



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월16일
 (11) 등록번호 10-1417971
 (24) 등록일자 2014년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H02K 41/03 (2006.01) H02K 41/02 (2006.01)
 H02K 35/04 (2014.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0097243
 (22) 출원일자 2012년09월03일
 심사청구일자 2012년09월03일
 (65) 공개번호 10-2014-0032548
 (43) 공개일자 2014년03월17일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020020086275 A*
 JP2010114980 A*
 JP2008005665 A*
 JP2010127465 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)
 (72) 발명자
박진배
 경기도 고양시 일산서구 탄현동 198 일신삼익아파트 106동 2304호
김재만
 서울 광진구 독성로 553, 311동 1405호 (자양동, 자양우성5차아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인가산

전체 청구항 수 : 총 17 항

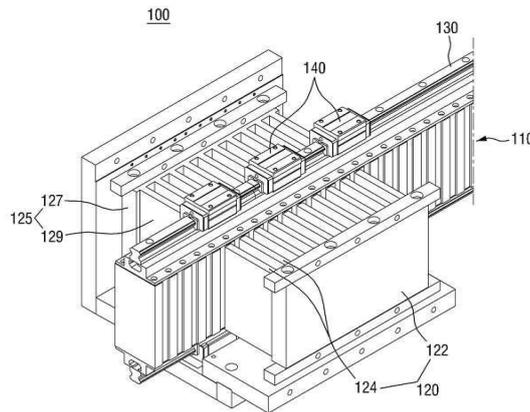
심사관 : 임영훈

(54) 발명의 명칭 **선형발전기 및 이를 이용한 발전방법**

(57) 요약

선형발전기 및 이를 이용한 발전방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기는, 복수의 자속집중블록 사이사이에 자석이 위치하며, 상기 자속집중블록을 중심으로 양측에 위치한 자석은 동일한 극이 대향하여 상기 자석으로부터 발생하는 자속이 상기 자속집중블록의 양단으로 유도되는 자속모듈; 및 코일을 구비하며, 상기 자속모듈을 중심으로 상기 자속모듈의 양측에 위치하여 이동함에 따라 상기 자속에 의해 상기 코일에 유도 기전력이 발생하는 코어모듈을 포함한다.

대표도 - 도5



(72) 발명자
송민국
서울 도봉구 도봉로169가길 10-25, (도봉동)
송승관
서울특별시 마포구 신공덕동 신공덕아파트 1차
105-21-2

김정윤
서울시 영등포구 양평동3가 삼호아파트 1동 1705호
김재승
경기 고양시 일산동구 무궁화로86번길 25-9, (정
발산동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2010T100101100
부처명 신재생에너지
연구사업명 신재생에너지 기술개발사업
연구과제명 4층식 선형 발전기 기반 AWS형 파력발전 시스템 개발
기여율 1/1
주관기관 연세대학교 산학협력단
연구기간 2010.12.01 ~ 2013.11.30

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 자속집중블록 사이사이에 자석이 위치하며, 상기 자속집중블록을 중심으로 양측에 위치한 자석은 동일한 극이 대향하여 상기 양측에 위치한 자석에서 한 자석으로부터 다른 자석을 향하여 발생하는 자속이 상기 자속집중블록의 중심으로 울수록 휘어져 상기 자석이 위치하지 않은 상기 자속집중블록의 양단으로 유도되는 자속모듈; 및

코일을 구비하며, 상기 자속모듈을 중심으로 상기 자속모듈의 양측에 위치하여 이동함에 따라 상기 자속에 의해 상기 코일에 유도 기전력이 발생하는 코어모듈을 포함하며,

상기 자속모듈은, 상기 자속집중블록 사이사이에 위치한 자석의 이탈을 방지하는 복수의 돌기가 상기 자속집중블록에 형성되는, 선형발전기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 자속모듈은, 상기 자속집중블록이 철로 형성되는, 선형발전기.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 자속모듈은, 상기 자속집중블록 사이에 적어도 하나의 자석이 위치하는, 선형발전기.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 코어모듈은, 코어 및 상기 코어로부터 연장되어 상기 코일이 감기는 복수의 치(teeth)를 포함하는, 선형발전기.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 선형발전기는, N이 자연수일 때, N개의 극 피치(pole pitch)와 N+1개의 슬롯 피치(slot pitch)가 동일한 N pole N+1 slot 구조이며,

상기 극 피치는 상기 자석의 너비와 상기 자속집중블록의 너비를 더한 단위값이고, 상기 슬롯 피치는 상기 치의 너비와 치 사이의 간격을 더한 단위값인, 선형발전기.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 코어모듈은, 상기 복수의 치에 감기는 각 코일에 각각 연결되는 복수의 정류회로를 더 포함하는, 선형발전기.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 코어모듈은, 상기 각 코일이 직렬 연결되는, 선형발전기.

청구항 9

제 1항에 있어서,
 상기 선형발전기는,
 상기 자속모듈의 양단에 설치되는 LM 레일; 및
 상기 코어모듈에 연결되어 상기 LM 레일을 따라 이동하여 상기 코어모듈을 이동시키는 LM 블록을 더 포함하는,
 선형발전기.

청구항 10

제 9항에 있어서,
 상기 선형발전기는, 상기 LM 레일을 상기 자속모듈의 양단에 설치하기 위한 레일 고정판을 더 포함하는, 선형발전기.

청구항 11

제 10항에 있어서,
 상기 레일 고정판은, 알루미늄으로 형성되는, 선형발전기.

청구항 12

제 10항에 있어서,
 상기 자속집중블록은 양단에 체결공을 구비하며, 체결부재에 의해 상기 레일 고정판과 상기 자속집중블록을 체결하는, 선형발전기.

청구항 13

복수의 자속집중블록 사이사이에 자석이 위치하는 자속모듈; 및
 상기 자속모듈을 중심으로 상기 자속모듈의 양측에 위치하여 이동함에 따라 코어로부터 연장된 복수의 치 (teeth)에 감긴 코일에 유도 기전력이 발생하는 코어모듈을 포함하며,
 상기 자속모듈은, 상기 자속집중블록을 중심으로 양측에 위치한 자석은 동일한 극이 대향하여 상기 양측에 위치한 자석에서 한 자석으로부터 다른 자석을 향하여 발생하는 자속이 상기 자속집중블록의 중심으로 올수록 휘어져 상기 자석이 위치하지 않은 상기 자속집중블록의 양단으로 유도되고, 상기 자속집중블록 사이사이에 위치한 자석의 이탈을 방지하는 복수의 돌기가 상기 자속집중블록에 형성되며,
 상기 자석의 너비와 상기 자속집중블록의 너비를 더한 단위값인 극 피치(pole pitch)와 상기 치의 너비와 치 사이의 간격을 더한 단위값인 슬롯 피치(slot pitch) 간 관계는 N 이 자연수일 때, N 개의 극 피치와 $N+1$ 개의 슬롯 피치가 동일한 N pole $N+1$ slot 구조인, 선형발전기.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 13항에 있어서,
 상기 자속모듈은, 상기 자속의 방향이 상기 자속집중블록의 중심으로 올수록 90도로 휘어지는, 선형발전기.

청구항 16

제 13항에 있어서,
 상기 코어모듈은, 상기 복수의 치에 감기는 각 코일에 정류회로가 각각 연결되는, 선형발전기.

청구항 17

제 16항에 있어서,
상기 정류회로는, 풀브릿지 정류회로인, 선형발전기.

청구항 18

제 17항에 있어서,
상기 정류회로는, 네 개의 MOSFET으로 구성되는, 선형발전기.

청구항 19

제 17항에 있어서,
상기 코어모듈은, 상기 각 코일이 직렬 연결되는, 선형발전기.

청구항 20

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 선형발전기 및 이를 이용한 발전방법에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 자석의 공간을 효율적으로 구성할 수 있는 자속 집중법(flux concentration method)을 이용한 선형발전기 및 이를 이용한 발전방법에 대한 것이다.

배경기술

[0002] 파력에너지는 해양에너지 중 바람에 의한 해수의 진동에너지를 의미한다. 파도는 조류와 달리 해수의 상하 또는 좌우로 운동하는 왕복운동 에너지를 의미하며 이 운동에너지를 이용하여 사용 가능한 에너지로 변환시키는 장치를 통상 파력에너지 변환장치(wave energy converter)라 한다.

[0003] 파력에너지 변환장치는 크게 두 부분으로 구성되는데 진동하는 파도의 운동에너지를 기계적인 에너지로 변환하는 기계장치(mechanical part)와 이 기계장치를 전기에너지로 변환하는 발전기로 나뉘게 된다. 기계장치는 대부분 부이(bouy)의 형태로 그 형상과 질량 등에 따라 파도의 운동에 대응하는 공명진동수(resonance frequency)가 결정된다. 이 부이의 운동 역시 파도의 운동에 따라 진동운동을 하게 되며 발전기를 통해 전기에너지로 변환하게 된다.

[0004] 부이의 진동 운동에너지를 전기에너지로 변환하기 위해서는 진동운동을 회전운동으로 변환한 후, 회전형 발전기를 통해 전기를 생산하는 방법과 진동을 이용한 발전이 가능한 선형발전기를 이용하는 방법이 있다. 전자의 경우 진동운동을 회전운동으로 변환하기 위한 별도의 기계적 장치가 필요하다. 이를 위해, 플라이휠 또는 유체펌프 등을 이용하는 방법이 있으나 이 과정에서 기계적인 에너지 손실이 발생할 뿐만 아니라 기계적인 구조에서 취약점이 발생하는 등의 단점이 존재한다. 그리하여, 이러한 기계적인 에너지 손실을 방지하면서 구조물을 간단하게 만들기 위해 직접적인 왕복운동의 에너지 변환장치 개발이 필요하여 선형발전기가 주목을 받고 있다.

[0005] 이러한 선형발전기는 회전형 발전기에 비해 높은 제작비, 가격대비 낮은 효율 등의 단점으로 인해 회전형 발전기에 비해 경쟁성이 낮은 문제가 있으나, 신재생 에너지원의 하나인 파력 에너지 개발이 각광을 받으면서 더욱 주목받고 있다.

[0006] 선형발전기는 크게 고정자(stator)와 이동자(rotor)로 구분되며 고정자에는 주로 코어(코어가 없는 타입도 있음)에 코일이 감겨있고, 이동자에는 자석이 배열되어 있어 고정자를 중심으로 이동자가 왕복운동을 하면서(또는 이동자를 중심으로 고정자가 상대운동을 할 수도 있음) 코일 수직면에 자속밀도의 변화를 통해 전기를 생산할 수 있다. 선형발전기는 회전형 발전기에 비해 이동자의 속도가 굉장히 느리기 때문에 코깁력을 감쇄시킬 필요가 있다. 코깁력이란 자석에 의해 자화된 코어와 자석 사이에 발생하는 자력으로 서로 끌어당기는 인력의 형태를 띤다. 이동자는 자석이 N극과 S극의 주기적인 배열로 이루어져있기 때문에 코깁력 역시 주기적인 변화가

있다. 이 코깅력을 극복할 수 있는 기계적 외력이 가해지거나 이동자의 관성 자체가 코깅력 이상일 경우에만 이동자는 움직일 수가 있게 된다.

- [0007] 도 1은 선형발전기의 이동자의 변위에 따른 코깅력 및 코깅력의 평균을 각각 도시한 그래프이다.
- [0008] 도 1을 참조하면, 코깅력의 평균이 약 1000N이고 외력이 1100N이라 하더라도, 항상 외력이 코깅력을 극복할 수 없기 때문에 이동자의 운동이 제약받게 된다. 특히, 선형발전기는 왕복운동을 하기 때문에 이동자의 운동방향을 바꾸는 시점에서 이동자의 관성이 0이 되기 때문에 코깅력보다 큰 외력이 작용하지 않게 되면 선형발전기가 움직일 수 없다.
- [0009] 도 2는 종래의 선형발전기의 구조를 도시한 단면도이며, 도 3은 도 2의 선형발전기에 작용하는 자속선을 도시한 도면이고, 도 4는 도 2의 선형발전기의 한 슬롯(slot) 당 작용하는 코깅력을 도시한 그래프이다.
- [0010] 도 2를 참조하면, Back born(31)에 N극과 S극의 자석(32)이 교대로 배치되는 자석 어셈블리(30)가 하부에 위치한다. 그리고, 코어(21)가 자석 어셈블리(30)의 상부에 위치하며, 이 코어(21)의 각 치(teeth, 22)에는 예나멜 선으로 감긴 코일(25)을 삽입하게 된다. 코어(21)와 코일(25)로 이루어진 부분이 코어 어셈블리(20)가 된다. 즉, 선형발전기(10)는 코어 어셈블리(20)와 자석 어셈블리(30)로 이루어진다.
- [0011] 도 3을 참조하면, 코어(21)는 자력이 유도되는 물질로 되어 있으며 자석(32)의 N극으로부터 형성된 자력은 코어(21)를 거쳐 S극으로 도달하게 된다.
- [0012] 자석 어셈블리(30)와 코어 어셈블리(20)가 일정간격을 유지한 채 좌우로 왕복운동을 하게 되면 각 치(22)에 유도되는 자속밀도가 바뀌게 된다. 각 치(22)에 유도된 자속밀도가 시간에 따라 바뀌게 되면 각 코일(25)의 단면적을 지나는 전체 자속의 변화로 인해 기전력이 발생하고 코일(25)에는 전류가 흐르게 된다. 만약 극 피치(pole pitch)와 슬롯 피치(slot pitch)의 길이의 비가 1:1인 경우, 마주한 코일(25) 끝의 기전력의 위상차가 180도가 되므로 이웃한 코일(25)끼리 결선을 반대 방향으로 하게되면 동일한 위상의 기전력을 직렬 연결하는 효과를 볼 수가 있다.
- [0013] 한 슬롯 당 작용하는 코깅력(cogging force)은 푸리에 급수 전개(Fourier series expansion)로 표현할 수 있으며 다음과 같은 수학적 식 1로 표현된다.

수학적 식 1

$$f_i = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(mwx + \alpha_n), \quad w = \frac{2\pi}{\tau_p}$$

[0014]

- [0015] 여기에서, A_n , α_n 은 각각 n번째 슬롯에 작용하는 힘과 위상 조화 요소(harmonic component)이다. 이 힘은 대략적인 삼각함수의 형태를 따르게 되는데 그 힘은 위치에 따라 안정점과 불안정점으로 나뉘며 안정점을 향해 끌려가려는 경향이 있으며, 이러한 특징은 도 4에 도시되어 있다.
- [0016] 극 피치(pole pitch)와 슬롯 피치(slot pitch)의 길이의 비가 1:1인 경우, 코깅력이 슬롯의 수에 비례해서 커지므로 큰 전력을 얻기 위해 슬롯을 늘리게 될수록 더 큰 코깅력이 발생하게 된다. 슬롯의 수가 10개라면 코어 어셈블리(20)에 작용하는 코깅력도 10배가 된다.
- [0017] 그리하여, 선형발전기의 연구는 자속을 증대시키는 동시에 코깅력을 감소 시키는 방법이 연구되어 왔다. 코깅력을 감쇄시키기 위해 슬롯 피치와 극 피치의 비를 다르게 하는 방법이 있다. 최근 연구 동향은 9 pole 10 slot이라 하여 슬롯 피치와 극 피치를 $9\tau_p = 10\tau_s$ (τ_p : 극 피치, τ_s : 슬롯 피치)로 하게 되면 위상차에 의해 코깅력을 줄일 수 있다고 알려져 있다.
- [0018] 10개의 치(22)로 구성된 코어 어셈블리(20)에 작용하는 코깅력의 합은 다음의 수학적 식 2와 같이 표현된다.

수학식 2

$$\begin{aligned}
 F_{9p10s}(x) &= \sum_{i=1}^{10} \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(nwx + \alpha_n + \frac{\pi}{10}i) \\
 &= 10 \sum_{m=1}^{\infty} A_{10m} \sin(10mwx + \alpha_{10m})
 \end{aligned}$$

[0019]

[0020]

이러한 경우, 10의 배수에 해당하는 조화(harmonic) 요소만 남게 되고 나머지 1~9배수의 조화 요소는 위상차에 의해 상쇄가 됨으로 코강력이 현저하게 줄어들게 된다. 그러나, 여전히 이웃한 슬롯당 36도씩 위상차가 나는 문제점이 발생한다. 다만, 각 코일을 결선하는 순서를 잘 배치함에 따라 3상의 교류 전력을 생산할 수 있으나, 위상차를 이용하더라도 코강력을 완벽하게 줄일 수 없다.

[0021]

또한 위상차를 180도를 뒤 코강력을 상쇄시킬 수도 있으나, 코강력 자체가 완벽한 좌우 대칭을 이루지 않기 때문에 완벽한 상쇄는 어려우며, 이동자에서 자석이 차지하는 부피가 작아 공간효율성이 떨어지며 자석을 부착시키기 위해 별도의 접착제를 사용해야 하는 조립의 불편함 등이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0022]

(특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2011-0082183호 (2011.07.18. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0023]

본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로, 코강력 감쇄효과가 우수한 N pole N+1 slot의 구조를 갖는 선형발전기 및 이를 이용한 발전방법을 제공하는 것이다.

[0024]

또한, 이동자의 자석의 공간 효율성을 높이는 동시에 접착제를 사용하지 않으면서도 이동자를 구성할 수 있는 자속 집중법(flux concentration method)을 이용한 선형발전기 및 이를 이용한 발전방법을 제공하는 것이다.

[0025]

본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0026]

상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기는, 복수의 자속집중블록 사이사이에 자석이 위치하며, 상기 자속집중블록을 중심으로 양측에 위치한 자석은 동일한 극이 대향하여 상기 자석으로부터 발생하는 자속이 상기 자속집중블록의 양단으로 유도되는 자속모듈; 및 코일을 구비하며, 상기 자속모듈을 중심으로 상기 자속모듈의 양측에 위치하여 이동함에 따라 상기 자속에 의해 상기 코일에 유도 기전력이 발생하는 코어모듈을 포함한다.

[0027]

상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 선형발전기는, 복수의 자속집중블록 사이사이에 자석이 위치하는 자속모듈; 및 상기 자속모듈을 중심으로 상기 자속모듈의 양측에 위치하여 이동함에 따라 코어로부터 연장된 복수의 치(teeth)에 감긴 코일에 유도 기전력이 발생하는 코어모듈을 포함하며, 상기 자석의 너비와 상기 자속집중블록의 너비를 더한 단위값인 극 피치(pole pitch)와 상기 치의 너비와 치 사이의 간격을 더한 단위값인 슬롯 피치(slot pitch) 간 관계는 N개의 극 피치와 N+1개의 슬롯 피치가 동일한 N pole N+1 slot 구조인 것을 특징으로 한다.

[0028]

상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기를 이용한 발전방법은, 복수의 자속집중블록

사이사이에 자석이 위치하는 자속모듈 및 상기 자속모듈을 중심으로 상기 자속모듈의 양측에 위치하는 코어모듈을 포함하는 선형발전기를 이용한 발전방법에 있어서,

[0029] 상기 자속집중블록 사이사이에 위치한 상기 자석이 상기 자속집중블록을 중심으로 양측에 동일한 극이 대향하여 위치함으로써 상기 자석으로부터 발생하는 자속이 상기 자속집중블록의 양단으로 유도되는 단계; 상기 코어모듈이 LM 블록에 연결되어 LM 레일을 따라 이동하는 단계; 상기 코어모듈의 이동에 따라 상기 코어모듈에 포함된 복수의 코일에 유도 기전력이 발생하는 단계; 상기 유도 기전력에 의해 상기 복수의 코일에 흐르는 전류가 상기 복수의 코일에 각각 연결된 정류회로에 의해 정류되는 단계; 및 상기 정류된 전류가 상기 복수의 코일의 직렬 연결에 의해 합산되어 출력되는 단계를 포함한다.

[0030] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 따르면, 자속 집중법(flux concentration method)을 이용하여 선형발전기에 사용되는 자석의 공간 효율성을 높이는 동시에 접촉제를 사용하지 않으면서도 자석을 선형발전기에 구현할 수 있다.

[0032] 또한, 종래의 선형발전기의 구조인 9 pole 10 slot 구조를 N pole N+1 slot의 구조로 확장하여 코깁력 감쇄효과를 증대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 선형발전기의 이동자의 변위에 따른 코깁력 및 코깁력의 평균을 각각 도시한 그래프이다.
- 도 2는 종래의 선형발전기의 구조를 도시한 단면도이다.
- 도 3은 도 2의 선형발전기에 작용하는 자속선을 도시한 도면이다.
- 도 4는 도 2의 선형발전기의 한 슬롯(slot) 당 작용하는 코깁력을 도시한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 사시도이다.
- 도 6은 도 5의 선형발전기에 사용되는 자속모듈의 단면도이다.
- 도 7은 도 5의 선형발전기에 사용되는 자속모듈의 사시도이다.
- 도 8은 도 5의 선형발전기에 사용되는 자속모듈에 LM(Linear Motion) 레일이 연결된 사시도이다.
- 도 9는 도 5의 선형발전기를 상부에서 바라 본 상면도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기에 사용되는 코일에 연결된 회로도이다.
- 도 11a는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 10개의 슬롯에 감긴 코일에서 출력되는 전력을 도시한 그래프이다.
- 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 10개의 슬롯에 감긴 코일에서 출력되는 전력을 정류한 정류 전력을 도시한 그래프이다.
- 도 11c는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 10개의 슬롯에 감긴 코일을 직렬 연결하여 출력되는 정류 전력을 도시한 그래프이다.
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기를 이용한 발전방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0035] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술

분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

- [0036] 이하, 본 발명에 대하여 첨부된 도면에 따라 보다 상세히 설명한다.
- [0037] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 사시도이며, 도 6은 도 5의 선형발전기에 사용되는 자속모듈의 단면도이고, 도 7은 도 5의 선형발전기에 사용되는 자속모듈의 사시도이고, 도 8은 도 5의 선형발전기에 사용되는 자속모듈에 LM(Linear Motion) 레일이 연결된 사시도이고, 도 9는 도 5의 선형발전기를 상부에서 바라본 상면도이다.
- [0038] 도 5 내지 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기(100)는 자속모듈(110), 코어모듈(120), LM 레일(130), LM 블록(140), 레일 고정판(150) 등을 포함한다.
- [0039] 자속모듈(110)은 복수의 자속집중블록(112) 사이사이에 자석(114)이 위치하며, 상기 자속집중블록(112)을 중심으로 양측에 위치한 자석(114)은 동일한 극이 대향하여 상기 자석(114)으로부터 발생하는 자속이 상기 자속집중블록(112)의 양단으로 유도된다. 여기에서, 자속집중블록(112)은 철로 형성된다. 그리고, 자석은 주로 네오디움 자석을 사용할 수 있다.
- [0040] 도 6에 도시한 바와 같이, 자석(114)의 방향은 자속집중블록(112)을 중심으로 같은 극이 마주본다. 그러므로, 자속의 방향은 자석(114) 부근에서는 횡방향이지만 자속집중블록(112)의 중심으로 올수록 상하 방향을 향하게 되며, 이러한 방식을 자속 집중법(flux concentration method)으로 칭하도록 한다.
- [0041] 또한, 자속집중블록(112) 사이에 적어도 하나의 자석(114)이 위치한다. 도 6에 자속집중블록(112) 사이에 두 개의 자석(114)이 위치하고 있으나, 이에만 제한되지 않음은 당업자에게 자명하다 할 것이다.
- [0042] 자속 밀도는 물질의 성질이기에 때문에 자석(114)만을 사용하여 얻을 수 있는 자속밀도에는 한계가 있다. 그러나, 자속 집중법을 이용하면 자석(114)의 단면적 대비 자속집중블록(112)의 상하 단면적의 비가 클수록 더 큰 자속을 유도할 수 있기 때문에 사용된 자석(114)보다도 2~3배 강력한 자속을 유도할 수 있게 된다.
- [0043] 이러한 자속 집중법을 이용하면 자석(114)의 세기를 강력하게 만들 수 있는 동시에 조립도 용이하다. 자속집중블록(112)은 통상 철로 형성되므로, 자석(114)이 붙게 되며 자속집중블록(112)의 한 면에 자석(114)이 붙어 있다 하더라도 다른 면에 같은 극의 자석(114)을 붙일 수 있다. 자석(114)과 자석(114)은 척력이 작용하지만 중간에 자속집중블록(112)이 존재함에 따라 인력이 작용하게 되어 자속모듈(110)의 구조를 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0044] 또한, 자속집중블록(112) 사이사이에 위치한 자석(114)의 이탈을 방지하는 복수의 돌기가 상기 자속집중블록(112)에 형성된다. 즉, 자석(114)의 이탈을 방지하기 위해 자속집중블록(112)의 상하 양단에는 돌기가 있으며, 이 돌기에 의해 자석(114)을 구속시켜 자석(114)의 상하 이탈을 방지한다. 그리하여, 자석(114)을 횡방향으로만 구속시키면 완벽하게 자석(114)을 고정시킬 수 있는 것이다.
- [0045] 코어모듈(120)은 코일을 구비하며, 자속모듈(110)을 중심으로 상기 자속모듈(110)의 양측에 위치하여 이동함에 따라 자속에 의해 상기 코일에 유도 기전력이 발생된다. 이를 위해, 코어모듈(120)은 코어(122) 및 상기 코어(122)로부터 연장되어 코일이 감기는 복수의 치(teeth, 124)를 포함할 수 있다.
- [0046] 여기에서, 코어(122)는 적층된 규소강판(laminated silicon steel)을 이용할 수 있다. 적층된 규소강판은 자력이 유도되는 물질로 되어 있으며 자석(114)의 N극으로부터 형성된 자력은 코어(122)를 거쳐 자석(114)의 S극으로 도달하게 된다.
- [0047] 또한, 코어모듈(120)에서 치(124)의 개수는 설계자에 의해 적절히 변경될 수 있으며, 코어모듈(120)이 자속모듈(110)을 중심으로 이동하는 경우(반대로 코어모듈(120)이 고정되고 자속모듈(110)이 이동하는 경우도 가능), 치(124)의 개수에 따라 선형발전기(100)는 N pole N+1 slot 구조가 된다. 이때, N개의 극 피치(pole pitch)와 N+1개의 슬롯 피치(slot pitch)가 동일하게 설계되는 것이 바람직하다. 즉, $N\tau_p = (N+1)\tau_s$ (τ_p : 극 피치, τ_s : 슬롯 피치)인 것이 바람직하다. 여기에서, 극 피치(τ_p)는 자석(114)의 너비와 자속집중블록(112)의 너비를 더한 단위값이고, 슬롯 피치(τ_s)는 치(124)의 너비와 치(124) 사이의 간격을 더한 단위값을 의미한다.
- [0048] 그리고, 도 9에 도시한 바와 같이, 자속모듈(110)을 중심으로 두 개의 코어모듈(120, 125)이 자속모듈(110)의 양측에 위치하는 양측식 구조이다. 그러므로, 두 개의 코어모듈(120, 125)은 자석을 기준으로 한 위상이 서로

180도 다르기 때문에 코깁력 또한 위상이 180도 차이나게 된다.

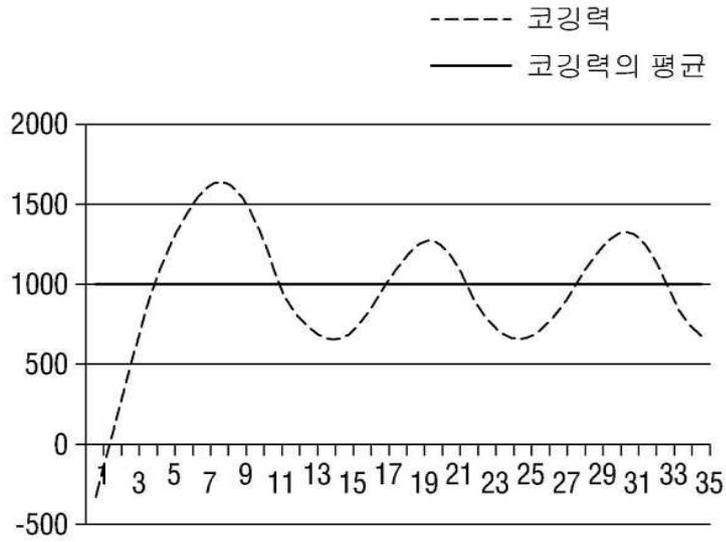
- [0049] LM 레일(130)은 자속모듈(110)의 양단에 설치되며, LM 블록(140)은 코어모듈(120)에 연결되어 상기 LM 레일(130)을 따라 이동하여 상기 코어모듈(120)을 이동시킨다.
- [0050] 그리고, 레일 고정판(150)은 LM 레일(130)을 자속모듈의 양단에 설치하기 위해 자속모듈(110)의 양단에 체결된다. 이를 위해, 도 7에 도시한 바와 같이, 자속집중블록(112)은 양단에 체결공(113)을 구비하며, 체결부재(미도시)에 의해 상기 레일 고정판(150)과 상기 자속집중블록(112)을 체결한다. 이러한 레일 고정판(150)은 LM 레일(130)을 자속모듈(110)에 연결하는 역할을 하는 동시에, 자속집중블록(112)을 고정하는 역할도 한다. 여기에서, 레일 고정판(150)은 자속에 유도가 되면 안되므로 알루미늄으로 형성되는 것이 바람직하다. 그리고, 레일 고정판(150)은 자속집중블록(112)과 체결부재로 체결되며, 이를 위해 체결공(152)을 구비한다.
- [0051] 도 5를 참조하면, 자속모듈(110)의 상부에 레일 고정판(150)이 연결되고, 이 레일 고정판(150)에 LM 레일(130)이 연결된다. 그리고, LM 레일(130) 위에 LM 블록(140)이 이동하며, LM 블록(140)의 이동에 따라 코어모듈(120)이 이동하게 된다. 코어모듈(120)이 이동함에 따라 코어모듈(120)의 코일(160)에 유도 기전력이 발생하게 되는 것이다. 여기에서, 자속모듈(110)이 고정자, 코어모듈(120)이 이동자의 역할을 하나, 반대로 자속모듈(110)이 이동자, 코어모듈(120)이 고정자의 역할을 할 수도 있음은 물론이다.
- [0052] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기에 사용되는 코일에 연결된 회로도이다.
- [0053] 전술한 바와 같이, 자속모듈(110)과 코어모듈(120)의 상호 작용에 의해 발생하는 전력은 교류 전력이 된다. 전력이 주기적으로 변하는 경우, 발전기 자체의 댐핑(damping) 계수를 변화시키게 되어 이동자의 매끄러운 왕복 운동을 방해한다. 이러한 불균일한 역기전력과 코깁력은 추력(external thrust force)을 방해하여 발전기가 움직이지 못하거나, 불균일한 운동을 하게 만드는 요인이 된다.
- [0054] 이를 해결하기 위해 교류를 직류로 변환할 필요가 있으며, 이에 따라 코어모듈(120)은 복수의 치(124)에 감기는 각 코일(160)에 각각 연결되는 복수의 정류회로(170)를 포함할 수 있다. 그리고, 각 코일(160)은 직렬 연결되는 것이 바람직하다. 여기에서, 정류회로(170)는 풀브릿지 정류회로일 수 있으며, 네 개의 MOSFET으로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0055] N개의 극 피치(pole pitch)와 N+1개의 슬롯 피치(slot pitch)가 동일한 N pole N+1 slot 구조의 선형발전기(100)는 각 코일(160)로부터 생성되는 전력의 위상차가 발생하게 되며 이웃한 슬롯(slot)끼리 $360/(n+1)$ 도의 위상차를 형성하게 된다. 그런데, 각 슬롯에서 발생하는 기전력을 단순히 병렬 또는 직렬로 합칠 경우 동일한 위상차의 반복에 의해 기전력은 0이 되게 된다. 그러므로, 각 슬롯에서 발생하는 기전력을 정류한 후, 직렬 연결하게 된다.
- [0056] 도 10을 참조하면, 각 코일(160)에서 나오는 전류는 교류에 가까운 형태이므로 교류표기로 할 수 있다. Coil 1(160_1)부터 Coil_N(160_N)까지 나오는 전류는 정류회로(170)를 거치게 된다. 각 정류회로(170)는 네 개의 MOSFET으로 구성된다. 각 MOSFET을 구동하는 스위치 입력은 코일(160) 양단의 전압 방향에 의해 결정된다. 코일 양단의 전압이 +일 경우(접지 기준), 비교기를 통해서 input.b는 1의 신호가 가해지며 input.a는 0의 신호가 가해지게 된다. 전류는 1의 신호가 인가된 MOSFET으로만 흐르므로 Coil 1(160_1)에서 발생한 전류는 V1+를 통해서 나가고 V1-를 통해서 들어오게 된다. 반대로 양단의 전압이 -인 경우 input.a에 1의 신호가, input.b에 0의 신호가 인가되어 결국 Coil 1(160_1)으로부터 유도된 전류는 V1+를 통해 흐르게 된다. 이와 같은 방식으로 N개의 코일(160)에 정류 회로(170)를 구성하고 각 회로의 출력 V1+ 부터 V_N+까지 모두 직렬로 결선하게 되면 기전력이 모두 양의 방향으로 합산되어 직류 전력을 얻어 낼 수 있게 된다.
- [0057] 도 11a는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 10개의 슬롯에 감긴 코일에서 출력되는 전력을 도시한 그래프이며, 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 10개의 슬롯에 감긴 코일에서 출력되는 전력을 정류한 정류 전력을 도시한 그래프이고, 도 11c는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형발전기의 10개의 슬롯에 감긴 코일을 직렬 연결하여 출력되는 정류 전력을 도시한 그래프이다.
- [0058] 전술한 바와 같이, 코어모듈(120)의 각 슬롯으로부터 발생하는 기전력에도 위상차가 발생하게 되어, 각 슬롯에서 발생하는 기전력을 단순히 병렬 또는 직렬로 합칠 경우 동일한 위상차의 반복에 의해 기전력은 0이 되게 된다.
- [0059] 도 11a 내지 도 11c에서 직류 유도과정의 설명을 위해 9 pole 10 slot인 구조를 가정하도록 한다.
- [0060] 도 11a에서, 각 코일(160)은 이웃한 코일과 $36(360/10\text{slot})$ 의 위상 차이가 나며 각 코일(160)로부터 유도된

160: 코일

170: 정류 회로

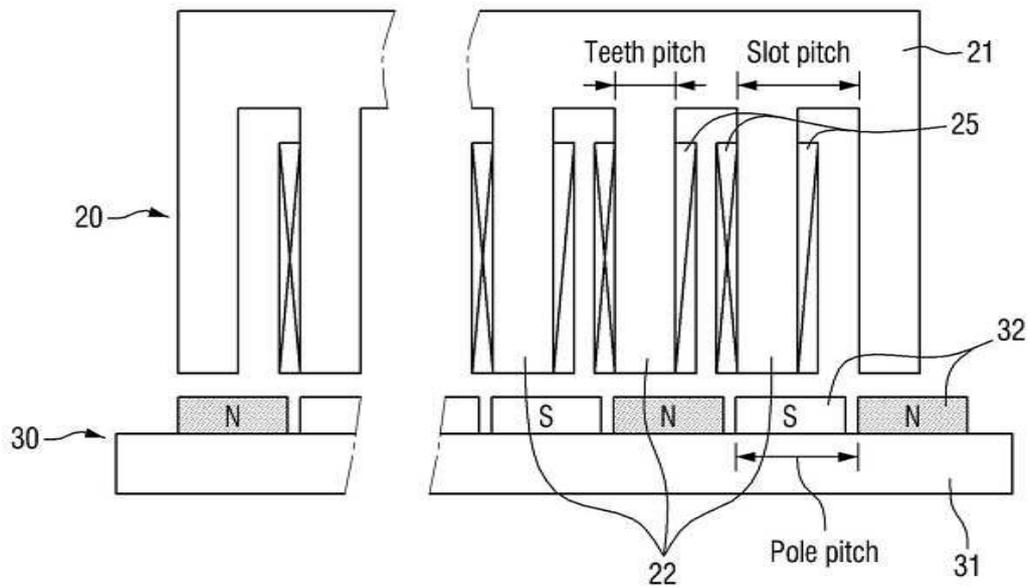
도면

도면1

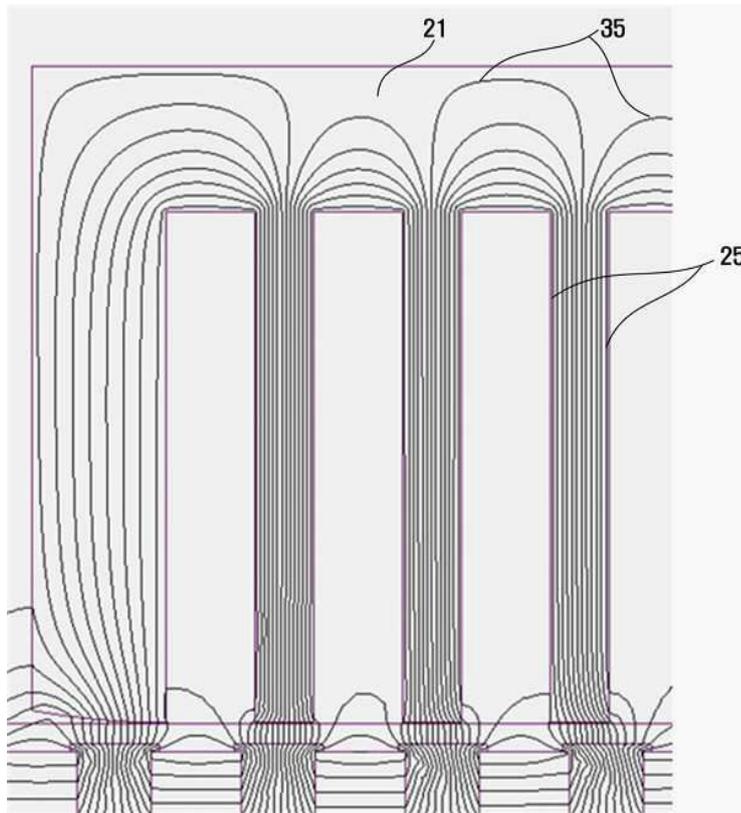


도면2

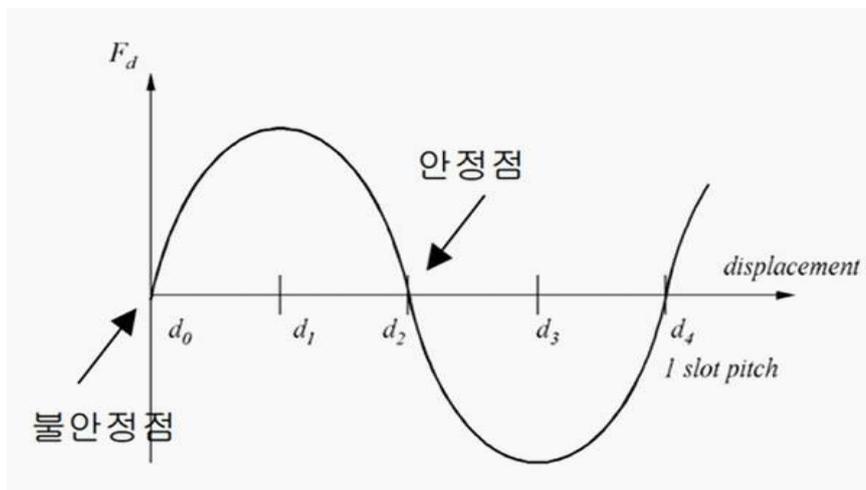
10



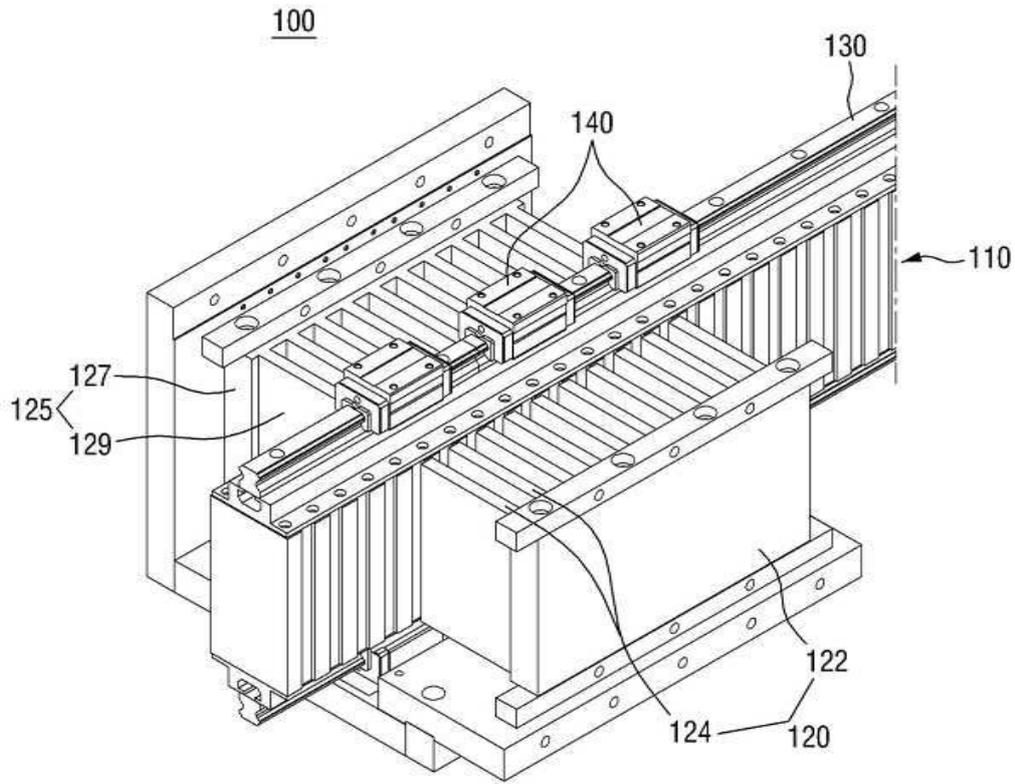
도면3



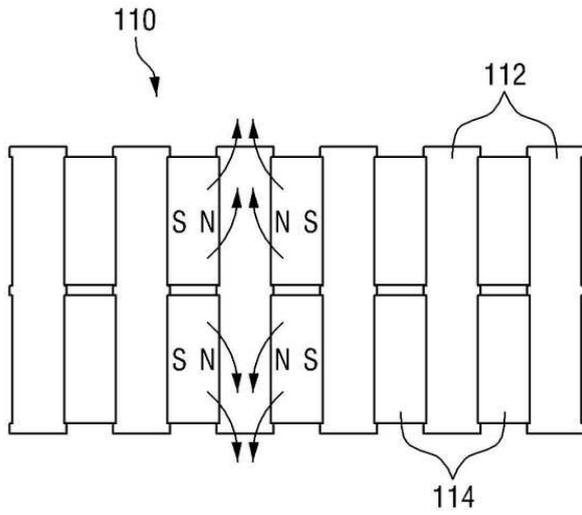
도면4



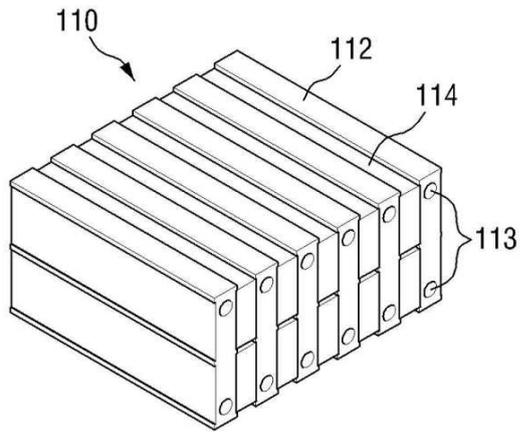
도면5



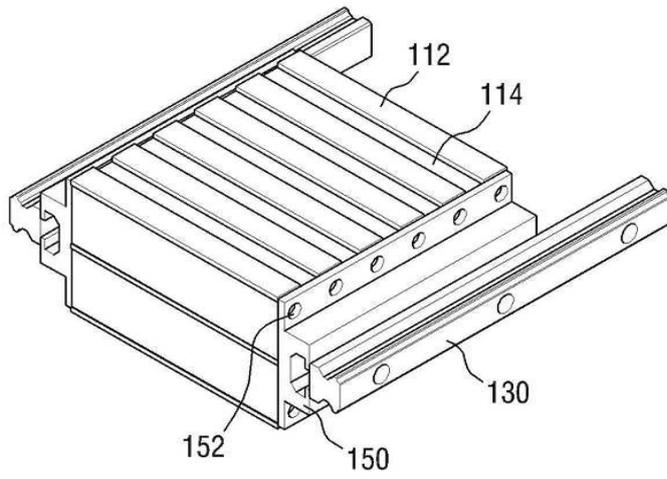
도면6



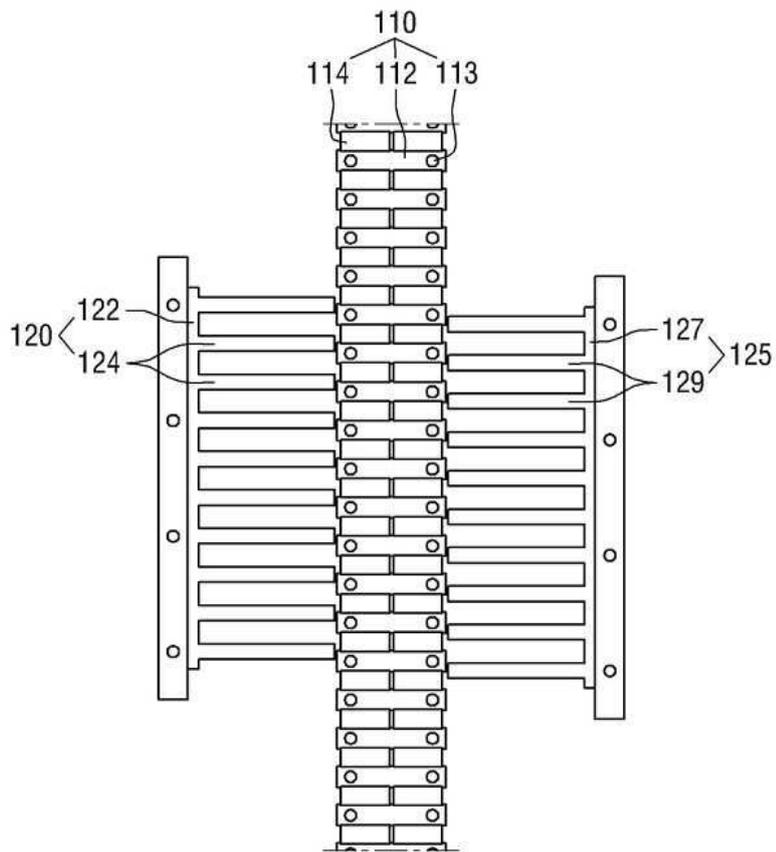
도면7



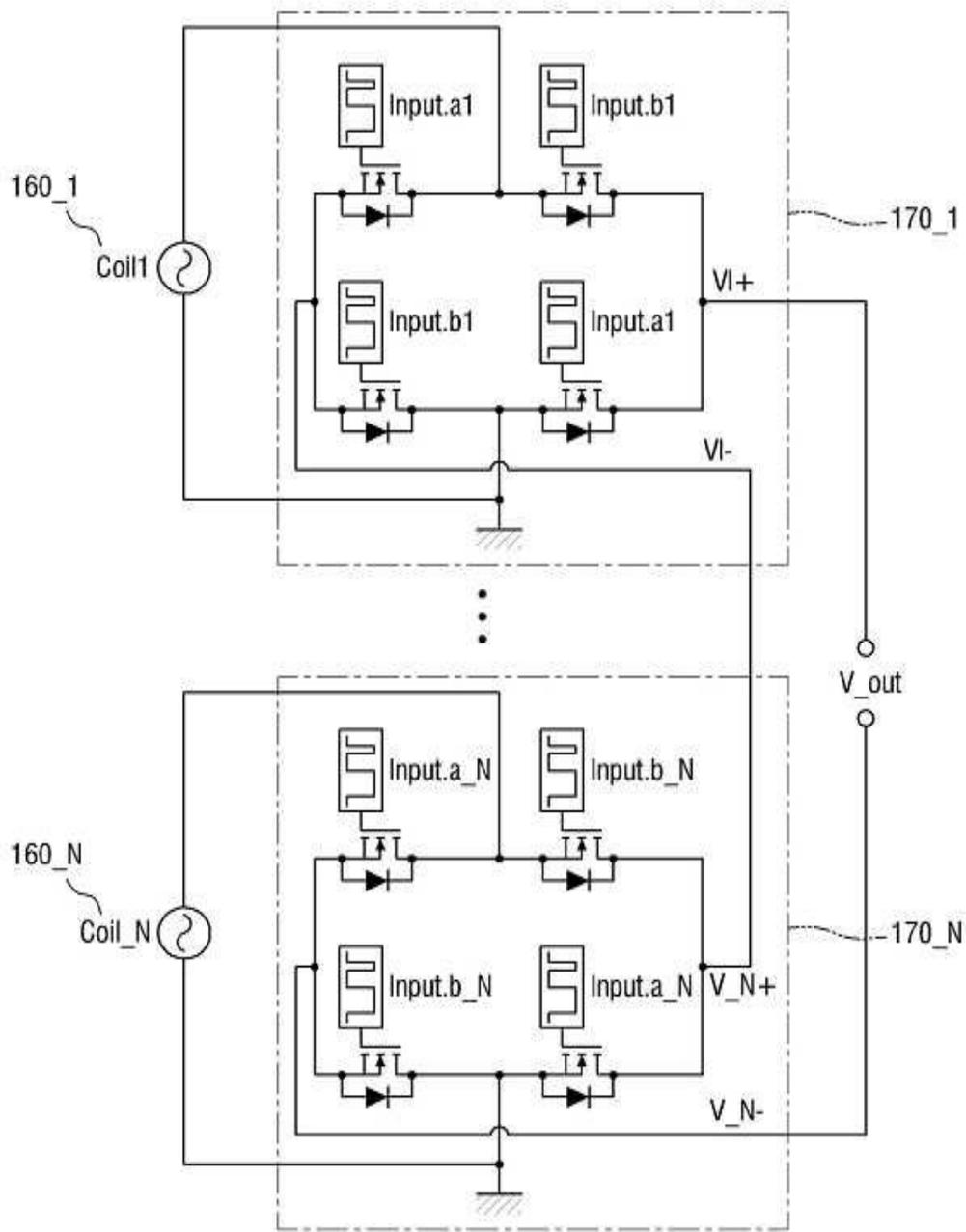
도면8



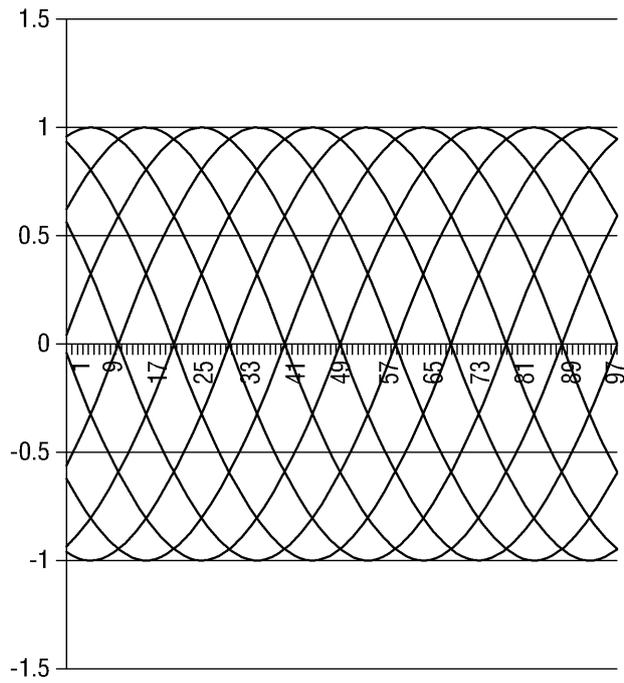
도면9



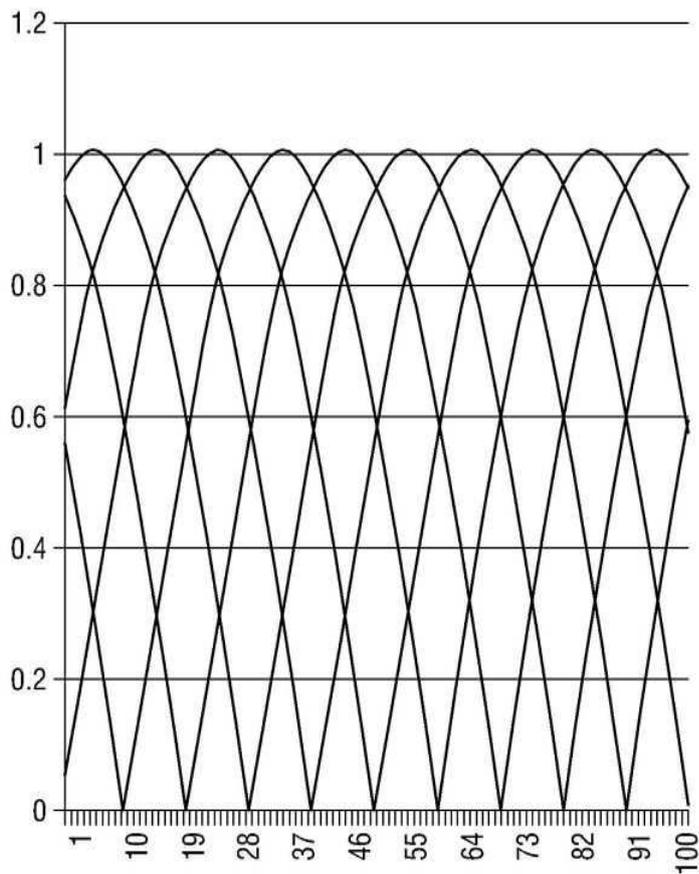
도면10



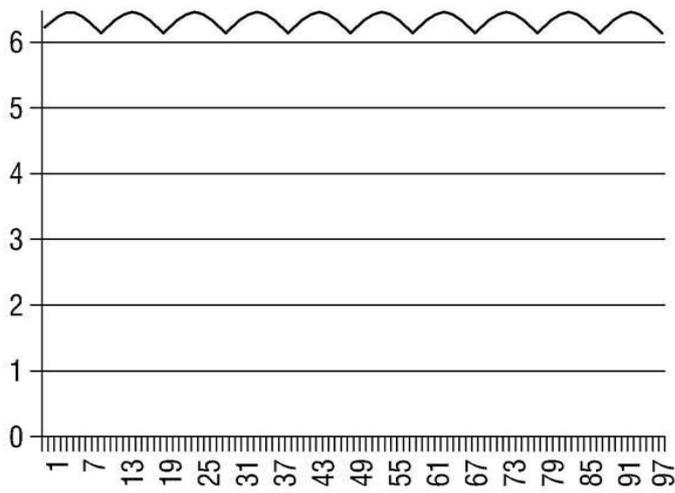
도면11a



도면11b



도면11c



도면12

