(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월24일
(11) 등록번호 10-1982634
(24) 등록일자 2019년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01) *G05F 1/67* (2006.01)
H02H 9/04 (2006.01) *H02M 3/156* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
G05F 1/67 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0010871
(22) 출원일자 2018년01월29일
심사청구일자 2018년01월29일
(56) 선행기술조사문헌
Stefano Stanzione, ISSCC 2015/February/25 (2015.02.25. 공개)*
"High efficiency power management and charge boosting strategy for a triboelectric nanogenerator",Xiaoliang Cheng, Nano Energy 38 (2017) 438-446 (2017.06.08. 공개)
"Universal power management strategy for triboelectric nanogenerator", Fengben Xi, Nano Energy 37 (2017) 168-176 (2017.05.12. 공개)
"An Energy-Recycling Three-Switch Single-Inductor Dual-Input Buck/Boost DC-DC Converter with 93% Peak Conversion Efficiency... ",Hsuan-Ju Chen, ISSCC 2015/Feb./25 (2015.02.25. 공개)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김철우
서울특별시 강남구 선릉로 221, 401동 1003호
박인호
서울특별시 은평구 가좌로9길 14-9
(74) 대리인
심경식, 홍성욱

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 장성진

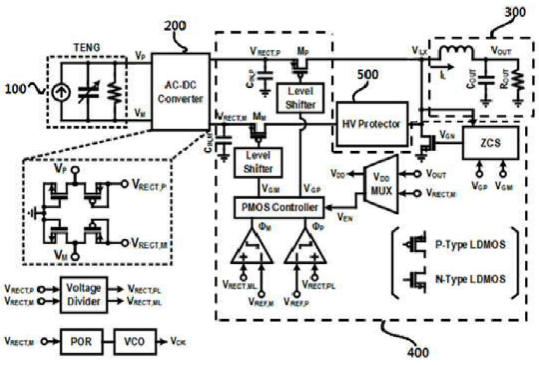
(54) 발명의 명칭 **고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치**

(57) 요 약

본 발명은 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 마찰전기 에너지 하베스팅 장치는 마찰전기를 전달하는 마찰전기 전력원, 상기 마찰전기 전원으로부터 전달된 두 개의 교류 전압을 두 개의 직류 전압으로 변환하는 교류-직류 변환부, 상기 교류-직류 변환부에서 변

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



환된 두 개의 직류 전압의 크기를 설정된 비율로 변환하는 직류-직류 변환부, 및 상기 직류-직류 변환부의 출력 전압과 상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압 크기에 기초하여, 상기 두 개의 직류 전압 중 양의 직류 전압 또는 음의 직류 전압 중 적어도 하나가 출력 단자로 전달되도록 제어하는 제어회로부를 포함한다. 본 발명에 의하면, 마찰전기 전력원의 양과 음의 전압 피크가 다른 교류 전압을 직류 전압으로 변환하여 각각 저장하고, 두 직류 전압을 최대 출력점을 검출하여 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기로 전달함으로써 고효율로 안정적인 전력을 공급할 수 있다.

(52) CPC특허분류
H02H 9/04 (2013.01)
H02M 3/156 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

마찰전기를 전달하는 마찰전기 전력원;

상기 마찰전기 전력원으로부터 전달된 두 개의 교류 전압을 두 개의 직류 전압으로 변환하는 교류-직류 변환부;

상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압의 크기를 설정된 비율로 변환하는 직류-직류 변환부;

상기 직류-직류 변환부의 출력 전압과 상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압 크기에 기초하여, 상기 두 개의 직류 전압 중 양의 직류 전압 또는 음의 직류 전압 중 적어도 하나가 출력 단자로 전달되도록 제어하는 제어회로부; 및

다수의 P형 LDMOS, 및 레벨 시프터(Level Shifter)를 포함하여 구성되는 고전압 보호부;

를 포함하는, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고전압 보호부는, 상기 두 개의 직류 전압에 따라 정격 전압을 만족시키면 각각의 P형 LDMOS를 온 상태에서 오프 상태로 전환하고, 상기 음의 직류 전압의 크기를 상기 정격 전압의 크기만큼 낮은 전압으로 다운시켜 상기 출력 단자로 전달하는, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어회로부는, 상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압을 서로 다른 커패시터에 각각 저장하고, 상기 두 개의 직류 전압의 최대출력점을 추적하여 상기 최대출력점에 대응하는 두 개의 직류 전압을 상기 직류-직류 변환부로 전달하는, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어회로부는, 상기 두 개의 직류 전압이 상기 교류-직류 변환부의 오픈 회로 전압의 설정된 퍼센트 전압에 대응하는 경우, 최대출력점으로 판단하여 상기 두 개의 직류 전압을 상기 직류-직류 변환부로 전달하는, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어회로부는, 출력 전압이 상기 음의 전압보다 커질 때까지 상기 양의 전압을 상기 출력 단자로 전달하고, 상기 출력 전압이 상기 음의 전압보다 커지면, 상기 음의 전압을 상기 출력 단자로 전달하는, 마찰전

기 에너지 하베스팅 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제어회로부는, 상기 직류-직류 변환부의 출력 전압과 상기 음의 직류 전압의 전압 크기에 기초하여 상기 음의 직류 전압을 상기 출력 단자로 전달할지 결정하는 인에이블 신호를 생성하는 먹스(MUX);

상기 먹스로부터 인에이블 신호를 수신한 경우, 상기 양의 직류 전압과 제1 기준전압을 비교하는 제1 비교기와 상기 음의 직류 전압과 제2 기준전압을 비교하는 제2 비교기; 및

상기 제1 비교기와 상기 제2 비교기의 출력값에 따라 상기 양의 직류 전압 또는 상기 음의 직류 전압을 상기 출력 단자로 전달할지 결정하는 스위칭부;

를 포함하여 구성되는, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마찰전기 에너지 하베스팅은 신체 등에서 발생하는 마찰로부터 전력을 수확할 수 있는 전력원으로, 양의 전압과 음의 전압의 최대치가 다른 마찰전기를 전력원으로 사용하여 전력을 수확하는 기술이다. 종래의 마찰전기 에너지 하베스팅 회로는 최대 전력점 추적 기술이 탑재되지 않아 나오는 순시 전력을 바탕으로 회로를 구동되는 범용적 직류-직류 변환기를 사용하거나, 양의 전압과 음의 전압의 최대치가 다른 마찰전기 전력원의 출력 특성을 반영하지 않는 교류-직류 변환기를 사용하여 낮은 전력 수확만이 가능했다.

[0003] 또한, 종래의 고전압용 직류-직류 변환기는 단일 입력용으로만 설계되어 왔고, 종래의 단일 입력 고전압용 직류-직류 변환기에 이중 입력을 적용할 경우, 고전압용 트랜지스터(LDMOS)가 높은 V_{DS}를 견디지만 V_{GS}는 일반적인 CMOS 정격 전압인 5볼트 이하 전압만 견딜 수 있기 때문에 트랜지스터가 10볼트 이상의 고전압에 의해 파괴되는 결과를 초래한다. 종래의 이중 입력 직류-직류 변환기는 일반적인 CMOS 정격 전압 내에서 설계가 되기 때문에 공정 자체의 특성상 고전압을 견딜 수 없다.

[0004] 따라서, 마찰전기 전력원의 최대 출력점을 추적하여 이를 이중 입력으로 사용하면서 에너지 하베스팅이 가능한 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 마찰전기의 이중 입력을 직류-직류 변환기를 사용하여 하베스팅하고, 최대 출력점 분석을 이용하여 전달 효율을 최대화하고, 트랜지스터를 보호를 위해 고전압 보호 회로를 구비한 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 에너지 하베스팅 장치는 마찰전기를 전달하는 마찰전기 전력원, 상기 마찰전기 전원으로부터 전달된 두 개의 교류 전압을 두 개의 직류 전압으로 변환하는 교류-직류 변환부, 상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압의 크기를 설정된 비율로 변환하는 직류-직류 변환부, 및 상기 직류-직류 변환부의 출력 전압과 상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압 크기에 기초하여, 상기 두 개의 직류 전압 중 양의 직류 전압 또는 음의 직류 전압 중 적어도 하나가 출력 단자로 전달되도록 제어하는 제어회로부를 포함한다.

[0007] 또한, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치는 다수의 P형 LDMOS, 및 레벨 시프터(Level Shifter)를 포함하여 구성되

는 고전압 보호부를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0008] 고전압 보호부는 상기 두 개의 직류 전압에 따라 정격 전압을 만족시키면 각각의 P형 LDMOS를 온 상태에서 오프 상태로 전환하고, 상기 음의 직류 전압의 크기를 상기 정격 전압의 크기만큼 낮은 전압으로 다운시켜 상기 출력 단자로 전달할 수 있다.

[0009] 제어회로부는 상기 교류-직류 변환부에서 변환된 두 개의 직류 전압을 서로 다른 커패시터에 각각 저장하고, 상기 두 개의 직류 전압의 최대출력점을 추적하여 상기 최대출력점에 대응하는 두 개의 직류 전압을 상기 직류-직류 변환부로 전달할 수 있다.

[0010] 제어회로부는 상기 두 개의 직류 전압이 상기 교류-직류 변환부의 오픈 회로 전압의 설정된 퍼센트 전압에 대응하는 경우, 최대출력점으로 판단하여 상기 두 개의 직류 전압을 상기 직류-직류 변환부로 전달할 수 있다.

[0011] 제어회로부는 출력 전압이 상기 음의 전압보다 커질 때까지 상기 양의 전압을 상기 출력 단자로 전달하고, 상기 출력 전압이 상기 음의 전압보다 커지면, 상기 음의 전압을 상기 출력 단자로 전달할 수 있다.

[0012] 제어회로부는 상기 직류-직류 변환부의 출력 전압과 상기 음의 직류 전압의 전압 크기에 기초하여 상기 음의 직류 전압을 상기 출력 단자로 전달할지 결정하는 인에이블 신호를 생성하는 먹스(MUX), 상기 먹스로부터 인에이블 신호를 수신한 경우, 상기 양의 직류 전압과 제1 기준전압을 비교하는 제1 비교기와 상기 음의 직류 전압과 제2 기준전압을 비교하는 제2 비교기, 및 상기 제1 비교기와 상기 제2 비교기의 출력값에 따라 상기 양의 직류 전압 또는 상기 음의 직류 전압을 상기 출력 단자로 전달할지 결정하는 스위칭부를 포함하여 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 의하면, 마찰전기 전력원의 양과 음의 전압 피크가 다른 교류 전압을 직류 전압으로 변환하여 각각 저장하고, 두 직류 전압을 최대 출력점을 검출하여 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기로 전달함으로써 고효율로 안정적인 전력을 공급할 수 있다.

[0014] 또한, 출력 전력을 고효율로 수확 및 관리함으로써 신체 움직임에서 발생하는 마찰을 이용한 초소형 센서노드에 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치의 블록도이다.

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 포함된 고전압 보호 회로의 회로도, 동작 회로, 및 출력 파형을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 사용되는 마찰전기 전력원의 최대 전력점을 추적하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3에서 제시한 최대 출력점 분석을 측정 결과를 통해 나타내는 파형이다. 각 양과 음의 최대 출력점은 각 open-circuit 전압의 35%에 해당된다는 것을 나타낸다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 사용되는 제어회로부(Synchronous pulse-skipping modulation)의 회로도 및 동작 파형을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면을 참조하여 상세하게 설명하도록 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0017] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재 항

목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0018] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급될 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" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0019] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0021] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0023] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치의 블록도이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 에너지 하베스팅 장치는 마찰전기 전력원(100), 교류-직류 변환부(200), 직류-직류 변환부(300), 및 제어회로부(400)를 포함하여 구성된다. 또한, 마찰전기 에너지 하베스팅 장치는 고전압 보호부(500)를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0026] 구체적으로, 마찰전기 전력원(100)(TENG)은 신체 움직임에서 발생하는 마찰을 센서 노드를 통해 수집할 수 있다. 여기서, 마찰전기를 수집하는 센서 노드는 필름 형태의 제너레이터로 형성될 수 있다.

[0027] 교류-직류 변환부(200)는 마찰전기 전력원(100)으로부터 전달되는 교류 전압에 대하여 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)으로 변환할 수 있다. 이때, 마찰전기의 양의 직류 전압($V_{REC,,P}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)은 피크가 다르다. 변환된 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)은 커패시터 $C_{IN,P}$와 $C_{IN,M}$에 각각 구분되어 저장된다.

[0028] 직류-직류 변환부(300)는 교류-직류 변환부(200)로부터 전달된 두 개의 직류 전압의 크기를 설정된 비율로 변환할 수 있다. 구체적으로, 커패시터 $C_{IN,P}$와 $C_{IN,M}$에 각각 구분되어 저장된 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$) 중 적어도 하나가 출력 단자로 전달되면 전달된 전압을 설정된 비율로 변환하여 출력할 수 있다.

[0029] 제어회로부(400)는 직류-직류 변환부(300)의 출력 전압과 교류-직류 변환부(200)에서 변환된 두 개의 직류 전압 크기에 기초하여, 두 개의 직류 전압 중 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$) 또는 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$) 중 적어도 하나가 출력 단자로 전달되도록 제어할 수 있다. 구체적으로, 축적된 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)이 먼저 출력 단자 측으로 전달되고, 축적된 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)은 마찰전기 에너지 하베스팅 장치를 제어하는 에너지원으로 사용될 수 있다. 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)이 계속해서 축적되어, 기준 전압(출력 전압(V_{OUT})) 이상이 되면 축적된 양의 직류 전압($V_{RECT,M}$) 뿐만 아니라 축적된 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)도 함께 출력 단자 측으로 전달할 수 있다. 이때, 양의 직류 전압($V_{RECT,M}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)은 미리설정된 순서에 따라 출력 단자측으로 순차적으로 전달될 수 있다. 또한, 제어회로부(400)는 커패시터 $C_{IN,P}$와 $C_{IN,M}$에 저장된 두 개의 직류 전압을 출력 단자 측으로 전달함에 있어 최대출력점을 추적하여 최대출력점에 대응하는 두 개의 직류 전압을 직류-직류 변환부(300)로 전달한다. 최대출력점은 교류-직류 변환부(200)의 오픈 회로 전압의 설정된 퍼센트 전압과 오차범위 내의 전압값이 된 지점을 의미하고, 설정된 퍼센트는 도 3에서 구체적으로 설명하도록 한다.

[0030] 또한, 제어회로부(400)는 V_{DD} 먹스(MUX), 제1, 제2 비교기, 및 스위칭부를 포함하여 구성될 수 있다. V_{DD} 먹스(MUX)는 직류-직류 변환부(300)의 출력 전압과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)의 전압 크기에 기초하여 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)을 출력 단자로 전달할지 결정하는 인에이블 신호(V_{EN})를 생성할 수 있다. 제1 비교기는 먹스로부터 인에이블 신호(V_{EN})를 수신한 경우, 양의 직류 전압($V_{RECT,PL}$)과 제1 기준전압($V_{REF,P}$)을 비교하여 제어신호를 생성하고, 제2 비교기는 음의 직류 전압($V_{RECT,ML}$)과 제2 기준전압($V_{REF,M}$)을 비교하여 제어신호를 생성할 수 있다. 이때, 비교기로 입력되는 양의 직류 전압($V_{RECT,PL}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,ML}$)은 $V_{RECT,P}$과 $V_{RECT,M}$가 전압 분배기를 통해 출력된 값을 나타낸다. 스위칭부는 제1 비교기와 제2 비교기의 출력값(ϕ_M, ϕ_P)에 따라 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$) 또는 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)을 출력 단자로 전달할지 스위칭할 수 있다. 제어회로부(400)는 POR(Power-on-reset) 회로는 전압 $V_{RECR,M}$을 감지하여 미리 설정된 내부 기준 전압보다 높아지면 제어 신호를 출력하면서 회로를 동작시킨다. 제어 신호가 출력된 직후에는 $C_{IN,M}$에 저장된 전력은 제어부를 구동시키는 전력으로 사용되므로 최종 출력단(V_{OUT})으로 전달될 수 없고, $C_{IN,P}$에 저장된 전력만 최종 출력단(V_{OUT})으로 전달된다.

[0031] 고접압 보호부(500)는 다수의 P형 LDMOS, 및 레벨 시프터(Level Shifter)를 포함하여 구성될 수 있다. 고전압 보호부(500)는 두 개의 직류 전압에 따라 정격 전압을 만족시키면 각각의 P형 LDMOS를 온 상태에서 오프 상태로 전환하고, 음의 직류 전압의 크기를 정격 전압의 크기만큼 낮은 전압으로 다운시켜 출력 단자로 전달할 수 있다.

[0033] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 포함된 고전압 보호 회로의 회로도, 동작 회로, 및 출력 파형을 도시한 도면이다.

[0034] 도 2a를 참조하면, 고접압 보호부(500)는 다수의 P형 LDMOS, 및 레벨 시프터(Level Shifter)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0035] 도 2b를 참조하면, 고전압 보호부(500)는 두 개의 직류 전압에 따라 정격 전압을 만족시키면 각각의 P형 LDMOS를 온 상태에서 오프 상태로 전환하고, 음의 직류 전압의 크기를 정격 전압의 크기만큼 낮은 전압으로 다운시켜 출력 단자로 전달할 수 있다.

[0036] 구체적으로, 고전압 보호부(500)는 $V_{RECT,P}$의 전력을 전달할 경우(State1), $V_{RECT,P}$ 전압이 인덕터 노드 V_{LX} 및 고전압 보호부(500) 내부 노드 V_{PRT}에 동시에 인가된다. 이 경우, 인덕터 노드 V_{LX}에서 $V_{RECT,M}$까지 연결된 모든 스위치들이 공정상의 정격 전압을 만족시키며 꺼지게 된다.

[0037] 또한, $V_{RECT,M}$의 전력이 전달될 때(State1->State2), V_{PRT}에 쌓여있던 전하가 레벨 시프터(Level shifter)로 빠져나가면서 V_{RPT}는 $V_{RECT,M}$에서 V_{DD} 만큼 낮은 전압으로 형성되게 된다. 이 때 $V_{RECT,P}$의 전력을 전달하는 트랜지스터는 꺼지게 되며, 노드 $V_{RECT,M}$과 노드 V_{LX}를 연결하는 총 3개의 스위치들은 모두 켜지게 됨으로써 노드 V_{LX}에 전압 $V_{RECT,M}$이 인가되게 된다(State2).

[0038] 도 2c를 참조하면, 결과적으로, M_{PRT} 스위치의 오프(OFF)와 온(ON) 동작이 반복되면서, 위의 State1에서 State2로 전환되는 과정이 반복된다.

[0039] State1은 제어신호 V_{GP}에 의해 제어되고, V_{PRT}가 양의 직류 전압인 $V_{RECT,P}$가 되고, State2는 제어신호 V_{GM}에 의해 제어되고, V_{LX}가 음의 직류 전압인 $V_{RECT,M}$에서 V_{DD} 만큼 뺀 전압값이 된다.

[0040]

[0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 사용되는 마찰전기 전력원의 최대 전력점을 추적하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 도 3을 참조하면, 마찰전기 전력원의 출력으로부터 나오는 전압을 각각 수확한다는 가정하에 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)의 최대 출력점을 분리하여 분석한다.

[0043] 먼저, 아래 [수학식 1]을 적용하여 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)으로부터 활용할 수 있는 전하량($Q_{HV,P}$)을 산출할 수 있

다.

수학식 1

$$Q_{HV,P} = \int_{t_1}^{t_2} I(t)dt$$

$$Q_{LOSS,P} = \int_{t_1}^{t_P} I(t)dt \simeq C_{TENG,P}V_{RECT,P}$$

$$Q_{AV,P} = Q_{HV,P} - Q_{LOSS,P}$$

$$= Q_{HV,P} - C_{TENG,P}V_{RECT,P}$$

[0044]

[0045] 즉, 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)으로부터 활용할 수 있는 전하량($Q_{AV,P}$)은 마찰전기 전력원으로부터 발생하여 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$)을 형성하는 총 전하량($Q_{HV,P}$)에서 기생 커패시터 C_{TENG}에 의해 손실되는 전하량($Q_{LOSS,P}$)을 제함으로써 계산할 수 있다.

[0046] 또한, [수학식 2]를 적용하여 이용가능한 총 전하량을 바탕으로 전력량($P_{AV,P}$)을 계산할 수 있다. 양의 전압에 대한 최대 전력점은 [수학식 2]를 $V_{RECT,P}$로 미분하여 전력점이 최대가 되는 전압 $V_{RECT,P}$를 찾으면 [수학식 3]으로 나타난다.

수학식 2

$$P_{AV,P} = \frac{E_{AV,P}}{T} = \frac{1}{T}Q_{AV,P}V_{RECT,P}$$

$$= \frac{1}{T}(Q_{HV,P} - C_{TENG,P}V_{RECT,P})V_{RECT,P}$$

[0047]

수학식 3

$$V_{RECT,P}\Big|_{\frac{\partial P_{AV,P}}{\partial V_{RECT,P}}=0} = \frac{Q_{AV,P}}{2C_{TENG,P}} \simeq \frac{1}{2\sqrt{2}}\frac{Q_{AV,P}}{C_{TENG,P}/\sqrt{2}}$$

$$V_{RECT,P}\Big|_{\frac{\partial P_{AV,P}}{\partial V_{RECT,P}}=0} = \frac{1}{2\sqrt{2}}V_{OC,P}$$

[0048]

[0049] 이를 전하량 Q_{AV}와 기생 커패시터 C_{TENG}를 통해 최대 전력점에 해당되는 전압 $V_{RECT,P}$를 open-circuit 전압($V_{OC,P}$)으로 나타낼 수 있다.

[0050] 따라서, 마찰전기 에너지 하베스팅 회로에 탑재될 최대 출력점 추적 기술은 직류-직류 변환기의 입력 전압을 open-circuit 전압의 약 35%에 해당되는 양의 직류 전압이 되도록 제어하면 구현될 수 있다.

[0051] 마찬가지 방법으로 음의 직류 전압에 대하여 최대 전력점을 추적하면 open-circuit 전압($V_{OC,N}$)의 약 35%에 해당하는 음의 전압이 되도록 제어하여 얻을 수 있다.

[0053] 도 4는 도 3에서 제시한 최대 출력점 분석을 시뮬레이션한 결과로, 이론값과 측정값을 비교한 파형이다. 이론값은 점선으로 표시하고, 측정값은 실선으로 표시하였다.

[0054] 도 4를 참조하면, 이론값과 측정값은 스케일에 따라 하나의 곡선으로 보일 정도로 오차가 매우 작은 것을 알 수 있다. 구체적으로, 오픈 회로의 전압(열린 회로 전압)이 83.7V인 경우, 최대 출력점은 30.6V로 측정되었고, 이론적으로 계산한 이론값은 29.6V로 계산되어 오차율이 3.27퍼센트로 매우 작은 것을 알 수 있다.

[0055] 따라서, 양과 음의 오픈 회로(open-circuit)의 출력값과 최대 출력점의 관계가 오픈 회로 출력값의 35퍼센트가 되도록 제어하면 되는 것을 검증하였다.

[0057] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기를 이용한 마찰전기 에너지 하베스팅 장치에 사용되는 제어회로부(Synchronous pulse-skipping modulation)의 회로도 및 동작 파형을 나타낸다.

[0058] 도 5를 참조하면, 제어회로부(400)는 제1, 제2 비교기, 및 스위칭부를 포함하여 구성될 수 있다.

[0059] V_{DD} 먹스(MUX)(미도시)는 직류-직류 변환부(300)의 출력 전압과 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)의 전압 크기에 기초하여 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)을 출력 단자로 전달할지 결정하는 인에이블 신호(V_{EN})를 생성할 수 있다.

[0060] 제1 비교기는 먹스로부터 인에이블 신호(V_{EN})를 수신한 경우, 양의 직류 전압($V_{RECT,PL}$)과 제1 기준전압($V_{REF,P}$)을 비교하여 제어신호를 생성하고, 제2 비교기는 음의 직류 전압($V_{RECT,ML}$)과 제2 기준전압($V_{REF,M}$)을 비교하여 제어신호를 생성할 수 있다. 이때, 비교기로 입력되는 양의 직류 전압($V_{RECT,PL}$)과 음의 직류 전압($V_{RECT,ML}$)은 $V_{RECT,P}$과 $V_{RECT,M}$가 전압 분배기를 통해 출력된 값을 나타낸다.

[0061] 구체적으로, 고전압용 이중 입력 직류-직류 변환기의 두 입력 전압인 $V_{RECT,P}$와 $V_{RECT,M}$를 두 개의 비교기가 모니터링한다. $V_{RECT,P}$가 기준 전압인 $V_{REF,P}$보다 높은 경우, Φ_P은 1, $V_{RECT,P}$가 기준 전압인 $V_{REF,P}$보다 높지 않은 경우, Φ_P은 0을 나타낸다.

[0062] 또한, $V_{RECT,M}$이 기준 전압인 $V_{REF,M}$보다 높으면 Φ_M은 1, $V_{RECT,M}$이 기준 전압인 $V_{REF,M}$보다 높지 않으면 Φ_M은 0을 나타낸다. 이 두 비교기의 출력 신호인 Φ_P와 Φ_M에 따라 전력 전달용 스위치인 M_P와 M_M의 제어 신호가 각 스위치로의 인가 여부를 결정한다. 먼저 Φ_P가 1이고 Φ_M이 0인 경우, $V_{RECT,P}$만 최종 출력단으로 전력을 공급하기에 충분하다는 것을 의미하므로 스위치 제어 신호인 V_{GP}만 인가되고 V_{GP}가 0이 되는 순간에 NMOS를 구동하는 신호 V_{GN}이 맞춰서 발생하게 된다.

[0063] 스위칭부는 제1 비교기와 제2 비교기의 출력값(Φ_M, Φ_P)에 따라 양의 직류 전압($V_{RECT,P}$) 또는 음의 직류 전압($V_{RECT,M}$)을 출력 단자로 전달할지 스위칭할 수 있다. 제어회로부(400)는 POR(Power-on-reset) 회로는 전압 $V_{RECR,M}$을 감지하여 미리 설정된 내부 기준 전압보다 높아지면 제어 신호를 출력하면서 회로를 동작시킨다. 제어 신호가 출력된 직후에는 $C_{IN,M}$에 저장된 전력은 제어부를 구동시키는 전력으로 사용되므로 최종 출력단(V_{OUT})으로 전달될 수 없고, $C_{IN,P}$에 저장된 전력만 최종 출력단(V_{OUT})으로 전달된다.

[0064] 이와 유사하게, $V_{RECT,M}$만 전력을 전달하기에 충분하다면 V_{GM}만 스위치에 인가되고 이에 맞춰 V_{GN}이 NMOS에 인가된다. 마지막 경우로, $V_{RECT,P}$와 $V_{RECT,M}$이 모두 전력을 전달하기에 충분히 높은 전압을 형성하고 있다면 V_{GP}가 스위치 M_P를 동작시키고, M_P가 꺼짐과 동시에 V_{GM}이 M_M을 동작시키게 된다. 그리고 M_M이 꺼지는 순간에 마지막으로 V_{GN}이 NMOS를 구동하여 전력 전달 과정을 마치게 된다.

[0065] 제1 비교기와 제2 비교기의 출력값(Φ_M, Φ_P)에 따라, 즉 (Φ_M, Φ_P)=(1, 0), (0, 1), (1, 1)인지에 따라, 스위칭부의 스위칭 상태가 변경되어, 출력 단자로 전달되는 I_L이 달라질 수 있다.

[0067] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 사람이라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명

의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

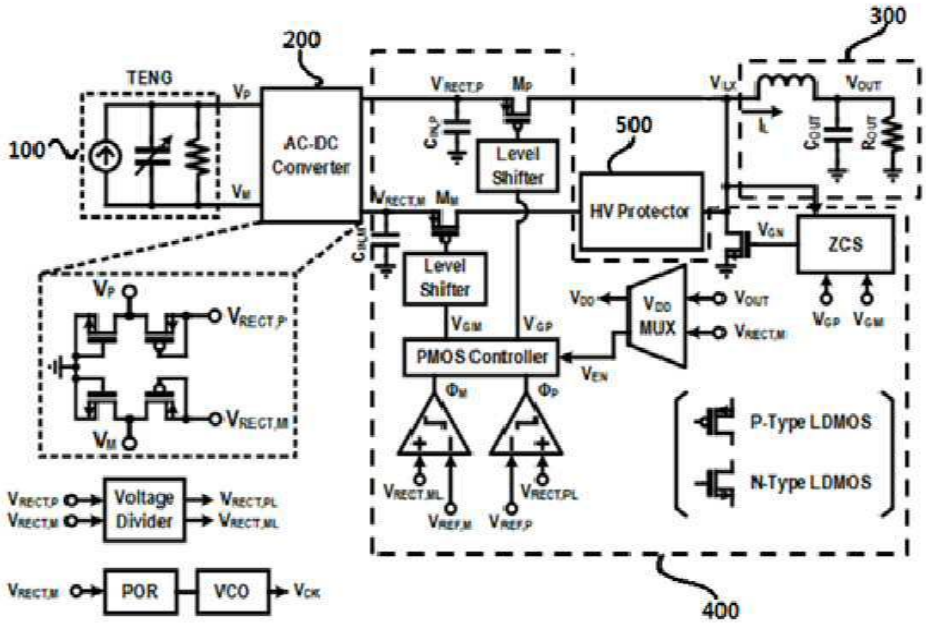
[0068] 100: 마찰전기 전력원 200: 교류-직류 변환부

300: 직류-직류 변환부 400: 제어회로부

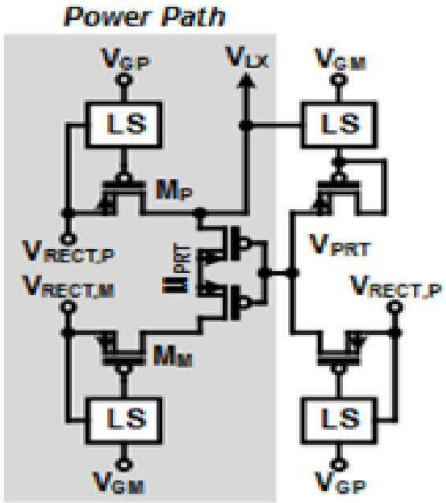
500: 고전압 보호부

도면

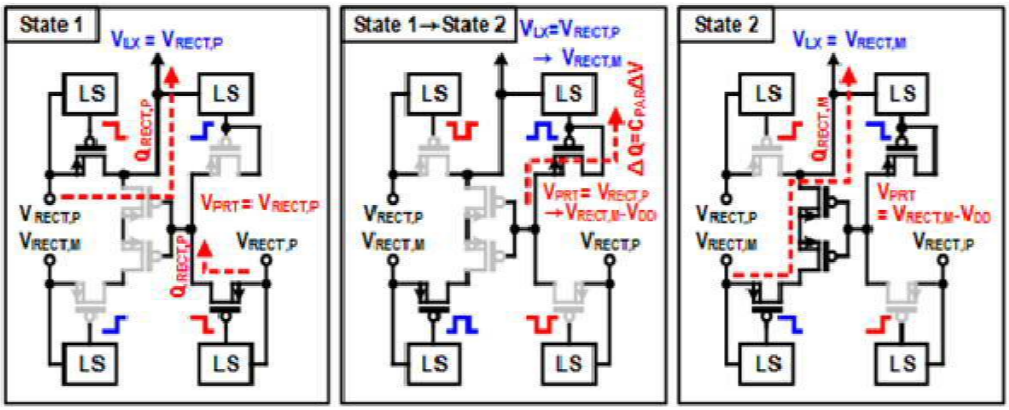
도면1



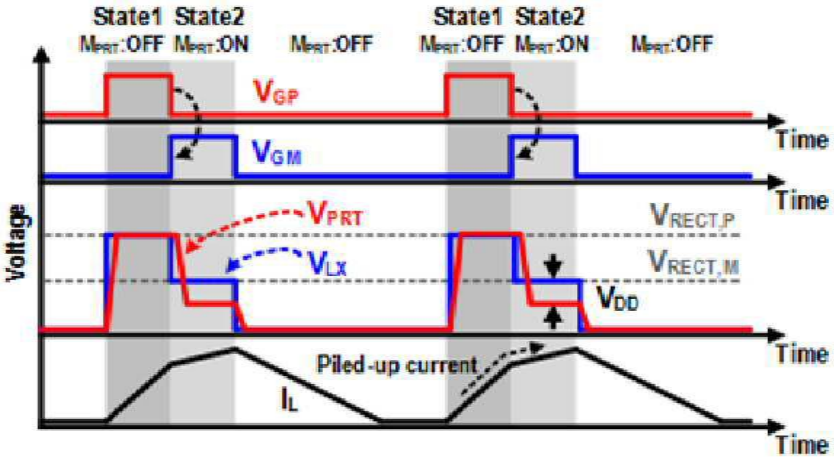
도면2a



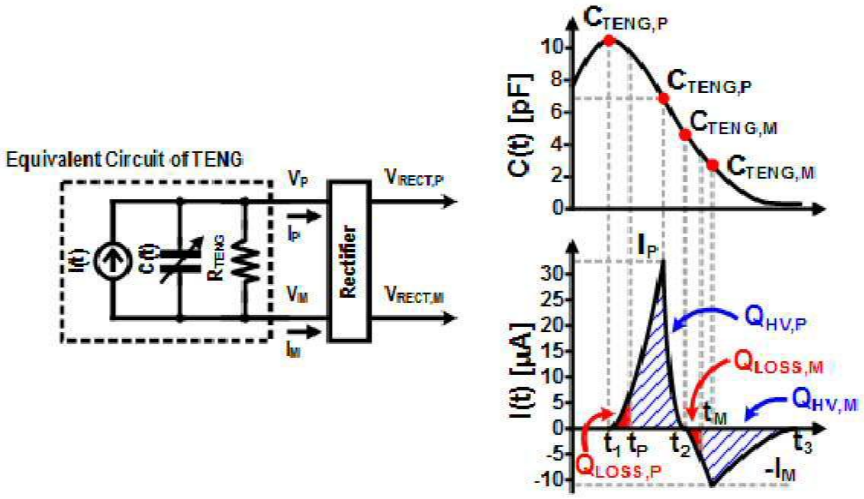
도면2b



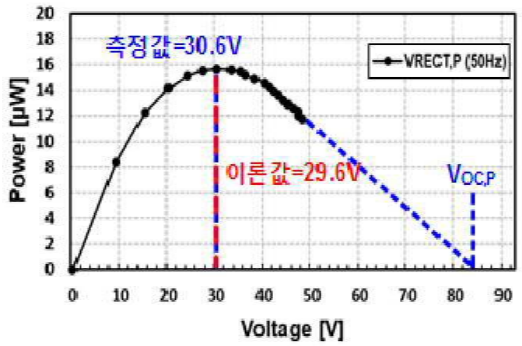
도면2c



도면3



도면4



열린 회로 전압 [V]		83.7
최대 출력점 [V]	측정값	30.6
	이론값	29.6
오차율 [%]		3.27

도면5

