 인에이블 신호를 출력하는 비교기를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 제2 게이트 드라이버부는, 상기 제2 직류전압이 임계전압을 초과하는 경우, 상기 제2 직류전압을 상기 제7 스위치의 게이트측으로 전달하는 제3 다이오드; 및

상기 제3 다이오드에 대하여 직렬로 연결되고, 상기 제2 직류전압에 기초하여, 게이트 전압을 충전하는 제2 게이트 커패시터를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 10

제3항에 있어서,

상기 교류전압의 음전압, 상기 제1 및 제2 직류전압 및 상기 개방전압에 기초하여, 상기 입력 스위치 연결부를 구동시키는 타이밍 콘트롤러부를 더 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 타이밍 콘트롤러부는, 상기 교류전압의 음전압, 상기 제1 및 제2 직류전압 및 상기 개방전압을 저 전압 레벨의 타이밍 구동전압들로 변환하는 적어도 하나 이상의 저전압 생성기;

상기 타이밍 구동전압들에 기초하여, 상기 제1 및 제2 입력 스위치 연결회로를 구동시키기 위한 제1 및 제2 타이밍 구동신호를 생성하는 제1 및 제2 저전압 비교기; 및

상기 교류전압의 음전압과 접지전압을 비교하는 사이클 비교기와 상기 사이클 비교기의 비교 횟수를 카운팅하는

N 비트 카운터를 포함하는 사이클 카운터를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 입력 스위치 연결부로부터 출력받는 제1 및 제2 인에이블 신호에 기초하여, 상기 직류-직류 변환부의 제1 내지 제6 전력전달 스위치를 스위칭하는 제어회로를 더 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1 및 제4 전력전달 스위치는 PMOS 트랜지스터이고,

상기 제2, 제3, 제5 및 제6 전력전달 스위치는 NMOS 트랜지스터인, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제어회로부는, 상기 인덕터에 흐르는 제로 전류를 감지하는 제로 전류 감지회로;

상기 제1 및 제2 인에이블 신호, 상기 제로 전류 및 클럭 신호에 기초하여, 제1 내지 제6 변환전압을 생성하는 직류-직류 변환기 제어회로;

상기 제1 변환전압에 기초하여 상기 제1 전력전달 스위치를 스위칭하기 위한 제1 제어전압(VPH)을 생성하고, 상기 제4 변환전압에 기초하여 상기 제4 전력전달 스위치를 스위칭하기 위한 제4 제어전압을 생성하는 제1 및 제2 구동회로 레벨시프터; 및

상기 제1 변환전압과 상기 제6 변환전압에 기초하여, 제6 제어전압을 생성하고, 상기 제4 변환전압과 상기 제3 변환전압에 기초하여, 제3 제어전압(VPO)을 생성하는 제1 및 2 전압 더블러/논리 회로를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 제어회로부는, 상기 제1 및 제2 인에이블 신호가 (1,0)인 경우, 상기 직류-직류 변환부의 제1 전달 커패시터에 충전된 상기 제1 입력전압을 제1 경로를 통해 출력단으로 출력시키고,

상기 제1 경로는, 상기 제1 입력전압이 상기 제1 전달 커패시터로부터 상기 제1 전력전달 스위치, 상기 인덕터 및 상기 제6 전력전달 스위치를 통해 상기 출력단으로 통과하는 경로인, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 제어회로부는, 상기 제1 및 제2 인에이블 신호가 (0,1)인 경우, 상기 직류-직류 변환부의 제2 전달 커패시터에 충전된 상기 제2 입력전압을 제2 경로를 통해 상기 출력단으로 출력시키고,

상기 제2 경로는, 상기 제2 입력전압이 상기 제2 전달 커패시터로부터 상기 제4 전력전달 스위치, 상기 인덕터 및 상기 제6 전력전달 스위치를 통해 상기 출력단으로 통과하는 경로인, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 직류전압에 기초하여, 초기 동작 시 상기 출력단으로 출력전압을 직접적으로 출력하는 직접 충전부를 더 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 직접 충전부는, 상기 제2 직류전압과 제1 및 제2 기준전압을 비교하여, 제1 및 제2 직접충전 비교신호를 출력하는 직접충전 제어회로부;

상기 제1 및 제2 직접충전 비교신호에 기초하여, 상기 제1 직류전압을 전달하는 직접충전 래치회로부; 및

상기 직접충전 래치회로부로부터 상기 제1 직류전압을 전달받고, 상기 제1 직류전압의 크기에 따라, 상기 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 상기 출력단으로 직접 출력하는 직접충전 다이오드회로부를 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템.

청구항 19

에너지 하베스팅 시스템의 동작방법으로서,

교류-직류 변환부가 전력원으로부터 전달받는 한쌍의 교류전압을 제1 및 제2 직류전압으로 변환하는 단계;

직류-직류 변환부가 상기 제1 및 제2 직류전압을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터를 통해 출력단으로 출력하는 단계;

입력 스위치 연결부가 상기 인덕터로 전달되는 한쌍의 전력전달 커패시터에 충전된 제1 및 제2 입력전압 중 어느 하나의 입력전압을 결정하는 단계;

최대 전력점 추적회로부가 상기 전력원의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성하는 단계; 및

상기 입력 스위치 연결부가 일정 주기마다 상기 교류-직류 변환부를 상기 직류-직류 변환부와 상기 최대 전력점 추적회로부에 교대로 스위칭하여 연결하는 단계를 포함하고,

상기 최대 전력점 추적회로부는, 상기 입력 스위치 연결부와 시스템 온-칩으로 형성된 에너지 하베스팅 시스템의 동작방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

제어회로부가 상기 입력 스위치 연결부로부터 출력받는 제1 및 제2 인에이블 신호에 기초하여, 상기 직류-직류 변환부의 제1 내지 제6 전력전달 스위치를 스위칭하는 단계; 및

직접 충전부가 상기 제1 및 제2 직류전압에 기초하여, 초기 동작 시 상기 출력단으로 출력전압을 직접적으로 출력하는 단계를 더 포함하는, 에너지 하베스팅 시스템의 동작방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은, 최대 전력점 추적 기능을 갖춘 단일 인덕터 공유 기반의 이중입력 마찰전기 에너지 하베스팅 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마찰전기 에너지 하베스팅은 성질이 다른 두 물질의 마찰로부터 전력을 발생시키는 전력원으로, 양의 전압과 음의 전압의 최대치가 다르다는 특징이 있다. 종래의 마찰전기 에너지 하베스팅 회로는 최대 전력점 추적 기술을 탑재하였다. 이때, 최대 전력점 추적 기술은 외부 신호를 통해 제어되었으며, 회로 내부의 고전압을 모니터링하기 위해 부피가 큰 외부 저항을 여러 개 사용하였다. 이에, 외부에서 최대 전력점 추적 기술이 제어되는 종래의 마찰전기 에너지 하베스팅 회로는 비효율적인 PCB 면적 낭비 뿐만 아니라 추가의 전력 손실 및 제조 단가 상승을 야기하였다.

[0003] 또한, 종래의 고전압용 직류-직류 변환기는 대부분 단일 입력용으로만 설계되어 왔다. 이러한 종래의 단일 입력 고전압용 직류-직류 변환기에 이중 입력을 적용할 경우, 내부 트랜지스터가 10볼트 이상의 고전압에 의해 파괴되는 결과를 초래한다. 이는, 고전압용 트랜지스터(LDMOS)가 높은 VDS를 견딜 수 있지만, VGS는 일반적인 CMOS

정격 전압인 5볼트 이하 전압만 견딜 수 있기 때문이다. 즉, 종래의 이중 입력 직류-직류 변환기는 일반적인 CMOS 정격 전압 내에서 설계가 되기 때문에 공정 자체의 특성상 고전압을 견딜 수 없다.

[0004] 특히, 종래의 마찰전기 에너지 하베스팅 시스템에 적용된 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기의 경우, 전력 전달 경로에 추가의 트랜지스터들이 직렬로 연결됨으로써, 전력 전달 시 추가의 전력 손실을 발생시키며 이로 인해 전력 전달 효율을 감소시키는 결과를 초래할 수 있다.

[0005] 이에 따라, 최대 전력점 추적기를 통해 마찰전기 전력원의 최대 전력점을 추적하는 동시에, 이중입력 단일 인덕터를 이용하여 두 개의 고전압 입력을 부품 파괴없이, 최대 전력점 추적 기능을 갖춘 단일 인덕터 공유 기반의 이중입력 마찰전기 에너지 하베스팅 시스템을 제공하고자 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 출원의 목적은, 최대 전력점 전압을 추적할 수 있는 동시에, 단일 인덕터에 한쌍의 입력전압을 출력단에 효율적으로 전달할 수 있는 에너지 하베스팅 시스템을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 출원의 일 실시예에 따른 에너지 하베스팅 시스템은 전력원으로부터 전달받는 한쌍의 교류전압을 제1 및 제2 직류전압으로 변환하는 교류-직류 변환부, 상기 제1 및 제2 직류전압을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터를 통해 출력단으로 출력하는 직류-직류 변환부, 상기 인덕터로 전달되는 한쌍의 전력전달 커패시터에 충전된 제1 및 제2 입력전압 중 어느 하나의 입력전압을 결정하는 입력 스위치 연결부 및 상기 입력 스위치 연결부와 시스템 온-칩으로 형성되고, 상기 전력원의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성하는 최대 전력점 추적회로부를 포함한다.

[0008] 실시예에 있어서, 상기 입력 스위치 연결부는, 일정 주기마다 상기 교류-직류 변환부를 상기 직류-직류 변환부와 상기 최대 전력점 추적회로부에 교대로 스위칭하여 연결한다.

[0009] 실시예에 있어서, 상기 입력 스위치 연결부는 상기 교류-직류 변환부로부터 제1 직류전압을 전달받는 제1 입력 스위치 연결부 및 상기 상기 교류-직류 변환부로부터 제2 직류전압을 전달받는 제2 입력 스위치 연결부를 포함하고, 상기 제1 및 제2 입력 스위치 연결부 각각은, 상기 최대 전력점 추적회로부와 시스템 온-칩으로 각각 형성된다.

[0010] 실시예에 있어서, 상기 제1 입력 스위치 연결부는, 상기 직류-직류 변환부와 상기 교류-직류 변환부를 전기적으로 연결하기 위한 제1 스위치를 스위칭하는 제1 레벨시프터부, 상기 개방전압을 샘플링하기 위한 적어도 하나의 제2 스위치를 스위칭하는 제1 게이트 드라이버부, 상기 제1 스위치를 통해 연결된 제1 전달전력 커패시터에 충전된 제1 충전전압을 조절하기 위한 제3 스위치를 스위칭하는 제2 레벨시프터부, 상기 제1 충전전압을 일정 크기의 저전압 레벨인 제1 분배전압으로 샘플링하기 위한 제4 스위치를 스위칭하는 제1 전압분배기 및 상기 적어도 하나의 제2 스위치에 연결된 제1 개방전압 커패시터에 전하 공유된 제2 충전전압을 제2 분배전압으로 샘플링하기 위한 제4 스위치를 스위칭하는 제2 전압분배기를 포함한다.

[0011] 실시예에 있어서, 상기 제1 입력 스위치 연결부는, 상기 제1 및 제2 분배전압을 비교하고, 상기 제1 및 제2 분배전압 간의 차이에 기초하여, 제1 인에이블 신호를 출력하는 비교기를 포함한다.

[0012] 실시예에 있어서, 상기 제1 게이트 드라이버부는, 상기 제1 직류전압이 임계전압을 초과하는 경우, 상기 제1 직류전압을 상기 한쌍의 제3 스위치의 게이트측으로 전달하는 제1 다이오드, 상기 제1 다이오드에 대하여 직렬로 연결된 제1 게이트 커패시터 및 상기 제1 다이오드에 대하여 병렬로 각각 연결된 제1 전류원과 기생 다이오드를 포함한다.

[0013] 실시예에 있어서, 상기 제2 입력 스위치 연결부는, 상기 직류-직류 변환부와 상기 교류-직류 변환부를 전기적으로 연결하기 위한 제5 스위치를 스위칭하는 제3 레벨시프터부, 상기 개방전압을 샘플링하기 위한 제6 스위치를 스위칭하는 제2 게이트 드라이버부, 상기 제5 스위치를 통해 연결된 제2 전달전력 커패시터에 충전된 제2 충전전압을 조절하기 위한 제7 스위치를 스위칭하는 제4 레벨시프터부, 상기 제3 충전전압을 일정 크기의 저전압 레벨인 제3 분배전압으로 샘플링하기 위한 제8 스위치를 스위칭하는 제1 전압분배기 및 상기 적어도 하나의 제2 스위치에 연결된 제1 개방전압 커패시터에 전하 공유된 제4 충전전압을 제4 분배전압으로 샘플링하기 위한 제4

스위치를 스위칭하는 제2 전압분배기를 포함한다.

- [0014] 실시예에 있어서, 상기 제2 입력 스위치 연결부는, 상기 제3 및 제4 분배전압을 비교하고, 상기 제3 및 제4 분배전압 간의 차이에 기초하여, 제2 인에이블 신호를 출력하는 비교기를 포함한다.
- [0015] 실시예에 있어서, 상기 제2 게이트 드라이버부는, 상기 제2 직류전압이 임계전압을 초과하는 경우, 상기 제2 직류전압을 상기 제7 스위치의 게이트측으로 전달하는 제3 다이오드 및 상기 제3 다이오드에 대하여 직렬로 연결되고, 상기 제2 직류전압에 기초하여, 게이트 전압을 충전하는 제2 게이트 커패시터를 포함한다.
- [0016] 실시예에 있어서, 상기 교류전압의 음전압, 상기 제1 및 제2 직류전압 및 상기 개방전압에 기초하여, 상기 입력 스위치 연결부를 구동시키는 타이밍 콘트롤러부를 더 포함한다.
- [0017] 실시예에 있어서, 상기 타이밍 콘트롤러부는, 상기 교류전압의 음전압, 상기 제1 및 제2 직류전압 및 상기 개방전압을 저 전압 레벨의 타이밍 구동전압들로 변환하는 적어도 하나 이상의 저전압 생성기, 상기 타이밍 구동전압들에 기초하여, 상기 제1 및 제2 입력 스위치 연결회로를 구동시키기 위한 제1 및 제2 타이밍 구동신호를 생성하는 제1 및 제2 저전압 비교기 및 상기 교류전압의 음전압과 접지전압을 비교하는 사이클 비교기와 상기 사이클 비교기의 비교 횟수를 카운팅하는 N 비트 카운터를 포함하는 사이클 카운터를 포함한다.
- [0018] 실시예에 있어서, 상기 입력 스위치 연결부로부터 출력받는 제1 및 제2 인에이블 신호에 기초하여, 상기 직류-직류 변환부의 제1 내지 제6 전력전달 스위치를 스위칭하는 제어회로부를 더 포함한다.
- [0019] 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제4 전력전달 스위치는 PMOS 트랜지스터이고, 상기 제2, 제3, 제5 및 제6 전력전달 스위치는 NMOS 트랜지스터이다.
- [0020] 실시예에 있어서, 상기 제어회로부는, 상기 인덕터에 흐르는 제로 전류를 감지하는 제로 전류 감지회로, 상기 제1 및 제2 인에이블 신호, 상기 제로 전류 및 클럭 신호에 기초하여, 제1 내지 제6 변환전압을 생성하는 직류-직류 변환기 제어회로, 상기 제1 변환전압에 기초하여 상기 제1 전력전달 스위치를 스위칭하기 위한 제1 제어전압(VPH)을 생성하고, 상기 제4 변환전압에 기초하여 상기 제4 전력전달 스위치를 스위칭하기 위한 제4 제어전압을 생성하는 제1 및 제2 구동회로 레벨시프터 및 상기 제1 변환전압과 상기 제6 변환전압에 기초하여, 제6 제어전압을 생성하고, 상기 제4 변환전압과 상기 제3 변환전압에 기초하여, 제3 제어전압(VPO)을 생성하는 제1 및 제2 전압 더블러/논리 회로를 포함한다.
- [0021] 실시예에 있어서, 상기 제어회로부는, 상기 제1 및 제2 인에이블 신호가 (1,0)인 경우, 상기 직류-직류 변환부의 제1 전달 커패시터에 충전된 상기 제1 입력전압을 제1 경로를 통해 출력단으로 출력시키고, 상기 제1 경로는, 상기 제1 입력전압이 상기 제1 전달 커패시터로부터 상기 제1 전력전달 스위치, 상기 인덕터 및 상기 제6 전력전달 스위치를 통해 상기 출력단으로 통과하는 경로이다.
- [0022] 실시예에 있어서, 상기 제어회로부는, 상기 제1 및 제2 인에이블 신호가 (0,1)인 경우, 상기 직류-직류 변환부의 제2 전달 커패시터에 충전된 상기 제2 입력전압을 제2 경로를 통해 상기 출력단으로 출력시키고, 상기 제2 경로는, 상기 제2 입력전압이 상기 제2 전달 커패시터로부터 상기 제4 전력전달 스위치, 상기 인덕터(L) 및 상기 제6 전력전달 스위치를 통해 상기 출력단으로 통과하는 경로이다.
- [0023] 실시예에 있어서, 상기 제1 및 제2 직류전압에 기초하여, 초기 동작 시 상기 출력단으로 출력전압을 직접적으로 출력하는 직접 충전부를 더 포함한다.
- [0024] 실시예에 있어서, 상기 직접 충전부는, 상기 제2 직류전압과 제1 및 제2 기준전압을 비교하여, 제1 및 제2 직접충전 비교신호를 출력하는 직접충전 제어회로부, 상기 제1 및 제2 직접충전 비교신호에 기초하여, 상기 제1 직류전압을 전달하는 직접충전 래치회로부 및 상기 직접충전 래치회로부로부터 상기 제1 직류전압을 전달받고, 상기 제1 직류전압의 크기에 따라, 상기 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 상기 출력단으로 직접 출력하는 직접충전 다이오드회로부를 포함한다.
- [0025] 본 출원의 일 실시예에 따른 에너지 하베스팅 시스템의 동작 방법으로서, 교류-직류 변환부가 전력원으로부터 전달받는 한쌍의 교류전압을 제1 및 제2 직류전압으로 변환하는 단계, 직류-직류 변환부가 상기 제1 및 제2 직류전압을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터를 통해 출력단으로 출력하는 단계, 입력 스위치 연결부가 상기 인덕터로 전달되는 한쌍의 전력전달 커패시터에 충전된 제1 및 제2 입력전압 중 어느 하나의 입력전압을 결정하는 단계, 최대 전력점 추적회로부가 상기 전력원의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성하는 단계 및 상기 입력 스위치 연결부가 일정 주기마다 상기 교류-직류 변환부를 상기 직류-직류 변환

부와 상기 최대 전력점 추적회로부에 교대로 스위칭하여 연결하는 단계를 포함하고, 상기 최대 전력점 추적회로부는, 상기 입력 스위치 연결부와 시스템 온-칩으로 형성된다.

[0026] 실시예에 있어서, 제어회로부가 상기 입력 스위치 연결부로부터 출력받는 제1 및 제2 인에이블 신호에 기초하여, 상기 직류-직류 변환부의 제1 내지 제6 전력전달 스위치를 스위칭하는 단계 및 직접 충전부가 상기 제1 및 제2 직류전압에 기초하여, 초기 동작 시 상기 출력단으로 출력전압을 직접적으로 출력하는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

[0027] 본 출원의 실시예에 따른 에너지 하베스팅 시스템은, 최대 전력점 전압을 추적할 수 있는 동시에, 단일 인덕터에 한쌍의 입력전압을 출력단에 효율적으로 전달할 수 있다.

[0028] 또한, 직류-직류 변환부와 최대 전력점 추적회로부를 시스템 온-칩으로 구현하여, PCB 면적 및 제작 단가를 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 출원의 실시예에 따른 에너지 하베스팅 시스템의 블록도이다.

도 2는 일 실시예에 따른 도 1의 최대 전력점 추적회로부가 시스템 온-칩으로 구현된 제1 입력 스위치 연결회로를 구체적으로 보여주는 도이다.

도 3은 다른 실시예에 따른 도 1의 최대 전력점 추적회로부가 시스템 온-칩으로 구현된 제2 입력 스위치 연결부를 구체적으로 보여주는 도이다.

도 4는 도 3의 타이밍 콘트롤러부를 구체적으로 보여주는 블록도이다.

도 5(A) 내지 도 5(C)는 도 4의 제1 내지 제3 저전압 생성기에 대한 실시 예이다.

도 6은 도 1의 에너지 하베스팅 시스템을 구체적으로 보여주는 회로도이다.

도 7은 도 6의 제어회로부와 직류-직류 변환부 사이의 연결 예를 보여주는 도이다.

도 8은 도 7의 제어회로부의 제어전압에 따른 직류-직류 변환부의 동작 예이다.

도 9(A) 내지 도 9(C)는 일 실시예에 따른 도 6의 제어회로부의 제1 동작 타이밍을 나타내는 실시 예이다.

도 10은 다른 실시예에 따른 도 6의 제어회로부의 제2 동작 타이밍을 나타내는 실시 예이다.

도 11은 도 6의 직접충전부의 블록도이다.

도 12는 도 11의 직접충전 제어회로부를 구체적으로 보여주는 회로도이다.

도 13은 도 11의 래치회로부를 구체적으로 보여주는 회로도이다.

도 14는 도 11의 다이오드 회로부를 구체적으로 보여주는 회로도이다.

도 15는 도 1의 에너지 하베스팅 시스템의 동작 프로세스이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 명세서에 개시되어 있는 본 출원의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 출원의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 출원의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0031] 본 출원의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 출원의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 출원의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0032] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 출원의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수

있고, 유사하게 제2구성요소는 제1구성요소로도 명명될 수 있다.

- [0033] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0034] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 출원을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0035] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 출원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0036] 도 1은 본 출원의 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 시스템(1000)의 블록도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 에너지 하베스팅 시스템(1000)은 교류-직류 변환부(100), 직류-직류 변환부(200), 입력 스위치 연결부(300) 및 최대 전력점 추적회로부(400)를 포함할 수 있다.
- [0038] 먼저, 교류-직류 변환부(100)는 전력원(11)으로부터 양(+)전압과 음(-)전압을 포함하는 한쌍의 교류전압(V_p , V_m)을 전달받을 수 있다. 여기서, 전력원(11)은 마찰전기를 발생하는 전력원으로, 두 물질 사이에서 발생하는 마찰을 필름형태의 적층구조로 형성된 센서노드를 통해 수집할 수 있다.
- [0039] 또한, 교류-직류 변환부(100)는 한쌍의 교류전압(V_p , V_m)을 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})으로 변환할 수 있다. 여기서, 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})은 서로 다른 크기의 절대값을 가지고, 제1 직류전압(V_{RECT_P})은 양(+)전압이고, 제2 직류전압(V_{RECT_M})은 음(-)전압일 수 있다. 예를 들면, 전력원(11)은 절대값이 서로 다른 한쌍의 교류전압(V_p , V_m)을 발생할 수 있다.
- [0040] 다음으로, 직류-직류 변환부(200)는 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터(L)를 통해 출력단(201)으로 부하전력을 출력할 수 있다.
- [0041] 다음으로, 입력 스위치 연결부(300)는 출력단(201)으로 전달되기 위한 한쌍의 전달전력 커패시터(C_{IN_M} , C_{IN_P})에 충전된 제1 및 제2 입력전압(V_{DCDC_P} , V_{DCDC_M}) 중 어느 하나의 입력전압을 결정할 수 있다.
- [0042] 다음으로, 최대 전력점 추적회로부(400)는 입력 스위치 연결부(300)에 시스템 온-칩으로 형성되고, 전력원(11)의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성할 수 있다. 이에 따라, 입력 스위치 연결부(300)에 시스템 온-칩으로 형성되는 최대 전력점 추적회로부(400)는 종래의 이중 입력 고전압용 이중입력 직류-직류 변환기에 비해, PCB 면적 및 제작 단가를 감소시킬 수 있다.
- [0043] 본 출원의 실시예에 있어서, 입력 스위치 연결부(300)는 교류-직류 변환부(100)를 일정 주기마다 직류-직류 변환부(200)와 최대 전력점 추적회로부(400)에 교대로 스위칭하여 연결시킬 수 있다. 구체적으로, 입력 스위치 연결부(300)는 제1 및 제2 입력 스위치 연결회로(310, 320)를 포함하고, 제1 입력 스위치 연결회로(310)는 교류-직류 변환부(100)로부터 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 전달받고, 제2 입력 스위치 연결회로(320)는 교류-직류 변환부(100)로부터 제2 직류전압(V_{RECT_M})을 전달받을 수 있다.
- [0044] 또한, 교류-직류 변환부(100)가 직류-직류 변환부(200)와 최대 전력점 추적회로부(400)에 교대로 연결됨에 따라, 입력 스위치 연결부(300)는 제1 및 제2 입력전압(V_{DCDC_P} , V_{DCDC_M})과 최대 전력점 전압(V_{MPP})을 비교할 수 있

다. 이때, 입력 스위치 연결부(300)는 상기 비교 결과에 기초하여, 출력단(201)으로 전달되는 제1 및 제2 입력 전압(V_{DCC_P} , V_{DCC_M}) 중 하나의 입력전압을 결정할 수 있다.

[0045] 즉, 에너지 하베스팅 시스템(1000)은 입력 스위치 연결부(300)에 의해 교류-직류 변환부(100)에 연결되는 최대 전력점 추적회로부(400)를 통해 주기적으로 전력원(11)의 최대 전력점 전압을 추적할 수 있는 동시에, 제1 및 제2 입력전압(V_{DCC_P} , V_{DCC_M}) 중 하나의 입력전압을 출력단(201)으로 전달할 수 있다. 이에 따라, 에너지 하베스팅 시스템(1000)은 보다 높은 전력을 출력단(11)에 효율적으로 전달시킬 수 있는 효과를 가진다.

[0046] 도 2는 일 실시예에 따른 도 1의 최대 전력점 추적회로부(400)가 시스템 온-칩으로 구현된 제1 입력 스위치 연결회로(310)를 구체적으로 보여주는 도이다.

[0047] 도 1과 도 2를 참조하면, 최대 전력점 추적회로부(400)가 온-칩으로 구현된 제1 입력 스위치 연결회로(310)는 제1 레벨시프터부(411), 제1 게이트 드라이버부(413), 제2 레벨시프터부(415), 제1 및 제2 전압분배부(417, 418) 및 제1 입력 스위치 비교기(311)를 포함할 수 있다.

[0048] 먼저, 제1 레벨시프터부(411)는 직류-직류 변환부(200)와 교류-직류 변환부(100)를 전기적으로 연결하기 위한 제1 스위치(M_{N1})를 스위칭시킬 수 있다. 즉, 제1 레벨시프터부(411)는 교류-직류 변환부(100)로부터 전달받는 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 제1 전달전력 커패시터(C_{IN_M})에 충전시킬 수 있다.

[0049] 다음으로, 제1 게이트 드라이버부(413)는 전력원(11)의 개방전압을 일정 전압 크기로 조절하기 위한 한쌍의 제2 스위치(M_{P1} , M_{P2})를 스위칭시킬 수 있다.

[0050] 실시예에 따른 제1 게이트 드라이버부(413)는 제1 다이오드($D1$), 제1 게이트 커패시터(C_{GATE_1}), 전류원(I_{BIAS}) 및 기생 다이오드(D_{BODY})를 포함할 수 있다. 구체적으로, 제1 직류전압(V_{RECT_M})이 임계전압을 초과하는 경우, 제1 다이오드($D1$)는 제1 직류전압(V_{RECT_M})을 한쌍의 제3 스위치(M_{P1} , M_{P2})의 게이트로 전달할 수 있다. 이때, 제1 게이트 커패시터(C_{GATE_1})는 제1 다이오드($D1$)에 대하여 직렬로 연결되고, 전류원(I_{BIAS})과 기생 다이오드(D_{BODY})는 제1 다이오드($D1$)에 대하여 병렬로 연결될 수 있다.

[0051] 다음으로, 제2 레벨시프터부(415)는 제1 전달전력 커패시터(C_{IN_M})에 충전된 제1 충전전압(V_{NM})을 일정 전압 크기로 조절하기 위한 제3 스위치(M_{P3})를 스위칭시킬 수 있다. 여기서, 제1 전달전력 커패시터(C_{IN_M})는 제1 직류전압에 따라, 제1 스위치(M_{N1})를 통해 제1 충전전압(V_{NM})을 충전할 수 있다.

[0052] 다음으로, 제1 전압분배부(417)는 제2 레벨시프터부(415)를 통해 일정 전압 크기로 조절된 제1 충전전압(V_{NM})을 일정 크기의 저전압 레벨인 제1 분배전압($V_{\text{INP_DIV}}$)으로 샘플링하기 위한 제4 스위치(M_{N2})를 스위칭시킬 수 있다. 본 출원에서 샘플링이라함은 전압 분배를 의미할 수 있다.

[0053] 다음으로, 제2 전압분배부(418)는 제1 개방전압 커패시터(C_{OCP})에 충전된 제2 충전전압(V_{OCP})을 일정 크기의 저전압 레벨인 제2 분배전압($V_{\text{OCP_DIV}}$)으로 샘플링하기 위한 제4 스위치(M_{N3})를 스위칭시킬 수 있다. 여기서, 제1 개방전압 커패시터(C_{OCP})는 한쌍의 제3 스위치(M_{P1} , M_{P2})를 통해 교류-직류 변환부(100)에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0054] 이후, 제1 입력 스위치 비교기(311)는 제1 분배전압($V_{\text{INP_DIV}}$)과 제2 분배전압($V_{\text{OCP_DIV}}$) 간의 차이를 비교하고, 제1 분배전압($V_{\text{INP_DIV}}$)과 제2 분배전압($V_{\text{OCP_DIV}}$) 간의 전압차에 기초하여, 제1 인에이블 신호($\phi 1$)를 출력할 수 있다. 여기서, 제1 인에이블 신호($\phi 1$)는 제1 입력 전압이 최대 전력점 전압보다 높은 상태인지 아닌지를 나타내는 신호일 수 있다.

[0055] 도 3은 다른 실시예에 따른 도 1의 최대 전력점 추적회로부(400)가 시스템 온-칩으로 구현된 제2 입력 스위치 연결부(320)를 구체적으로 보여주는 도이다.

[0056] 도 1과 도 3을 참조하면, 최대 전력점 추적회로부(400)가 온-칩으로 구현된 제2 입력 스위치 연결회로(320)는 제3 레벨시프터부(421), 제2 게이트 드라이버부(423), 제4 레벨시프터부(425), 제3 및 제4 전압분배부(427, 428) 및 제2 비교기(321)를 포함할 수 있다.

- [0057] 구체적으로, 제3 레벨시프터부(421)는 직류-직류 변환부(200)와 교류-직류 변환부(100)를 전기적으로 연결하기 위한 제5 스위치(M_{N1})를 스위칭시킬 수 있다. 즉, 제3 레벨시프터부(421)는 교류-직류 변환부(100)로부터 전달받는 제2 직류전압(V_{RECT_M})을 제2 전달전력 커패시터(C_{INM})에 충전시킬 수 있다.
- [0058] 다음으로, 제2 게이트 드라이버부(423)는 전력원(11)의 개방전압을 일정 전압 크기로 조절하기 위한 제6 스위치(M_{P1})를 스위칭시킬 수 있다. 여기서, 제6 스위치(M_{P1})는 일정 크기보다 작은 음의 전극을 차단하기 위한 제3 다이오드(D2)가 병렬로 연결될 수 있다.
- [0059] 실시예에 따라, 제2 게이트 드라이버부(423)는 제3 다이오드(D3) 및 제2 게이트 커패시터(C_{GATE2})를 포함할 수 있다. 구체적으로, 제2 직류전압(V_{RECT_M})이 임계전압을 초과한 경우, 제3 다이오드(D3)는 제2 직류전압(V_{RECT_M})을 제2 게이트 커패시터(C_{GATE2})로 전달하여, 제2 게이트 커패시터(C_{GATE2})에 게이트 전압(V_{GATE_M})을 충전시킬 수 있다. 여기서, 제6 스위치(M_{P1})는 게이트 전압(V_{GATE_M})에 기초하여, 교류-직류 변환부(100)로부터 전달받는 제2 직류전압(V_{RECT_M})을 제4 전압분배부(328)로 전달할 수 있다.
- [0060] 다음으로, 제4 레벨시프터부(425)는 제2 전달전력 커패시터(C_{IN_P})에 충전된 제3 충전전압(V_{NM_M})을 일정 전압 크기로 조절하기 위한 제7 스위치(M_{P3})를 스위칭시킬 수 있다. 여기서, 제2 전달전력 커패시터(C_{IN_M})는 제2 직류전압(V_{RECT_M})에 따라, 제5 스위치(M_{N1})를 통해 제3 충전전압(V_{NM_M})을 충전할 수 있다.
- [0061] 다음으로, 제3 전압분배부(427)는 제4 레벨시프터부(425)를 통해 일정 전압 크기로 조절된 제3 충전전압(V_{NM_M})을 일정 크기의 저전압 레벨인 제3 분배전압(V_{INPDIV_M})으로 샘플링하기 위한 제7 스위치(M_{N2})를 스위칭시킬 수 있다.
- [0062] 다음으로, 제4 전압분배부(428)는 제2 개방전압 커패시터(C_{OCM})에 충전된 제4 충전전압(V_{OCM})을 일정 크기의 저전압 레벨인 제4 분배전압(V_{OCP_DIV})으로 샘플링하기 위한 제8 스위치(M_{N3})를 스위칭시킬 수 있다. 여기서, 제2 개방전압 커패시터(C_{OCP})는 하나의 제6 스위치(M_{P1})를 통해 교류-직류 변환부(100)에 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0063] 이후, 제2 입력 스위치 비교기(329)는 제3 분배전압(V_{INM_DIV})과 제4 분배전압(V_{OCM_DIV}) 간의 차이를 비교하고, 제3 분배전압(V_{INM_DIV})과 제4 분배전압(V_{OCM_DIV}) 간의 전압차에 기초하여, 제2 인에이블 신호($\phi 2$)를 출력할 수 있다. 여기서, 제2 인에이블 신호($\phi 2$)는 제2 입력 전압이 최대 전력점 전압보다 높은 상태인지 아닌지를 나타내는 신호일 수 있다.
- [0064] 이하, 도 4와 도 5를 참조하여, 타이밍 컨트롤러부(500)에 대해 보다 구체적으로 설명될 것이다.
- [0065] 도 4는 도 3의 타이밍 컨트롤러부(500)를 구체적으로 보여주는 블록도이고, 도 5(A) 내지 도 5(C)는 도 4의 제1 내지 제3 저전압 생성기(511~513)에 대한 실시 예이다.
- [0066] 도 3과 도 4를 참조하면, 타이밍 컨트롤러부(500)는 제1 내지 제3 저전압 생성기(511~513), 제1 및 제2 저전압 비교기(521, 522) 및 카운터(530)를 포함할 수 있다.
- [0067] 먼저, 제1 내지 제3 저전압 생성기(511~513)는 제1 직류전압(V_{RECT_P}), 제2 충전전압(V_{OCP}), 제2 직류전압(V_{RECT_M}) 및 교류전압의 음전압(V_M)을 일정 크기의 저전압 레벨의 타이밍 구동전압들(V_{OCP_LV} , V_{RECTP_LV} , $V_{RECTMLV}$, V_{MLV})로 변환할 수 있다.
- [0068] 구체적으로, 도 5A에 도시된 바와 같이, 제1 저전압 생성기(511)는 제1 직류전압(V_{RECT_P})과 제2 충전전압(V_{OCP})을 전달받아 일정 크기의 저전압 레벨의 제1 타이밍 구동전압들(V_{OCP_LV} , V_{RECTP_LV})으로 변환할 수 있다. 또한, 도 5B에 도시된 바와 같이, 제2 저전압 생성기(512)는 제2 직류전압(V_{RECT_M})을 전달받아, 일정 크기의 저전압 레벨의 제2 타이밍 구동전압들($V_{RECTMLV}$, V_{MLV})로 변환할 수 있다. 또한, 도 5C에 도시된 바와 같이, 제3 저전압 생성기(513)는 교류전압의 음전압(V_M)을 전달받아 일정 크기의 저전압 레벨로 변환할 수 있다.
- [0069] 다음으로, 제1 및 제2 저전압 비교기(521, 522)는 제1 및 제2 입력 스위치 연결회로(310, 320)를 구동시키기 위한 제1 타이밍 구동신호(ENP, DIVP)와 제2 타이밍 구동신호(ENM, DIVM, OC_START)를 생성할 수 있다.

- [0070] 구체적으로, 제1 저전압 비교기(521)는 제1 저전압 생성기(511)를 통해 저전압 레벨로 변환된 제1 직류전압($V_{RECT_P_LV}$)과 제2 충전전압(V_{CP_LV})의 크기를 비교할 수 있다. 또한, 제1 저전압 비교기(521)는 비교 결과에 기초하여, 제1 구동신호(ENP, DIVP)를 제1 및 제2 전압분배부(317, 318)로 출력할 수 있다.
- [0071] 다음으로, 제2 저전압 비교기(522)는 제2 저전압 생성기(512)를 통해 저전압 레벨로 변환된 제2 직류전압($V_{RECT_M_LV}$)과 제3 저전압 생성기(513)를 통해 저전압 레벨로 변환된 교류전압의 음전압(V_{M_LV})의 크기를 비교할 수 있다. 또한, 제2 저전압 비교기(522)는 비교 결과에 기초하여, 제2 구동신호(ENP, DIVP)를 제3 및 제4 전압분배부(427, 428)로 출력할 수 있다.
- [0072] 다음으로, 사이클 카운터(530)는 교류전압의 음전압(V_M)과 접지전압(V_{SS})를 비교하는 사이클 비교기(531)와 비교 횟수를 카운팅함에 따라 제3 구동신호(OC_START)를 제1 내지 제4 레벨시프터부(311, 315, 321, 325)로 출력하는 N 비트 카운터(533)를 포함할 수 있다.
- [0073] 도 6은 도 1의 에너지 하베스팅 시스템(1000)을 구체적으로 보여주는 회로도이고, 도 7은 도 6의 제어회로부(600)와 직류-직류 변환부(200) 사이의 연결 예를 보여주는 도이며, 도 8은 도 7의 제어회로부의 제어전압에 따른 직류-직류 변환부의 동작 예이고, 도 9(A) 내지 도 9(C)는 일 실시예에 따른 도 6의 제어회로부의 제1 동작 타이밍을 나타내는 실시 예이며, 도 10은 다른 실시예에 따른 도 6의 제어회로부의 제2 동작 타이밍을 나타내는 실시 예이다.
- [0074] 도 1 내지 도 7을 참조하면, 에너지 하베스팅 시스템(1000)은 교류-직류 변환부(100), 직류-직류 변환부(200), 입력 스위치 연결부(300), 최대 전력점 추적회로부(400) 제어회로부(600) 및 배터리충전부(700)를 포함할 수 있다. 이하, 도 1 내지 도 5에서 설명된 동일한 부재번호의 교류-직류 변환부(100), 직류-직류 변환부(200), 입력 스위치 연결부(300) 및 최대 전력점 추적회로부(400)에 대한 중복된 설명은 생략될 것이다.
- [0075] 먼저, 직류-직류 변환부(200)는 제1 내지 제6 전력전달 스위치(MPH, MPL, MPO, MMH, MHL, MMO)를 포함할 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 내지 제6 전력전달 스위치(MPH, MPL, MPO, MMH, MHL, MMO)는 제어회로부(600)로부터 게이트측으로 제1 내지 제6 제어전압(VPH, VPL, VPO, VMH, VML, VMO)을 전달받아 스위칭할 수 있다.
- [0076] 구체적으로, 제1 전력전달 스위치(MPH)는 제1 제어전압(VPH)에 기초하여 스위칭온되는 PMOS 트랜지스터일 수 있다. 다음으로, 제2 전력전달 스위치(MPL)는 제2 제어전압(VPL)에 기초하여 스위칭온되는 NMOS 트랜지스터일 수 있다. 다음으로, 제3 전력전달 스위치(MPO)는 제3 제어전압(VPO)에 기초하여 스위칭온되는 NMOS 트랜지스터일 수 있다.
- [0077] 또한, 제4 전력전달 스위치(MMH)는 제4 제어전압(VMH)에 기초하여 스위칭온되는 PMOS 트랜지스터일 수 있다. 다음으로, 제5 전력전달 스위치(MML)는 제5 제어전압(VHL)에 기초하여 스위칭온되는 NMOS 트랜지스터일 수 있다. 다음으로, 제6 전력전달 스위치(MMO)는 제6 제어전압(VMO)에 기초하여 스위칭온되는 NMOS 트랜지스터일 수 있다.
- [0078] 다음으로, 제어회로부(600)는 제로 전류 감지회로(610), 직류-직류 변환기 제어회로(620), 제1 및 제2 구동회로 레벨시프터(631, 632), 제1 및 제2 전압 더블러/논리 회로(641, 642)를 포함할 수 있다.
- [0079] 구체적으로, 제로 전류 감지회로(610)는 인덕터(L)의 양측(LX_P, LX_M)에 흐르는 제로 전류를 감지할 수 있다.
- [0080] 다음으로, 직류-직류 변환기 제어회로(610)는 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$), 클럭 신호(CK) 및 제로 전류에 기초하여, 제1 내지 제6 변환전압(VPHUB, VPLUB, VPOUB, VMHUB, VMLUB, VMOUB)을 생성할 수 있다. 이때, 직류-직류 변환기 제어회로(610)는 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$)와 클럭 신호(CK)를 출력받을 때, 제로 전류 감지회로(610)를 통해 감지된 제로전류를 출력받을 수 있다.
- [0081] 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 구동회로 레벨시프터(631)는 제1 변환전압(VPHUB)에 기초하여, 제1 제어전압(VPH)을 생성하고, 제2 구동회로 레벨시프터(632)는 제4 변환전압(VMHUB)에 기초하여, 제4 변환전압(VML)으로 생성할 수 있다.
- [0082] 다음으로, 제1 전압 더블러/논리 회로(641)는 제1 변환전압(VPHUB)과 제6 변환전압(VMOUB)에 기초하여, 제6 제어전압(VPO)을 생성할 수 있다. 또한, 제2 전압 더블러/논리 회로(642)는 제4 변환전압(VMHUB)과 제3 변환전압(VPOUB)에 기초하여, 제3 제어전압(VPO)을 생성할 수 있다.

- [0083] 실시예에 따른 제어회로부(600)는 제1 및 제2 입력 스위치 연결회로(310, 320)를 통해 출력받는 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$) 중 어느 하나에 기초하여, 클럭 신호(CK)에 따라 직류-직류 변환부(200)의 출력단으로 출력되는 출력전압(VOUT)을 조절할 수 있다.
- [0084] 구체적으로, 제어회로부(600)는 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$) 중 어느 하나에 기초하여, 제1 및 제2 구동회로 레벨시프터(611, 612), 제1 및 제2 전압 더블러/논리 회로(641, 642)를 통해, 제1 내지 제6 전력전달 스위치(MPH, MPL, MPO, MMH, MHL, MMO)를 스위칭하는 제1 내지 제6 제어전압(VPH, VPL, VPO, VMH, VML, VMO)을 출력할 수 있다.
- [0085] 예를 들면, 도 8(A)에 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$)가 (1,0)인 경우, 제어회로부(600)는 제1 전달 커패시터(C_{IN_P})에 충전된 제1 입력전압(V_{DCDC_P})을 제1 경로를 통해 출력단으로 출력시킬 수 있다. 여기서, 제1 경로는, 제1 입력전압(V_{DCDC_P})이 제1 전달 커패시터(C_{IN_P})로부터 제1 전력전달 스위치(MPH), 인덕터(L) 및 제6 전력전달 스위치(MML)를 통해 출력단으로 통과하는 경로일 수 있다.
- [0086] 예를 들면, 도 9(A) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 제어회로부(600)는 클럭 신호(CK)의 상승 엣지에 기준하여, 제1 내지 제6 제어전압(VPH, VPL, VPO, VMH, VML, VMO)인 (0, 0, 1, 1, 0, 0)의 값을 출력할 수 있다.
- [0087] 또한, 도 8(B)에 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$)가 (0,1)인 경우, 제어회로부(600)는 제2 전달 커패시터(C_{IN_M})에 충전된 제2 입력전압(V_{DCDC_M})을 제2 경로를 통해 출력단으로 출력시킬 수 있다. 여기서, 제2 경로는, 제2 전달 커패시터(C_{IN_M})로부터 제2 입력전압(V_{DCDC_M})이 제4 전력전달 스위치(MMH), 인덕터(L) 및 제6 전력전달 스위치(MMO)를 통해 출력단으로 통과하는 경로일 수 있다.
- [0088] 예를 들면, 도 9(B) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 제어회로부(600)는 클럭 신호(CK)의 하강 엣지에 기준하여, 제1 내지 제6 제어전압(VPH, VPL, VPO, VMH, VML, VMO)인 (1, 0, 0, 0, 1, 1)의 값을 출력할 수 있다.
- [0089] 이때, 제1 및 제2 인에이블 신호(ϕP , ϕM)가 (1,1)인 경우, 제어회로부(600)는 제1 경로를 통해 제1 입력전압(V_{DCDC_P})을 출력시키고, 일정 시간 이후, 제2 경로를 통해 제2 입력전압(V_{DCDC_M})을 출력시킬 수 있다. 예를 들면, 도 9(C) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 제어회로부(600)는 클럭 신호(CK)의 상승 엣지에 기준하여, 제1 내지 제6 제어전압(VPH, VPL, VPO, VMH, VML, VMO)인 (0, 0, 1, 1, 0, 0)의 값을 출력하고, 일정 시간 이후, 클럭 신호(CK)의 하강 엣지에 기준하여, 제1 내지 제6 제어전압(VPH, VPL, VPO, VMH, VML, VMO)인 (1, 0, 0, 0, 1, 1)의 값을 출력할 수 있다.
- [0090] 다음으로, 직접충전부(700)는 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})에 기초하여, 출력단으로 출력전압(V_{OUT})을 직접적으로 출력할 수 있다.
- [0091] 이하, 도 11을 참조하여, 직접충전부(700)에 대해 보다 구체적으로 설명될 것이다.
- [0092] 도 11은 도 6의 직접충전부(700)의 블록도이고, 도 12는 도 11의 직접충전 제어회로부(710)를 구체적으로 보여주는 회로도이고, 도 13은 도 11의 래치회로부(720)를 구체적으로 보여주는 회로도이며, 도 14는 도 11의 다이오드 회로부(730)를 구체적으로 보여주는 회로도이다.
- [0093] 도 6, 도 11 내지 도 14를 참조하면, 직접충전부(700)는 직접충전 제어회로부(710), 직접충전 래치회로부(720) 및 직접충전 다이오드회로부(730)를 포함할 수 있다.
- [0094] 먼저, 직접충전 제어회로부(710)는 제2 직류전압(V_{RECT_M})과 제1 및 제2 기준전압(V_{REF1} , V_{REF2})을 비교하여, 제1 및 제2 직접충전 비교신호(V_{G1} , V_{G2})를 직접충전 래치회로부(720)로 출력할 수 있다.
- [0095] 도 12에 도시된 바와 같이, 직접충전 제어회로부(710)는 직접충전 트랜지스터(M1), 제1 및 제2 직접충전 비교기(711, 713) 및 D 플립플롭부(715)를 포함할 수 있다. 여기서, 직접충전 트랜지스터(M1)는 게이트 전압(V_{STR})에 기초하여, 제2 직류전압(V_{RECT_M})과 드레인전압(V_{INIT})을 스위칭하여 연결하는 native MOSFET일 수 있다. 예를 들면, 드레인전압(V_{INIT})과 게이트 전압(V_{STR})이 초기 상태인 0V이고, 초기전압(V_{INIT})과 제2 직류전압(V_{RECT_M})이 상승하는 경우, 직접충전 트랜지스터(M1)의 드레인전압(V_{INIT})은 상승할 수 있다. 이때, 드레인전압(V_{INIT})은 제1 직접충전 비교기(711)의 입력전압으로 사용될 수 있다.
- [0096] 이어서, 제1 직접충전 비교기(711)는 드레인전압(V_{INIT})과 제1 기준전압(V_{REF1})을 비교하고, 제2 직접충전 비교기

(713)는 출력전압(V_{OUT})과 제2 기준전압(V_{REF2})을 비교할 수 있다.

- [0097] 이어서, D 플립플롭부(715)는 제1 직접충전 비교기(711)를 통해 출력받는 신호에 기초하여, 직접충전 래치회로부(720)로 출력되는 제1 및 제2 직접충전 비교신호(V_{G1} , V_{G2})를 변환시킬 수 있다. 예를 들면, 제1 직접충전 비교기(711)를 통해 출력받는 신호가 '0'에서 '1'로 바뀌는 경우, D 플립플롭부(715)는 제2 직접충전 비교신호(V_{G2})를 1로 변환시킬 수 있다.
- [0098] 다음으로, 직접충전 래치회로부(720)는 제1 및 제2 직접충전 비교신호($G1$, $G2$)에 기초하여, 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 직접충전 다이오드회로부(730)로 전달할 수 있다. 도 13에 도시된 바와 같이, 직접충전 래치회로부(720)는 제1 및 제2 직접충전 비교신호(V_{G1} , V_{G2})를 게이트측으로 연결받는 한쌍의 native MOSFET(721, 723)을 포함할 수 있다.
- [0099] 다음으로, 직접충전 다이오드회로부(730)는 직접충전 래치회로부(720)를 통해 전달받은 제1 직류전압(V_{RECT_P})의 크기에 따라, 출력단으로 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 출력할 수 있다. 도 14에 도시된 바와 같이, 제1 직류전압(V_{RECT_P})이 30V이상인 경우, 직접충전 래치회로부(720)를 통해 전달받은 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 출력함으로써, 높은 전압인 제1 직류전압(V_{RECT_P})을 직접 충전시킴으로써, 전력원(11)의 최대 전력점에 도달하는 시간을 줄일 수 있게 하는 효과가 있다.
- [0100] 도 15는 도 1의 에너지 하베스팅 시스템(1000)의 동작 프로세스이다.
- [0101] 도 1 내지 도 15를 참조하면, S110 단계에서, 교류-직류 변환부(110)는 전력원(11)으로부터 전달받는 한쌍의 교류전압(V_P , V_M)을 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})으로 변환할 수 있다.
- [0102] 실시예에 따라, 직접 충전부(700)는 초기 동작 시, 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})에 기초하여 직류-직류 변환부(120)의 출력단으로 출력전압(V_{OUT})을 직접적으로 출력할 수 있다.
- [0103] 그런 다음, S120 단계에서, 직류-직류 변환부(120)가 제1 및 제2 직류전압(V_{RECT_P} , V_{RECT_M})을 일정 크기 레벨로 조절하고, 하나의 인덕터(L)를 통해 출력단으로 전달할 수 있다.
- [0104] 그런 다음, S130 단계에서, 입력 스위치 연결부(300)는 인덕터(L)로 전달되는 한쌍의 전달전력 커패시터(C_{IN_M} , C_{IN_P})에 충전된 제1 및 제2 입력전압(V_{DCDC_P} , V_{DCDC_M}) 중 어느 하나의 입력전압을 결정할 수 있다.
- [0105] 이때, S140 단계에서, 최대 전력점 추적회로부(400)는 전력원(11)의 개방전압에 일정 퍼센트에 해당하는 최대 전력점 전압을 생성할 수 있다. 여기서, 최대 전력점 추적회로부(400)는 입력 스위치 연결부(300)와 시스템 온-칩으로 구현될 수 있다.
- [0106] 이후, S150 단계에서, 입력 스위치 연결부(300)는 일정 주기마다 교류-직류 변환부(100)를 직류-직류 변환부(200)와 최대 전력점 추적회로부(400)에 교대로 스위칭하여 연결할 수 있다.
- [0107] 실시예에 따라, 제어회로부(600)는 최대 전력점 추적회로부(400)를 통해 연결된 입력 스위치 연결부(300)로부터 출력받는 제1 및 제2 인에이블 신호($\phi 1$, $\phi 2$)에 기초하여, 직류-직류 변환부(120)의 제1 내지 제6 전력전달 스위치를 스위칭할 수 있다.
- [0109] 본 출원은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 출원의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0110] 11: 전력원
100: 교류-직류 변환부
200: 직류-직류 변환부

300: 입력 스위치 연결부

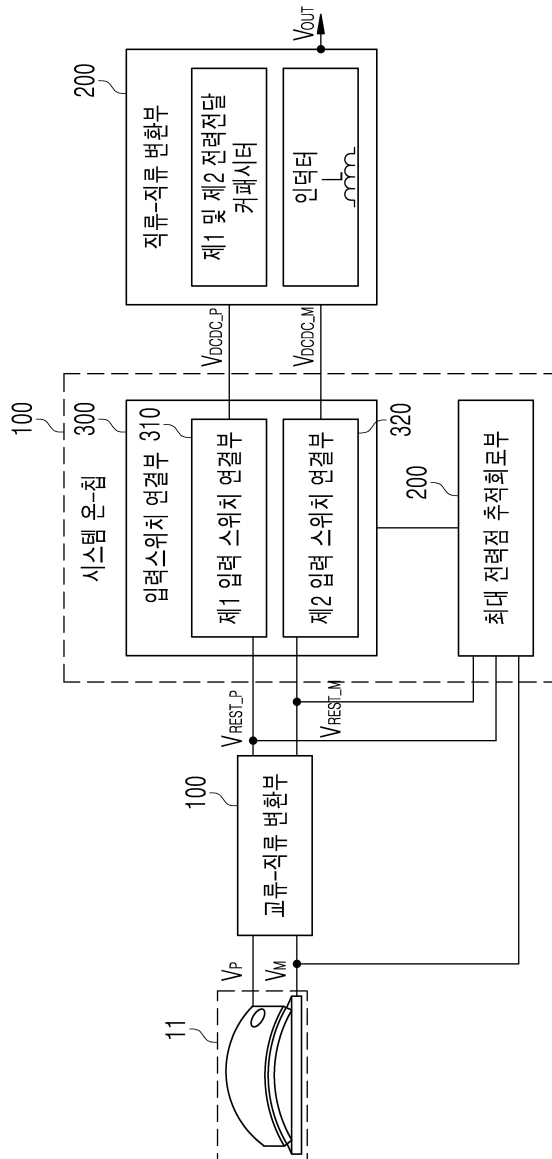
400: 최대 전력점 추적회로부

1000: 에너지 하베스팅 시스템

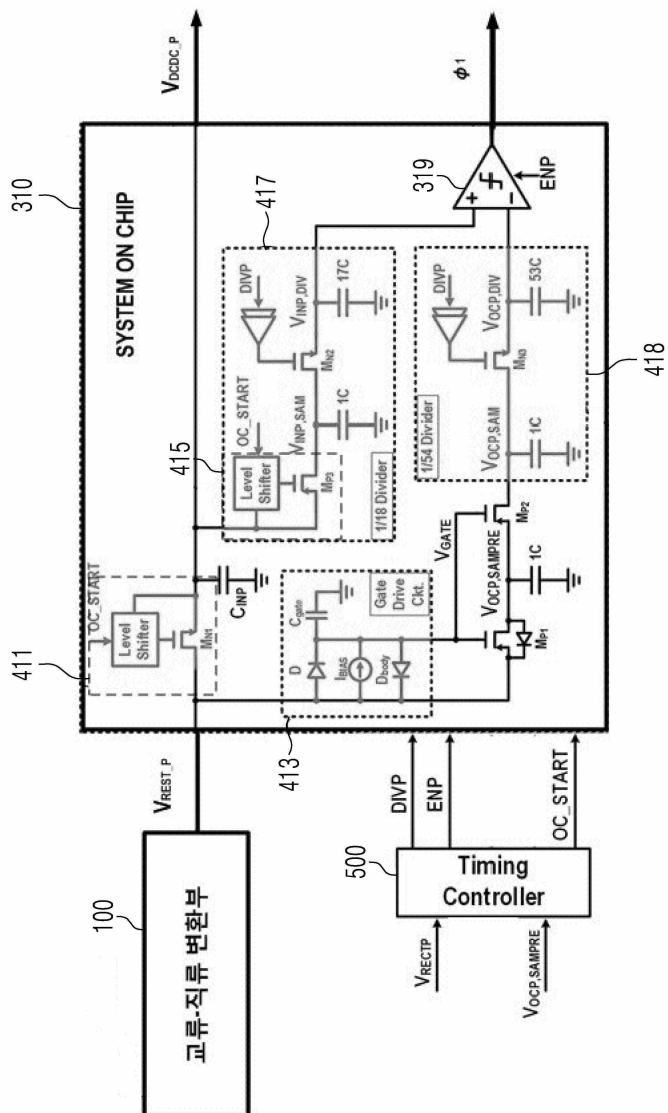
도면

도면1

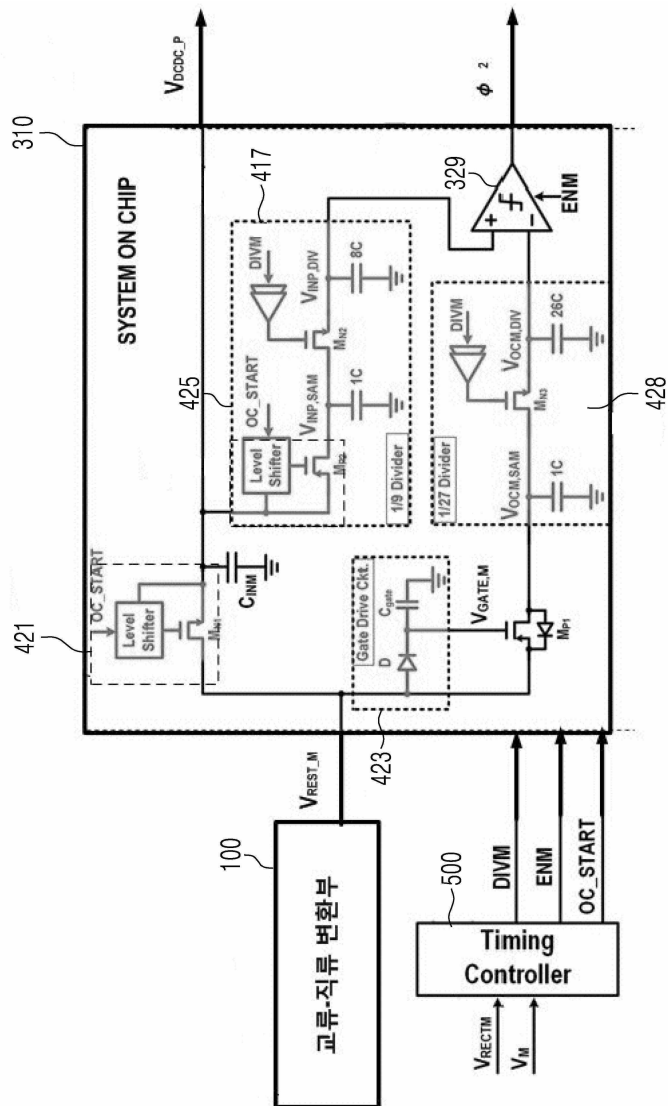
1000



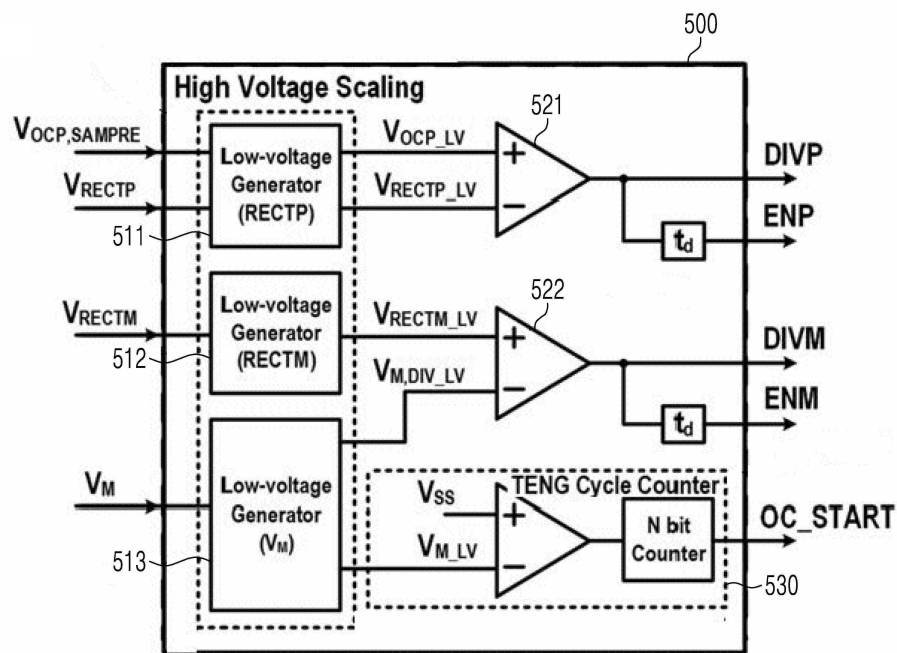
도면2



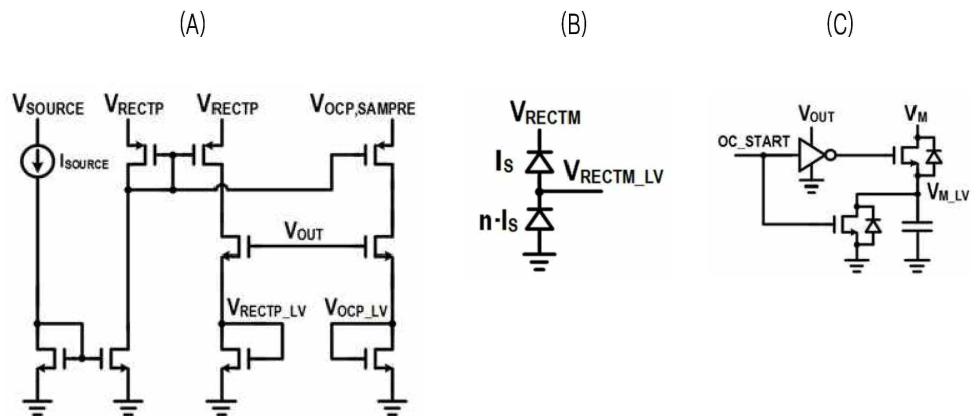
도면3



도면4

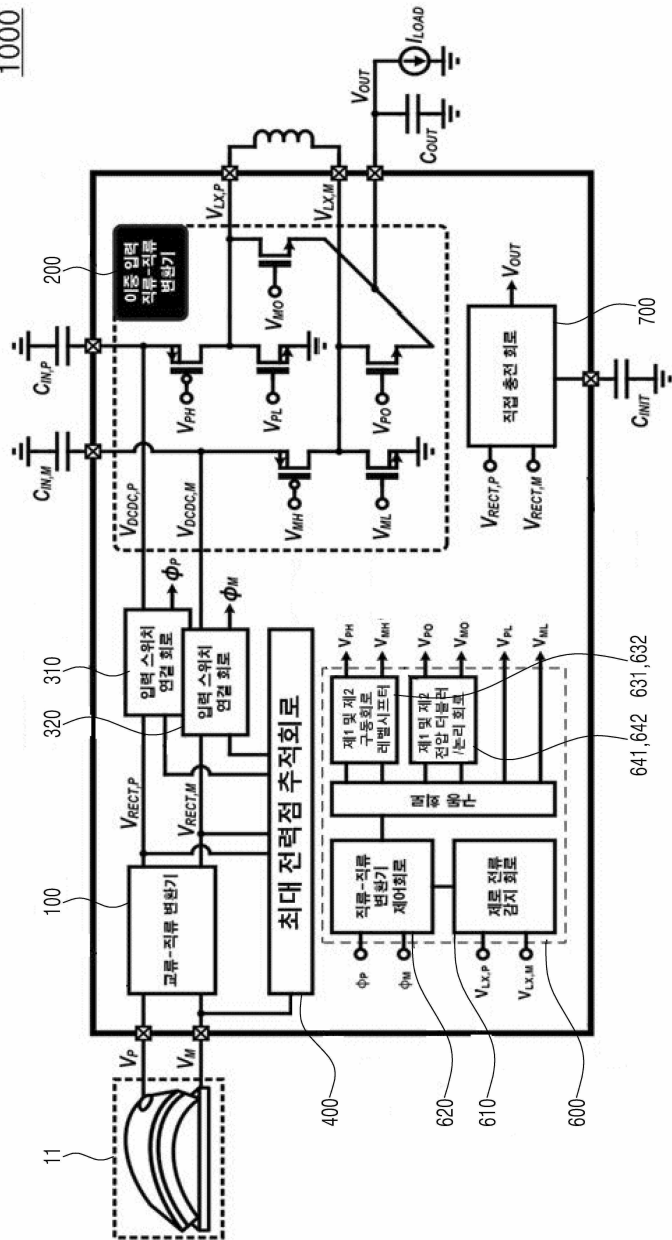


도면5

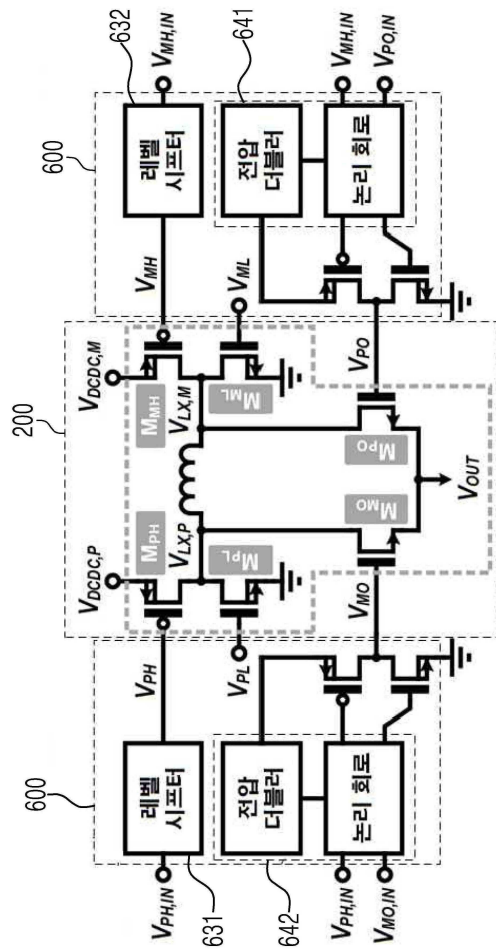


도면6

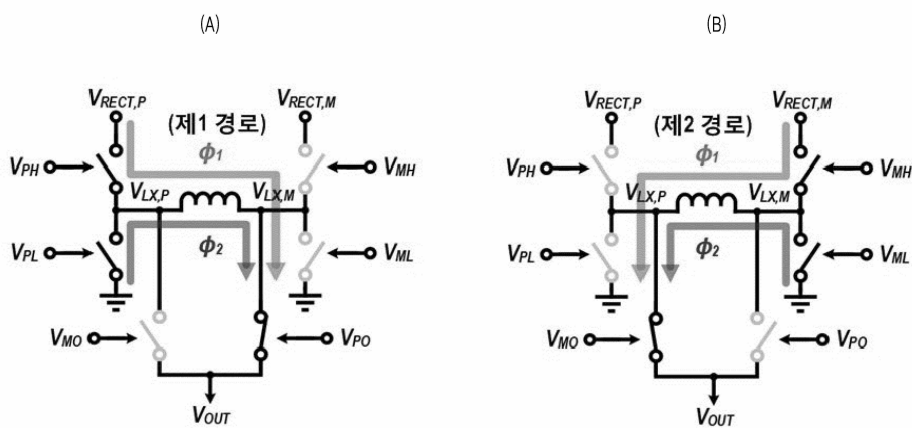
1000



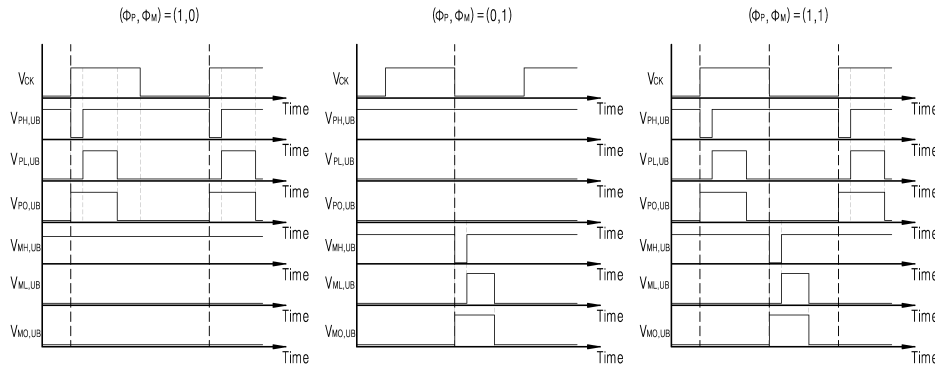
도면7



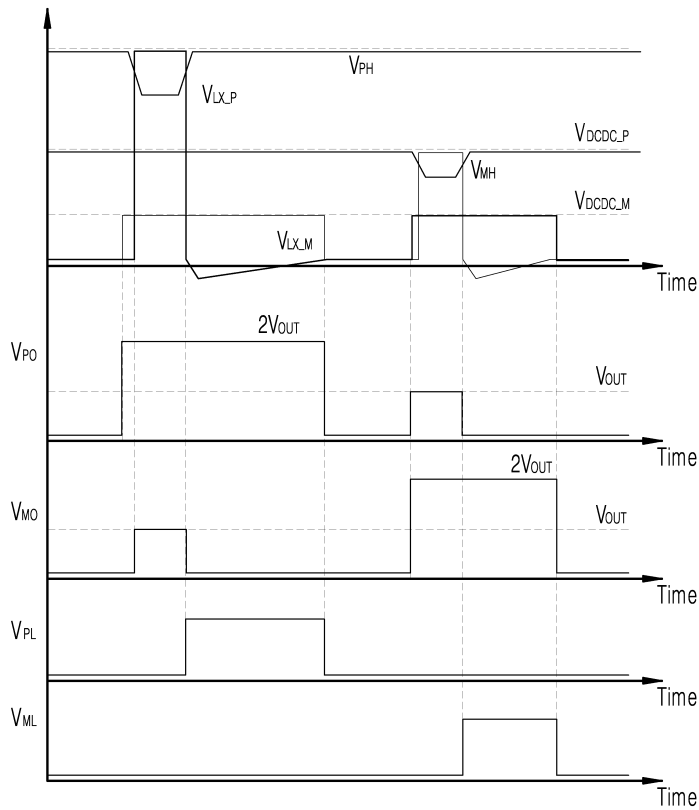
도면8



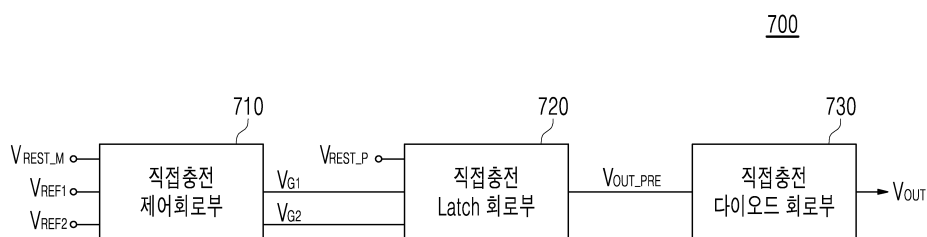
도면9



도면10

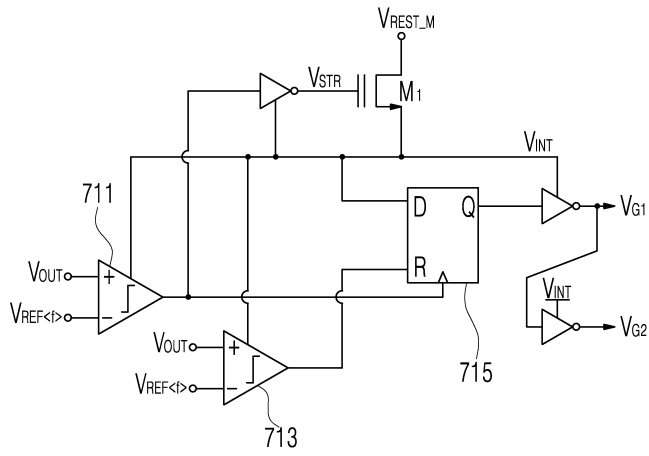


도면11



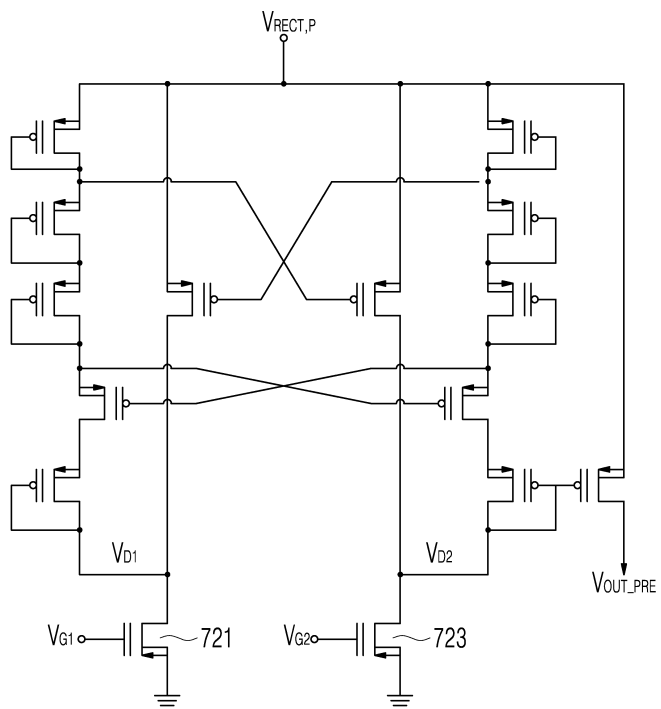
도면12

710

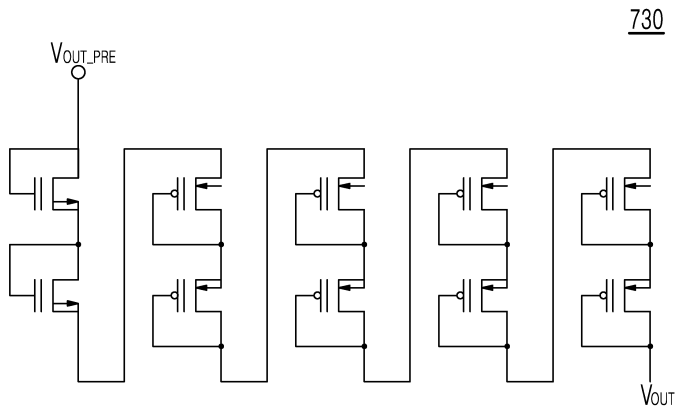


도면13

720



도면14



도면15

