

|                                                                                   |                                                               |                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|  | (19) 대한민국특허청(KR)<br>(12) 공개특허공보(A)                            | (11) 공개번호 10-2014-0010752<br>(43) 공개일자 2014년01월27일                 |
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>H02K 35/02 (2014.01) B60B 1/14 (2006.01)                 |                                                               | (71) 출원인<br>울산대학교 산학협력단<br>울산광역시 남구 대학로 93                         |
| (21) 출원번호 10-2012-0077464                                                         | (22) 출원일자 2012년07월16일<br>심사청구일자 2012년07월16일<br>기술이전 희망 : 기술양도 | (72) 발명자<br>정귀상<br>울산광역시 울주군 범서읍 구영로 75-25, 105동 1202호 (동문굿모닝힐아파트) |
|                                                                                   |                                                               | (74) 대리인<br>김중선                                                    |

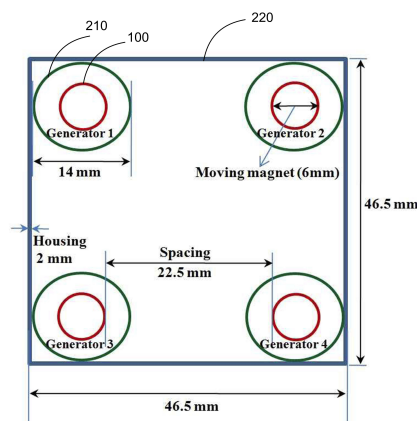
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터

### (57) 요약

본 발명은 서로다른 공진 주파수를 갖는 다수의 발전기를 수직 또는 수평으로 배열하여 다양한 주파수 환경에서 더욱 효율적으로 에너지를 수집할 수 있도록 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터에 관한 것으로, 하우징부; 상기 하우징부의 상단과 하단에 설치되는 고정 자석부; 상기 상단과 하단에 설치된 고정 자석부 사이에 위치하여 진동하는 이동 자석부; 및 상기 이동 자석부 주위에 위치하며, 상기 하우징부를 권취하는 코일부를 포함하는 개별 발전기를 구비하여, 외부에서 전해지는 진동에너지를 이용하여 전기에너지로 변환하는 전자기 에너지 하베스터에 있어서, 상기 개별 발전기는 서로다른 공진 주파수를 가지는 2 이상의 발전기들로 구성되며, 상기 각각의 개별 발전기에서 발생하는 전자기장의 간섭을 받지 않는 최소 거리로 이격되어 수평 또는 수직 방향으로 배열되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0346

부처명 교육과학기술부

연구사업명 지역대학우수과학자지원사업

연구과제명 공진주파수 튜닝이 가능한 고효율 진동형 전자기식 에너지 하베스터에 관한 연구

기 여 율 1/1

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

하우징부;

상기 하우징부의 상단과 하단에 설치되는 고정 자석부;

상기 상단과 하단에 설치된 고정 자석부 사이에 위치하여 진동하는 이동 자석부; 및

상기 이동 자석부 주위에 위치하며, 상기 하우징부를 권취하는 코일부를 포함하는 개별 발전기를 구비하여, 외부에서 전해지는 진동에너지를 이용하여 전기에너지로 변환하는 전자기 에너지 하베스터에 있어서,

상기 개별 발전기는 서로다른 공진 주파수를 가지는 2 이상의 발전기들로 구성되며,

상기 각각의 개별 발전기에서 발생하는 전자기장의 간섭을 받지 않는 최소 거리로 이격되어 수평 또는 수직 방향으로 배열되는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 개별 발전기의 서로다른 공진 주파수는;

7Hz 이상 10Hz 이하인 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 각각의 개별 발전기의 수평 또는 수직 방향의 이격 거리는;

유한요소 해석 알고리즘을 이용한 전자기장 해석을 통하여 결정되는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 각각의 개별 발전기의 수평 또는 수직 방향의 이격 거리는;

상기 각각의 개별 발전기에서 발생하는 전자기장의 세기에 비례하는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 각각의 개별 발전기의 수평 또는 수직 방향의 이격 거리는;

상기 각각의 개별 발전기의 물리적 크기에 비례하는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 수평 방향으로 배열된 각각의 개별 발전기는;

2의 배수 개로 배열되는 상호 대칭 구조로 구성되는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 각각의 개별 발전기를 감싸는 차폐부; 및

상기 각각의 개별 발전기가 상기 수평 방향의 이격 거리를 유지하여 고정되도록 형성된 외부 케이스를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

#### 청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 수직 방향으로 배열된 각각의 개별 발전기는;

상기 각각의 개별 발전기들 사이에 스페이서가 개재되는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

#### 청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 스페이서는

소정 두께의 테플론 블록(Teflon block)으로 이루어진 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터.

### 명세서

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 전자기 에너지 하베스터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 서로다른 공진 주파수를 갖는 다수의 발전기를 수직 또는 수평으로 배열하여 다양한 주파수 환경에서 더욱 효율적으로 에너지를 수집할 수 있도록 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 잘 알려진 바와 같이, 에너지 하베스팅 기술이란 에너지 수확기술이라고도 하며 인체의 운동이나 주변 환경을 이용하여 에너지를 수확해 시간 및 공간에 비제한적인 에너지 사용을 이끌어 내는 기술이다.

[0003] 에너지 하베스팅 기술의 특징은 주변 환경에서 에너지를 추출해내는 동안 오염물질의 배출이 없는 친환경 녹색 기술이다. 소량의 전력으로 구동될 수 있는 저전력 통신기기, 센서 네트워크, 체내 삽입형 기기, 모바일 기기 등이 주된 응용분야이다. 현재 선진국들은 에너지 하베스팅 기술의 활용성을 높게 평가하여 그에 대한 기술개발에 박차를 가하고 있다.

[0004] 하베스팅 에너지원들을 다양한 방법을 통해 전기 에너지로 변환할 수 있는 기술이 이미 존재하고 있다. 하지만, 대부분의 발전 방법은 아직까지 변환효율이 높지 않다. 따라서 향후 에너지 변환효율을 향상시킬 수 있는 기술의 개발이 필수적이다.

[0005] 이에, 본 출원인은 대한민국 공개특허공보 제10-2012-0024018호(2012.03.14)에 외부에서 전해지는 진동 에너지를 이용하여 전기에너지로 변환하는 에너지 하베스터를 개시한바 있다.

[0006] 도 1은 종래기술에 따른 에너지 하베스터를 도시한 도면으로, 도시된 바와 같이 종래기술에 따른 에너지 하베스터는 하우징부(110), 제1 고정 자석부(120), 제2 고정 자석부(125), 이동 자석부(130) 및 코일부(140)를 포함하는 발전기(100)로 이루어진다.

[0007] 하우징부(110)는 내부가 중공인 원통형으로 형성되고, 그 내부에 이동 자석부(130)가 상하로 이동가능하도록 수용된다.

[0008] 고정 자석부(120,125)는 상기 하우징부(110)의 상단과 하단에 설치되고, 이동 자석부(130)는 상기 상단과 하단

에 설치된 고정 자석부(120,125) 사이에 위치하여 진동한다.

[0009] 코일부(140)는 상기 이동 자석부(130) 주위에 위치하며, 상기 하우징부(110)를 권취한다.

[0010] 이와 같은 구성에 따라, 주변 진동에 의하여 이동 자석부(130)가 코일부(140)의 나선형 축방향으로 왕복운동을 할 때 상대적 위치변화에 따른 자계의 변화에 의하여 코일(140) 양단에 기전력이 발생하게 된다.

[0011] 그러나 이와 같은 종래기술에 따른 에너지 하베스터에 의하면, 고유 진동수에 대응하는 주파수가 발생하는 경우에는 공진(resonance)에 의해 충분한 전력을 얻을 수 있지만, 고유 진동수를 벗어나면 전력의 출력이 급격히 감소하여 에너지 생산 효율이 떨어지는 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2012-0024018호(2012.03.14)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 서로다른 공진 주파수를 갖는 다수의 발전기를 수직 또는 수평으로 배열하여 다양한 주파수 환경에서 더욱 효율적으로 에너지를 수집할 수 있도록 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 하우징부; 상기 하우징부의 상단과 하단에 설치되는 고정 자석부; 상기 상단과 하단에 설치된 고정 자석부 사이에 위치하여 진동하는 이동 자석부; 및 상기 이동 자석부 주위에 위치하며, 상기 하우징부를 권취하는 코일부를 포함하는 개별 발전기를 구비하여, 외부에서 전해지는 진동에너지에 의하여 전기에너지로 변환하는 전자기 에너지 하베스터에 있어서, 상기 개별 발전기는 서로다른 공진 주파수를 가지는 2 이상의 발전기들로 구성되며, 상기 각각의 개별 발전기에서 발생하는 전자기장의 간섭을 받지 않는 최소 거리로 이격되어 수평 또는 수직 방향으로 배열되는 것을 특징으로 하는 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터를 제공한다.

[0015] 상기 개별 발전기의 서로다른 공진 주파수는; 7Hz 이상 10Hz 이하인 것이 바람직하다.

[0016] 상기 각각의 개별 발전기의 수평 또는 수직 방향의 이격 거리는; 유한요소 해석 알고리즘을 이용한 전자기장 해석을 통하여 결정될 수 있다.

[0017] 상기 각각의 개별 발전기의 수평 또는 수직 방향의 이격 거리는; 상기 각각의 개별 발전기에서 발생하는 전자기장의 세기에 비례한다.

[0018] 상기 각각의 개별 발전기의 수평 또는 수직 방향의 이격 거리는; 상기 각각의 개별 발전기의 물리적 크기에 비례하는 것이 바람직하다.

[0019] 상기 수평 방향으로 배열된 각각의 개별 발전기는; 2의 배수 개로 배열되는 상호 대칭 구조로 구성될 수 있다.

[0020] 또한, 상기 각각의 개별 발전기를 감싸는 차폐부; 및 상기 각각의 개별 발전기가 상기 수평 방향의 이격 거리를 유지하여 고정되도록 형성된 외부 케이스를 포함한다.

[0021] 상기 수직 방향으로 배열된 각각의 개별 발전기는; 상기 각각의 개별 발전기들 사이에 스페이서가 개재되는 것이 바람직하다.

[0022] 상기 스페이서는 소정 두께의 테프론 블록(Teflon block)으로 이루어진 것이 더욱 바람직하다.

### 발명의 효과

[0023] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터에 의하면, 서로다른 공진 주파수를 갖는 다수의 발전기를 수직 또는 수평으로 배열하여 다양한 주파수 환경에서 더욱 효율적으로 에너지를 수집할 수 있도록 함으로써, 다양한 공진 주파수로부터 에너지 생산 효율을 상승시키는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 개시된 종래기술에 따른 전자기력 기반의 진동에너지 수집소자의 개념도.

도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터를 나타낸 평면도로서, 서로 다른 공진 주파수의 발전기를 수평 방향으로 배열한 상태를 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터를 나타낸 단면도로서, 서로 다른 공진 주파수의 발전기를 수직 방향으로 배열한 상태를 나타낸 도면.

도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 수평 방향으로 배열된 발전기 사이의 전자기장 세기 및 분포를 나타낸 그래프.

도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 수직 방향으로 배열된 발전기 사이의 전자기장 세기 및 분포를 나타낸 그래프.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 종래기술과 동일한 구성요소에 대해서는 동일부호를 사용하여 설명한다.

[0026] 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터를 나타낸 평면도로서, 서로 다른 공진 주파수의 발전기를 수평 방향으로 배열한 상태를 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터를 나타낸 단면도로서, 서로다른 공진 주파수의 발전기를 수직 방향으로 배열한 상태를 나타낸 도면이다.

[0027] 또한, 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 수평 방향으로 배열된 발전기 사이의 전자기장 세기 및 분포를 나타낸 그래프이고, 도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 수직 방향으로 배열된 발전기 사이의 전자기장 세기 및 분포를 나타낸 그래프이다.

[0028] 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터는, 하우징부(110), 제1 고정 자석부(120), 제2 고정 자석부(125), 이동 자석부(130), 코일부(140)를 포함하는 개별 발전기(100)와, 차폐부(210), 본체부(220) 및 스페이서(230)를 포함한다.

[0029] 상기 하우징부(110)는 내부가 중공인 원통형으로 형성되고, 그 내부에 이동 자석부(130)가 상하로 이동가능하도록 수용되며, 고정 자석부(120,125)는 상기 하우징부(110)의 상단과 하단에 설치되고, 이동 자석부(130)는 상기 상단과 하단에 설치된 고정 자석부(120,125) 사이에 위치하여 진동하고, 코일부(140)는 상기 이동 자석부(130) 주위에 위치하며, 상기 하우징부(110)를 권취하고, 이와 같은 구성에 따라 주변 진동에 의하여 이동 자석부(130)가 코일부(140)의 나선형 축방향으로 왕복운동을 할 때 상대적 위치변화에 따른 자계의 변화에 의하여 코일(140) 양단에 기전력이 발생하게 됨은 도 1을 통하여 기술한 바와 같다.

[0030] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터는, 상기와 같이 구성된 개별 발전기(100)들을 서로다른 공진 주파수를 가지는 2 이상의 발전기(100)들로 구성하고, 상기 각각의 개별 발전기(100)에서 발생하는 전자기장의 간섭을 받지 않는 최소 거리로 이격되어 수평 또는 수직 방향으로 배열하는 것이다.

[0031] 예로서, 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터는 서로다른 공진 주파수의 발전기(100)를 수평 방향으로 배열할 수 있다.

- [0032] 이때, 상기 개별 발전기의 서로다른 공진 주파수는; 7Hz 이상 10Hz 이하인 것이 바람직하다. 상기 공진 주파수는 상기 개별 발전기(100)에 포함되는 하우징부(110), 제1 고정 자석부(120), 제2 고정 자석부(125), 이동 자석부(130), 코일부(140)의 크기에 따라 결정될 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 각각의 개별 발전기(100)의 수평 방향의 이격 거리는; ANSYS 유한요소 해석 알고리즘을 이용한 전자기장 해석을 통하여 결정될 수 있다.
- [0034] 본 발명에서 정의하는 유한요소 해석(Finite Element Analysis)이란, 물리계의 운동을 지배하는 대다수의 법칙은 보통 미분 방정식으로 기술되어 있는데, 유한요소법은 이와 같은 미분 방정식을 푸는 수치적인 근사해법을 볼 수 있다. 더욱 상세하게 설명하면, 일반적으로 공학 문제는 물리적인 현상에 대한 수학적 모델로서, 수학적 모델은 경계 조건(boundary condition)과 초기 조건(initial condition)을 가지는 미분 방정식으로 주어진다. 구조물을 유한 개의 절점(node)으로 가정한 후, 각 절점들 사이에 서로 유기적인 관계를 맺어주는 요소(element)를 구성하여 전체 구조물을 절점들의 변위를 미지수로 하는 연립방정식으로 나타낼 수 있다. 그리고 이를 수학적으로 계산하여 외력에 의한 각 절점에서의 변위를 구함으로써 변위, 변형률, 응력 등의 결과값을 수치적인 근사 해법으로 구하는 것이 본 발명에서 정의하는 유한요소 해석 알고리즘인 것이다.
- [0035] 상기와 같이 ANSYS 유한요소 해석 알고리즘을 이용하여 해석된 전자기장의 결과를 도 4의 그래프에 나타냈다. 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 수평 방향으로 배열된 발전기 사이의 전자기장 세기 및 분포를 나타낸 그래프로서, 이를 통하여 상기 각각의 개별 발전기(100)의 최적의 수평 이격 거리를 설정할 수 있다.
- [0036] 또한, 상기 각각의 개별 발전기의 수평 방향의 이격 거리는; 상기 각각의 개별 발전기(100)에서 발생하는 전자기장의 세기에 비례하는 것이 바람직하다. 즉, 상기 각각의 개별 발전기(100)에서 발생하는 전자기장의 세기가 클수록 상기 각각의 개별 발전기(100)의 수평 방향의 이격 거리 비례적으로 멀어진다.
- [0037] 또한, 상기 각각의 개별 발전기(100)의 수평 방향의 이격 거리는; 상기 각각의 개별 발전기(100)의 물리적 크기, 예로서 하우징부(110), 제1 고정 자석부(120), 제2 고정 자석부(125), 이동 자석부(130)의 크기에 따라 비례하여 결정될 수 있다.
- [0038] 또한, 상기 수평 방향으로 배열된 각각의 개별 발전기(100)는; 2의 배수 개로 배열되는 상호 대칭 구조로 구성된다. 예로서, 도 2에 도시된 바와 같이, 4개의 각각의 개별 발전기(100)가 4방 모서리에 배치될 수 있다.
- [0039] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 각각의 개별 발전기(100)를 감싸는 차폐부(210); 및 상기 각각의 개별 발전기(100)가 상기 수평 방향의 이격 거리를 유지하여 고정되도록 4각형으로 형성된 외부 케이스(220)를 포함할 수 있다.
- [0040] 다른 예로서, 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터는 서로다른 공진 주파수의 발전기(100)를 수직 방향으로 배열할 수 있다.
- [0041] 이때, 상기 개별 발전기의 서로다른 공진 주파수는; 7Hz 이상 10Hz 이하인 것이 바람직하다. 상기 공진 주파수는 상기 개별 발전기(100)에 포함되는 하우징부(110), 제1 고정 자석부(120), 제2 고정 자석부(125), 이동 자석부(130), 코일부(140)의 크기에 따라 결정될 수 있다.
- [0042] 또한, 상기 각각의 개별 발전기(100)의 수직 방향의 이격 거리는; ANSYS 유한요소 해석 알고리즘을 이용한 전자기장 해석을 통하여 결정될 수 있다.
- [0043] 상기와 같이 ANSYS 유한요소 해석 알고리즘을 이용하여 해석된 전자기장의 결과를 도 5의 그래프에 나타냈다. 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 수직 방향으로 배열된 발전기 사이의 전자기장 세기 및 분포를 나타낸 그래프로서, 이를 통하여 상기 각각의 개별 발전기(100)의 최적의 수직 이격 거리를 설정할 수 있다.
- [0044] 또한, 상기 각각의 개별 발전기의 수직 방향의 이격 거리는; 상기 각각의 개별 발전기(100)에서 발생하는 전자기장의 세기에 비례하는 것이 바람직하다. 즉, 상기 각각의 개별 발전기(100)에서 발생하는 전자기장의 세기가 클수록 상기 각각의 개별 발전기(100)의 수평 방향의 이격 거리 비례적으로 멀어진다.
- [0045] 또한, 상기 각각의 개별 발전기(100)의 수직 방향의 이격 거리는; 상기 각각의 개별 발전기(100)의 물리적 크기, 예로서 하우징부(110), 제1 고정 자석부(120), 제2 고정 자석부(125), 이동 자석부(130)의 크기에 따라 비례하여 결정될 수 있음은 물론이다.
- [0046] 또한, 상기 수직 방향으로 배열된 각각의 개별 발전기(100)는; 상기 각각의 개별 발전기들 사이에 스페이서

(230)가 개재될 수 있다.

[0047] 이때, 상기 스페이서(230)는 소정 두께의 테프론 블록(Teflon block)으로 이루어져 전자기장의 차폐 효과를 높일 수 있다.

[0048] <실시예 1>

[0049] 실시예 1은 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 각각의 개별 발전기(100)를 감싸는 차폐부(210); 및 상기 각각의 개별 발전기(100)가 상기 수평 방향의 이격 거리를 유지하여 고정되도록 4각형으로 형성된 외부 케이스(220)를 포함한다. 이때, 각각의 개별 발전기(100)의 파라미터는 아래의 표 1과 같이 설정될 수 있다.

표 1

| Generator | Magnetic field intensity of top magnet, $Q_T$ (Am) | Magnetic field intensity of moving magnet, $Q_M$ (Am) | Magnetic field intensity of bottom magnet, $Q_B$ (Am) | Moving magnet size ( $\text{mm}^2$ ) | Spring constant | Resonance frequency (Hz) |
|-----------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1         | 6.079                                              | 24.3160                                               | 0.6754                                                | 6x16                                 | 7.08            | 7.32                     |
| 2         | 2.7018                                             | 24.3160                                               | 2.7018                                                | 6x12                                 | 7.42            | 8.67                     |
| 3         | 2.7018                                             | 24.3160                                               | 2.7018                                                | 6x14                                 | 9.10            | 8.92                     |
| 4         | 2.7018                                             | 24.3160                                               | 6.079                                                 | 6x16                                 | 14.52           | 10.48                    |

[0050]

[0051] 여기서, 각각의 개별 발전기(100)는 서로 다른 공진 주파수에서 동작되며, 바람직하기로는 7~10Hz 이내의 주파수 범위에서 동작되도록 구성한다. 상기 표 1과 같이 구성된 각각의 개별 발전기(100)의 전자기장 상태를 ANSYS 유한요소 해석 알고리즘을 이용하여 해석된 결과는 도 4의 그래프와 같으며, 이러한 해석을 통하여 상기 각각의 개별 발전기(100)의 최적의 수평 이격 거리를 설정할 수 있다. 도 6은 각각의 개별 발전기(100) Generator1~4의 주파수별 최대 출력값을 나타낸 그래프이다.

[0052] <실시예 2>

[0053] 실시예 2는, 도 3에 도시된 바와 같이 서로다른 공진 주파수의 발전기(100)를 수직 방향으로 배열할 수 있다. 이때, 각각의 개별 발전기(100)의 파라미터는 아래의 표 2와 같이 설정될 수 있다.

표 2

| Parameter                                    | Dimensions                          |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| Number of turns                              | 1500                                |
| Coil width (mm)                              | 5                                   |
| Coil center position (mm)                    | -2                                  |
| Distance between fixed magnets (mm)          | 42                                  |
| Magnet sizes (Generator 1) ( $\text{mm}^2$ ) | Top: 3x1; Bottom: 1x1; Middle: 6x16 |
| Magnet sizes (Generator 2) ( $\text{mm}^2$ ) | Top: 2x2; Bottom: 2x2; Middle: 6x12 |
| Magnet sizes (Generator 3) ( $\text{mm}^2$ ) | Top: 2x2; Bottom: 2x2; Middle: 6x14 |
| Magnet sizes (Generator 4) ( $\text{mm}^2$ ) | Top: 2x2; Bottom: 3x2; Middle: 6x16 |
| Frequency range (Hz)                         | 7-10                                |

[0054]

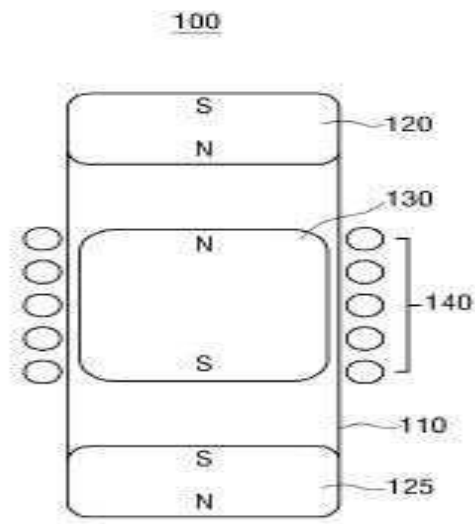
- [0055] 여기서, 각각의 개별 발전기(100)는 서로 다른 공진 주파수에서 동작되며, 바람직하기로는 7~10Hz 이내의 주파수 범위에서 동작되도록 구성한다. 상기 표 2와 같이 구성된 각각의 개별 발전기(100)의 전자기장 상태를 ANSYS 유한요소 해석 알고리즘을 이용하여 해석된 결과는 도 5의 그래프와 같으며, 이러한 해석을 통하여 상기 각각의 개별 발전기(100)의 최적의 수직 이격 거리를 설정할 수 있다. 도 7은 각각의 개별 발전기(100) Generator1~4의 주파수별 최대 출력값을 나타낸 그래프이다.
- [0056] 도 8에 도시된 바와 같이, 정류된 누적 출력 전압(Vrms)을 얻기 위해 각각의 개별 발전기(100)들이 시리즈로 연결되어 있었다. 수평 배열 모델은 7에서 10 Hz에 이르기까지 공진 주파수에서 3.326 - 5.770V의 총 개방 회로 전압을 생산했다. 마찬가지로, 수직 배열 모델은 동일한 주파수의 범위에서 3.596-5.437 V의 출력 전압을 생산했다.
- [0057] 도 9는 수평 및 수직 모델에 대해 다른 입력 주파수에서 출력 전력을 보여준다. 2.37 MW와 2.09 MW의 피크 전력 레벨은 각각 수평 모델과 수직 모델에 대해 일치하는 부하 상태에서 획득했다. 따라서 모델의 전력 밀도는 수직 및 수평 모델 각각 21.92 및 52.02  $\mu\text{W}/\text{cm}^3$  임을 알 수 있다.
- [0058] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 멀티 주파수의 전자기 에너지 하베스터에 의하면, 서로다른 공진 주파수를 갖는 다수의 발전기를 수직 또는 수평으로 배열하여 다양한 주파수 환경에서 더욱 효율적으로 에너지를 수집할 수 있도록 함으로써, 다양한 공진 주파수로부터 에너지 생산 효율을 상승시킬 수 있다.
- [0059] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

### 부호의 설명

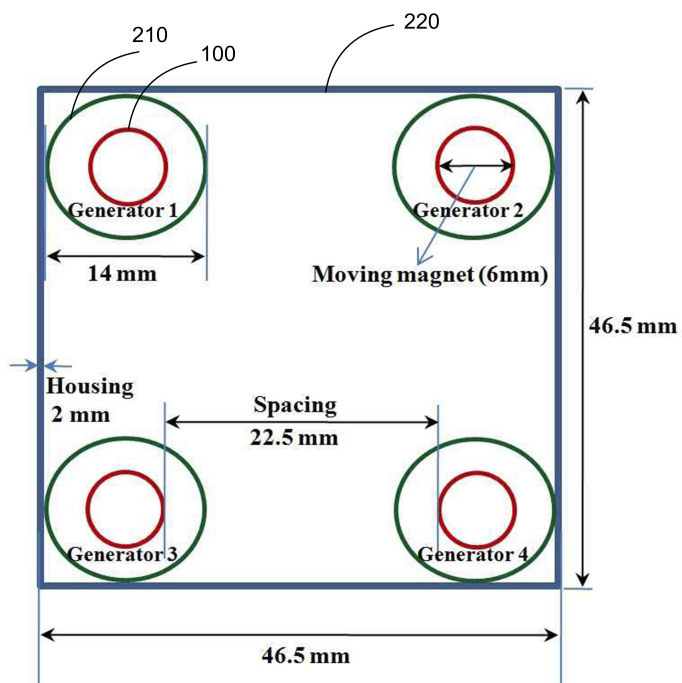
- [0060] 100 : 개별 발전기  
 110 : 하우징부  
 120 : 제1 고정 자석부  
 125 : 제2 고정 자석부  
 130 : 이동 자석부  
 140 : 코일부  
 210 : 차폐부  
 220 : 본체부  
 230 : 스페이서

도면

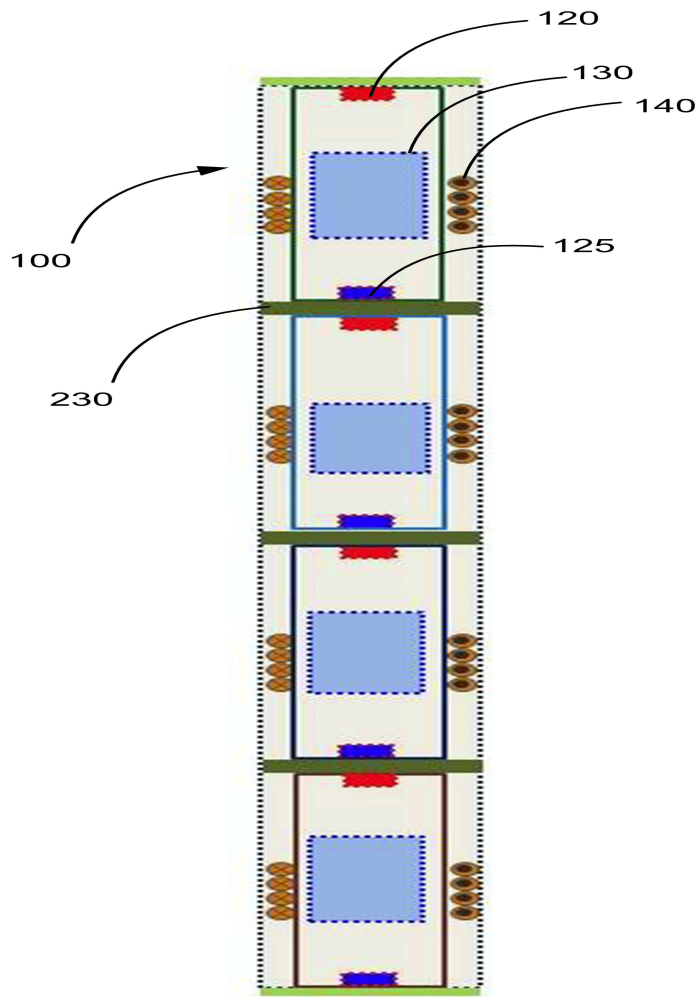
도면1



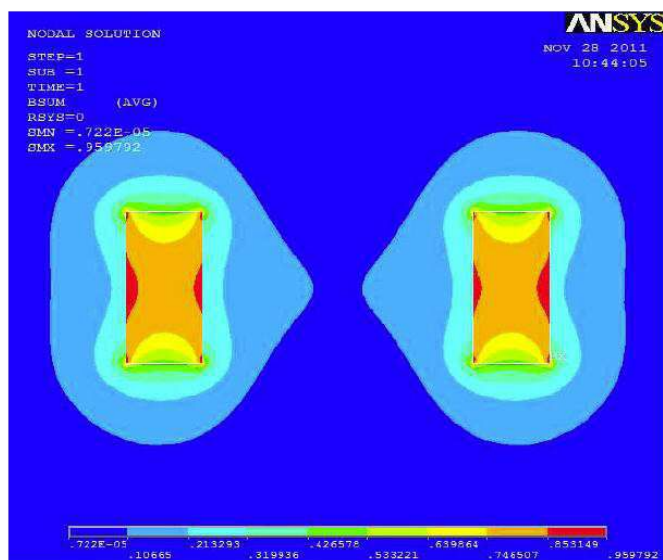
도면2



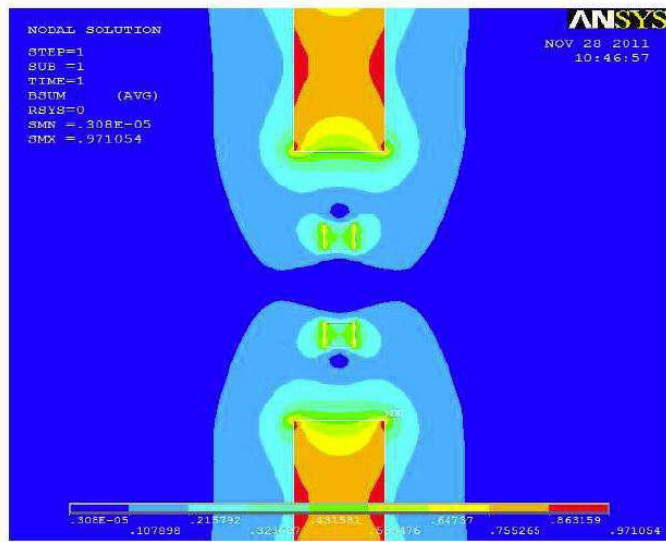
도면3



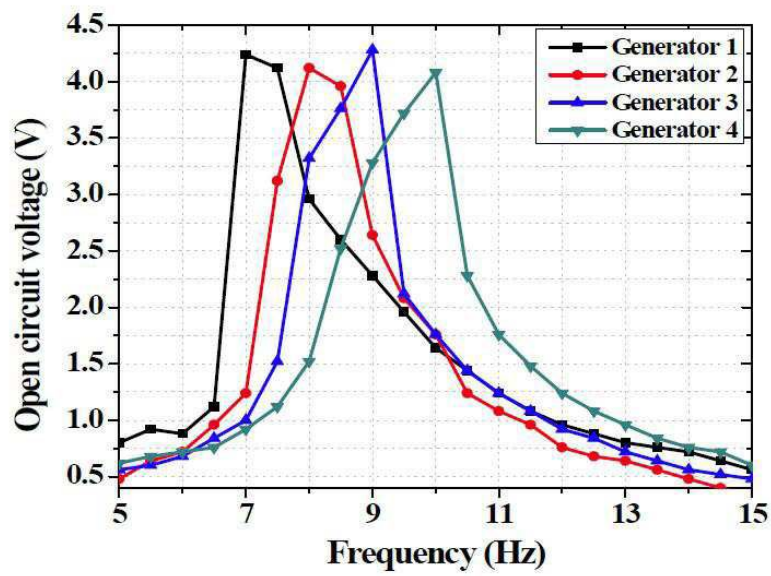
도면4



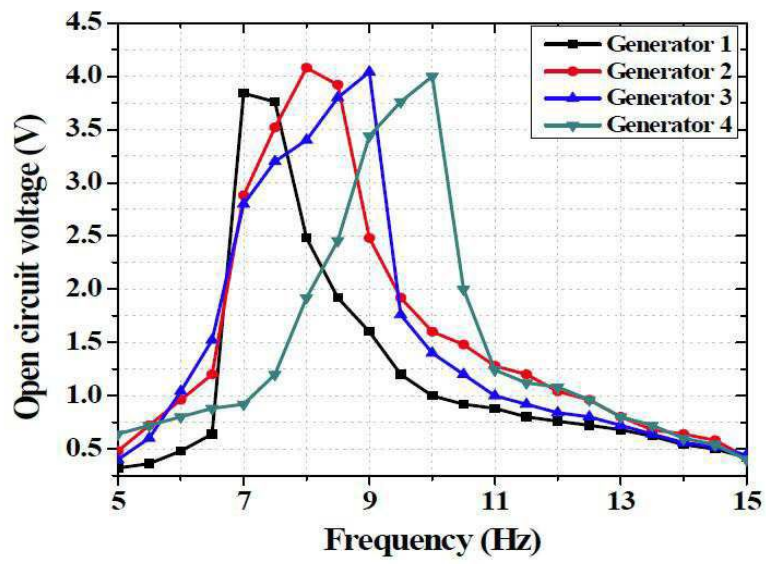
도면5



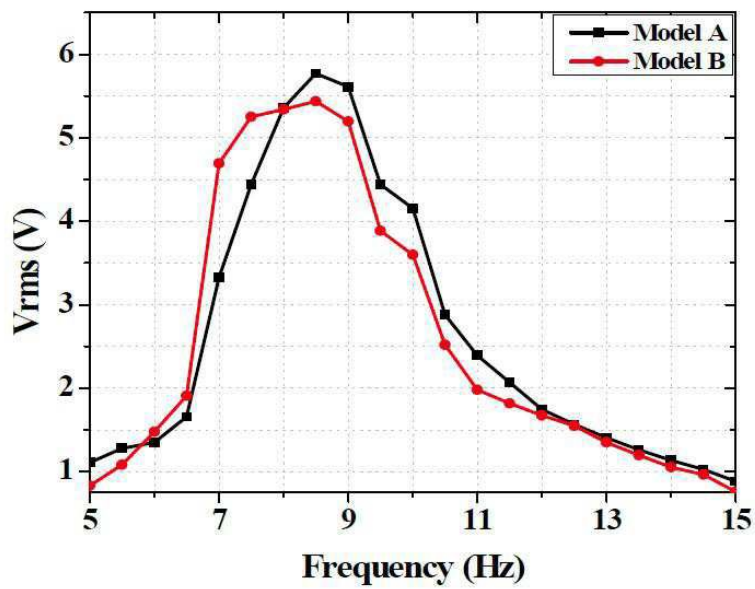
도면6



도면7



도면8



도면9

