



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월16일  
(11) 등록번호 10-1879112  
(24) 등록일자 2018년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02K 1/16 (2006.01) F03D 9/00 (2016.01)  
H02K 29/03 (2006.01) H02K 7/18 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H02K 1/165 (2013.01)  
F03D 9/25 (2016.05)  
(21) 출원번호 10-2016-7022688  
(22) 출원일자(국제) 2014년12월11일  
심사청구일자 2016년08월19일  
(85) 번역문제출일자 2016년08월19일  
(65) 공개번호 10-2016-0111475  
(43) 공개일자 2016년09월26일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/077392  
(87) 국제공개번호 WO 2015/106891  
국제공개일자 2015년07월23일  
(30) 우선권주장  
10 2014 200 947.2 2014년01월20일 독일(DE)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20120074797 A1\*  
KR1020130027503 A\*  
KR1020120098437 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
보벤 프로퍼티즈 게엠베하  
독일 26607 아우리흐 보르지그슈트라쎄 26  
(72) 발명자  
디드리히스 폴커  
독일 26203 바르텐부르크 프리드리히-코오프만-슈  
트라쎄 30  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 17 항

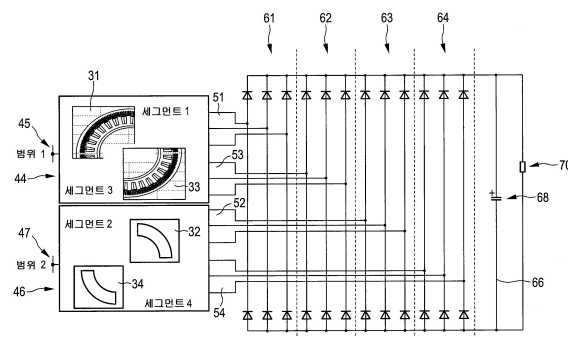
심사관 : 정재현

(54) 발명의 명칭 기어리스형 풍력 발전 설비의 동기 발전기

(57) 요약

본 발명은, 전기를 생성하기 위한, 기어리스형 풍력 발전 설비(101)의 동기 발전기(1), 특히 다극 동기 링 발전기(1)에 관한 것이며, 상기 동기 발전기는 로터(4)와, 치부들(8) 및 이 치부들 사이에 배치되어 스테이터 권선부를 수용하기 위한 홈부들(10)을 구비한 스테이터(6)를 포함하고, 스테이터(6)는 원주방향으로 복수의 치부(8) 및 홈부(10)를 각각 구비한 스테이터 세그먼트들(31 ~ 34)로 분할되며, 적어도 2개의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)는 원주방향으로 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차된다.

대표도



(52) CPC특허분류

*H02K 29/03* (2013.01)

*H02K 7/1838* (2013.01)

*H02K 2213/03* (2013.01)

*Y02E 10/725* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전력을 생성하기 위한, 기어리스형 풍력 발전 설비(101)의 동기 발전기(1)로서,

- 로터(4)와,
- 치부(8)들 및 이 치부들 사이에 배치되어 스테이터 권선부를 수용하기 위한 홈부(10)들을 구비한 스테이터(6)를 포함하고,

상기 스테이터(6)는 원주방향으로 복수의 치부(8) 및 홈부(10)를 각각 포함하는 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)들로 분할되며, 그리고 적어도 2개의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)는 원주방향으로 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차되고,

각각의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)는 권선 세그먼트(51 ~ 54)로서의 스테이터 권선부의 일부분을 수용하고, 하나의 세그먼트 그룹(31, 33; 32, 34)의 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트(31, 33; 32, 34)들의 권선 세그먼트(51, 53; 52, 54)들은 서로 연결되는 것인, 동기 발전기.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 적어도 하나의 치부(8)는 하나의 스테이터 극을 형성하고, 2개의 스테이터 극은 하나의 극 쌍을 형성하며, 각각의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)의 극 쌍들의 개수는 2의 배수인 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 4개의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)가 제공되고, 상기 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)들은 2개의 세그먼트 그룹(31, 33; 32, 34)으로 그룹화되며, 각각의 세그먼트 그룹(31, 33; 32, 34)의 극 쌍들의 개수가 4의 배수이거나, 또는 하나의 세그먼트 그룹(31, 33; 32, 34)의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)들은 서로 다른 복수의 극 쌍을 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

- 각각의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)의 홈부(10)들 및 치부(8)들은 등거리로 배치되며,
- 적어도 2개의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)는, 이웃한 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)들의 이웃한 치부(8)들 또는 이웃한 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)들의 이웃한 홈부(10)들이 동일한 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)의 이웃한 치부(8)들 또는 홈부(10)들과 서로 다른 이격 간격을 갖도록, 원주방향으로 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

- 제1 스테이터 세그먼트(31)의 제1 홈부(10) 및 제2 홈부(10) 또는 상기 제1 스테이터 세그먼트(31)의 제1 치부(8) 및 제2 치부(8)는 상호 간에  $n \cdot a$ 의 평균 이격 간격을 가지며,
- $a$ 는 상기 제1 스테이터 세그먼트(31)의 2개의 이웃한 홈부(10) 또는 치부(8) 사이의 평균 이격 간격이고,
- $n$ 은 제1 홈부(10)와 제2 홈부(10) 사이에 위치하는 홈부(10)들 또는 제1 치부(8)와 제2 치부(8) 사이에 위치하는 치부(8)들의 개수보다 1만큼 작으며, 그리고
- 제2 스테이터 세그먼트(32) 상에 위치하는 추가 홈부(10)까지의 제1 홈부(10)의 평균 이격 간격, 또는 제2 스테이터 세그먼트(32) 상에 위치하는 추가 치부(8)까지의 제1 치부(8)의 평균 이격 간격은  $n \cdot a + v$  또는

$n \cdot a - v$ 이며,  $v$ 는 제1 스테이터 세그먼트(31)와 제2 스테이터 세그먼트(32) 사이의 오프셋 또는 교차를 표현하면서 0보다 크면서  $a$ 보다 작은 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 오프셋 또는 상기 교차( $v$ )는  $0.2 \cdot a$  내지  $0.3 \cdot a$  범위의 값을 갖는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 권선 세그먼트(51 ~ 54)는 제1 정류기 및 제2 정류기와 교호적으로 연결되며, 이들 두 정류기는 공통 직류 전압 중간 회로에 전류를 공급하고, 각각의 세그먼트 그룹(31, 33; 32, 34)은 B12 브리지로서 형성되는 정류기와 각각 연결되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트(31, 33; 32, 34)들의 권선 세그먼트(51, 53; 52, 54)들은 서로 직렬로 전기 연결되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 9

제7항에 있어서,

상기 스테이터 권선부 또는 상기 권선 세그먼트들은 동일 상(in-phase)의 권선 스트랜드(850)들을 포함하고,

- 제1 스테이터 세그먼트(31) 내 권선 스트랜드(850)는 제1 홈부(851)를 통해 배치되고 제2 홈부(852)를 통해서 는 복귀되고,
- 상기 제1 홈부(851) 및 제2 홈부(852)를 통한 설치는, 적어도 하나의 루프가 두 홈부(851, 852)를 통해, 그리고 그에 따라 두 홈부 사이에 위치하는 치부(8)의 둘레에 배치됨으로써 4개의 전자기 작용 권선수가 제공되도록 반복되며,
- 그런 다음 상기 권선 스트랜드(850)의 설치는, 상기 권선 스트랜드(850)가 추가 스테이터 세그먼트(33)의 제1 홈부로 이어지거나, 또는 상기 제1 홈부에서 추가 스테이터 세그먼트의 권선 스트랜드와 연결되거나, 또는 출력단으로 연결될 때까지, 제3 홈부(853) 및 제4 홈부(854)에서, 그리고 상응하는 추가 홈부들(855, 856)에서 계속되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 홈부(851)와 상기 제2 홈부(852) 사이에, 또는 적어도 하나의 루프 내에 5개의 홈부(8) 및 6개의 치부(10)가 위치하는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서, 하나의 권선 스트랜드(850)가 하나의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)를 통해, 또는 하나의 세그먼트 그룹(31, 33; 32, 34)의 모든 스테이터 세그먼트(31, 33; 32, 34)를 통해 연속해서 권선되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 스테이터(6) 및 상기 스테이터 권선부는 점 대칭되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 스테이터(6)의 모든 홈부(10)는 동일하며, 그리고 상기 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)들의 오프셋 또는 교차( $v$ )는 그에 상응하게 매칭된 치부( $8^+$ ,  $8^-$ )들을 통해 달성되는 것을 특징으로 하는 동기 발전기.

#### 청구항 14

제1항 또는 제2항에 따르는 동기 발전기(1)의 하나의 스테이터 적층물로 조립하기 위한 복수의 스테이터 적층판을 포함한 적층판 세트에 있어서,

각각의 스테이터 적층판은 홈부(10)들 및 치부(8)들을 제조하기 위한 복수의 홈부 영역 및 복수의 치부 영역을 포함하며, 상기 적층판 세트는,

- 동일한 홈부(10)들 및 치부(8)들을 제조하기 위한 치부 영역들 및 홈부 영역들을 포함하는 적어도 하나의 정규 적층판과,

- 원주방향으로 확대되는 치부( $8^+$ ) 또는 치부 영역을 생성하기 위한, 또는 원주방향으로 확대되는 홈부 또는 홈부 영역을 생성하기 위한 신장된 영역(38)을 포함하는 적어도 하나의 신장 적층판과,

- 원주방향으로 협폭화된 치부( $8^-$ ) 또는 치부 영역을 생성하기 위한, 또는 원주방향으로 협폭화된 홈부 또는 홈부 영역을 생성하기 위한 축소된 영역(36)을 포함하는 적어도 하나의 축소 적층판

을 포함하는 것인, 복수의 스테이터 적층판을 포함한 적층판 세트.

#### 청구항 15

제14항에 있어서,

- 각각의 신장 적층판은 원주방향으로 편심된 위치에 자체의 신장된 영역(38)을 포함하거나, 또는

- 상기 신장된 영역(38)은 원주방향으로 거울 대칭되거나, 또는

- 각각의 축소 적층판은 원주방향으로 편심된 위치에 자체의 축소된 영역(36)을 포함하거나, 또는

- 상기 축소된 영역(36)은 원주방향으로 거울 대칭되는 것을 특징으로 하는 복수의 스테이터 적층판을 포함한 적층판 세트.

#### 청구항 16

스테이터 적층물을 제조하기 위한 방법에 있어서,

- 제14항에 따른 적층판 세트의 정규 적층판들, 신장 적층판들 및 축소 적층판들로 이루어진 제1 적층판 층을 제조하는 단계로서, 상기 신장 적층판은 스테이터 세그먼트들이 내부에서 양의 오프셋으로 서로 인접하는 영역 내에 배치되고, 상기 축소 적층판은 스테이터 세그먼트들이 내부에서 음의 오프셋으로 서로 인접하는 영역 내에 배치되는 것인, 제1 적층판을 제조하는 단계와,

- 제2 적층판을 제조하는 단계로서, 상기 신장 적층판 및 상기 축소 적층판은, 자체의 상면이 아래로 향하고 자체의 하면이 위로 향하도록, 상기 제1 적층판 층의 신장 적층판 또는 축소 적층판에 대해 상대적으로 뒤집히고, 상기 신장 적층판 및 상기 축소 적층판은 각각 자체의 신장 영역 또는 축소 영역으로 서로 겹치게 배치되어, 신장 영역들 또는 축소 영역들이 편심되어 배치되는 것을 통해 각각의 적층판들의 부분적인 중첩이 형성되는 것인, 제2 적층판 층을 제조하는 단계

를 포함하는 것인, 스테이터 적층물의 제조 방법.

#### 청구항 17

제1항 또는 제2항에 따르는 동기 발전기(1)를 포함하는 풍력 발전 설비(101).

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 기어리스형 풍력 발전 설비의 동기 발전기, 특히 다극 동기 링 발전기에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 동기 발전기의 스테이터의 스테이터 적층물을 제조하기 위한 적층판 세트(lamination set), 그리고 상기 스테이터 적층물을 제조하기 위한 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 동기 발전기를 장착한 풍력 발전 설비에 관한 것이다.

## 배경 기술

- [0002] 풍력 발전 설비는 일반적으로 공지되어 있고 발전기를 이용하여 바람에서 전기를 생성한다. 오늘날의 기어리스형 풍력 발전 설비는 보통 큰 에어갭(air gap) 지름을 갖는 다극 동기 링 발전기를 포함한다. 이 경우, 에어갭의 지름은 적어도 4미터이며 통상 거의 5미터에 달한다. 조립된 동기 발전기는 심지어 약 10미터의 에어갭 지름을 가질 수 있다.
- [0003] 풍력 발전 설비의 작동 중에, 다시 말하면 관련된 동기 발전기의 작동 중에, 예컨대 동기 발전기를 포함하거나, 또는 적어도 부분적으로 포함하는 나셀의 나셀 클래딩(nacelle cladding)과 같은 대형 공명체에서도 대형 구조 형상을 통해 나타날 수 있는 소음이 발생한다. 기어리스형 풍력 발전 설비의 상기 동기 발전기는 기능으로 인해 매우 느리게 회전하는 발전기이며, 이런 발전기는 분당 약 5회전 내지 35회전의 표준 회전속도로 회전한다. 이처럼 저속인 회전속도는, 특히 분당 1,500회전 또는 3,000회전으로 회전하는 발전기에 비해, 그에 상응하게 특별한 소음도 역시 발생시킬 수 있다.
- [0004] 기어리스형 풍력 발전 설비의 상기 동기 발전기와 그에 따른 풍력 발전 설비는 자체의 연속 작동 모드로 인해 지속적으로 불쾌한 소음원이 될 수 있다. 오늘날, 특히 대형이고 현대적인 풍력 발전 설비는 점차 주택지로부터 더욱더 먼 거리에 설치되어 운영되고 있으며, 그럼으로써 풍력 발전 설비의 뜻밖의 소음도 역시 좀더 덜 불쾌한 것으로 인지되고 있다.
- [0005] 그러나, 소음 발생의 실질적인 문제는 더욱더 먼 거리에 설치하는 것을 통해 근본적으로 해결된 것이 아니라, 원칙적으로 변동되었을 뿐이다.
- [0006] 독일 특허 및 상표청은 본 PCT 출원에 대한 우선권 출원에서 하기 종래 기술, 즉 US 6 321 439 B1, DE 10 2009 015 044 A1, WO 2011/128 095 A2, DE 103 40 114 A1, DE 10 2005 061 892 A1, US 2004/0 036 374 A1, DE 199 23 925 A1, DE 101 10 466 A1, US 4 315 171 A 및 DE 15 38 772 B2을 조사하였다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 따라서 본 발명의 과제는 앞서 언급한 문제들 중 적어도 하나의 문제를 다루는 것에 있다. 특히 본 발명의 과제는 앞서 기재한 동기 발전기의 소음 발생이 감소되게 하는 것에 있다. 적어도 본 발명의 과제는 공지된 해결책들에 대해 대안의 해결책을 제안하는 것에 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따라서, 청구항 제1항에 따르는 동기 발전기가 제안되며, 특히 기어리스형 풍력 발전 설비의 다극 동기 링 발전기가 제안된다. 기어리스형 풍력 발전 설비의 상기 다극 동기 링 발전기는 복수의 스테이터 극, 특히 적어도 48개의 스테이터 치부(stator tooth), 보통은 심지어 특히 96개의 스테이터 치부와 같은 분명히 더 많은 스테이터 치부, 또는 훨씬 더 많은 스테이터 치부를 포함한다. 발전기, 요컨대 회전자로서도 지칭될 수 있는 로터뿐만 아니라 스테이터의 자기 활성 영역은 동기 발전기의 회전축을 중심으로 하는 환형 영역 내에 배치된다. 따라서 특히 에어갭의 반경의 0 내지 적어도 50퍼센트의 영역에는 동기 발전기의 전기 또는 전계를 전도하는 재료가 없다. 특히 상기 내부 공간은 완전히 비어 있고 원칙상 사람이 통행할 수도 있다. 이런 영역은 보통 에어갭 반경의 0퍼센트 내지 50퍼센트이며, 특히 에어갭 반경의 0퍼센트 내지 70퍼센트, 또는 심지어 0퍼센트 내지 80퍼센트이다. 각각의 구성에 따라서, 지지 구조가 상기 내부 영역 내에 제공되어 있을 수 있지만, 상기 지지 구조는 일부 실시예에서 축 방향으로 오프셋되어 형성될 수 있다.
- [0009] 그에 따라 동기 발전기는 하나의 로터와 하나의 스테이터를 포함한다. 로터는, 때에 따라서, 말 그대로 풍력 발전 설비의 공기역학적 로터에 대한 경계 설정을 또한 달성하기 위해, 회전자로서도 지칭된다.
- [0010] 스테이터는 치부(tooth)들과 이 치부들 사이에 배치되는 홈부(groove)를 구비한다. 홈부들은 하나의 스테이터 권선부 또는 복수의 스테이터 권선부를 수용하며, 그럼으로써 이렇게 스테이터 권선부는 홈부들을 통해 치부들의 둘레에 배치된다.
- [0011] 스테이터는 원주방향으로 복수의 치부 및 복수의 홈부를 각각 구비한 스테이터 세그먼트들로 분할되며, 적어도 2개의 스테이터 세그먼트는 원주방향으로 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차된다. 모든 스테이터 세그먼트는 원주방향으로 서로 나란히 배치되고 이와 동시에 특히 대략 홈부의 1/4 폭 또는 또 다른 절대치만큼 서로 상대

적으로 교차되거나 오프셋되며, 이는, 요컨대 어느 한 스테이터 세그먼트의 홈부들 및 치부들이 원주방향으로 균일하게 교호적으로 배치되고, 이런 균일성은 바로 다음의 이웃하는 스테이터 세그먼트로 전이될 때 그 해당 위치에서 상대적으로 더 광폭이거나 협폭인 홈부, 상대적으로 더 광폭이거나 협폭인 치부, 또는 추가의 (경우에 따라 상대적으로 더 협폭인) 치부 또는 추가의 (경우에 따라 상대적으로 더 협폭인) 홈부가 배치되거나, 또는 하나의 치부가 생략됨으로써 중단되도록 수행된다. 전이는 원칙상 또 다른 방식으로도 실현될 수 있다. 그런 경우, 이처럼 바로 다음의 이웃하는 스테이터 세그먼트 상에서는, 특히 각각 동일한 홈 폭(groove width) 및 각각 동일한 치부 폭(tooth width)을 갖는 홈부들 및 치부들이 다시 교호적으로 배치된다.

[0012] 그 결과, 이제, 원주방향으로 완전히 균일하게 분포된 로터 또는 회전자 극들은 로터의 회전 작동 중에 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차된 스테이터 세그먼트들의 치부들 또는 홈부들에 각각 정확하게 동시에 도달하는 것이 아니라, 오프셋 정도 또는 교차 정도만큼 보다 이전에, 또는 보다 이후에 도달하도록 하는 것이 달성된다. 다시 말해 하나의 로터 극이 일측 스테이터 세그먼트의 스테이터 치부에 도달하는 동안, 상응하는 로터 극은 교차되거나 오프셋된 타측 스테이터 세그먼트의 스테이터 치부에 약간 시간 변위되어 도달한다. 그 결과로서, 서로 상대적으로 교차되거나 오프셋된 상기 스테이터 세그먼트들 내에서는 약간 서로 상대적으로 변위된 진동 전류(oscillating current), 특히 사인형 전류(sinusoidal current)가 생성된다. 이는, 상기 전류가, 다시금, 중첩 시 진폭이 감소된 조파(harmonic wave)를 유발할 수 있게 한다. 유사한 방식으로, 동일하지만 그 상(phase)은 상이한 주파수를 갖는 소음의 직접적인 중첩도 역시 소음, 특히 소음 레벨을 전체적으로 감소시킬 수 있다. 이처럼 기재한 두 효과는 상호작용할 수도 있으며, 그럼으로써 전체적으로 소음을 강하게 감소시킬 수 있는 시너지 효과가 활용될 수 있게 된다.

[0013] 예컨대 스테이터는 4개의 스테이터 세그먼트(1 ~ 4)로 분할될 수 있고, 각각의 스테이터 세그먼트는, 예시로서만 인용되는 점에 한해, 각각 12개의 스테이터 치부를 포함할 수 있으며, 그럼으로써 스테이터는 총 48개의 치부를 포함하고 이와 관련하여 기어리스형 풍력 발전 설비의 비교적 더 소형인 다극 동기 링 발전기일 수도 있다. 제1 스테이터 세그먼트 및 제3 스테이터 세그먼트와 그에 따른 상기 두 스테이터 세그먼트의 홈부들 및 치부들은, 제2 스테이터 세그먼트 및 제4 스테이터 세그먼트에 비해, 다시 말해 이들 스테이터 세그먼트의 홈부들 또는 치부들에 비해 오프셋되거나 교차되어 있을 수도 있다.

[0014] 바람직하게 적어도 하나의 치부는 하나의 스테이터 극을 형성하며, 그에 상응하게 2개의 스테이터 극은 하나의 극 쌍을 형성하고, 이는 본원에서 개념적으로 간소화하여 스테이터 극 쌍을 위해 이용된다. 원칙상 하나의 스테이터 극이 복수의 치부로, 또는 하나의 분할형 치부로 형성될 수 있지만, 이는 본원에서 실질적인 요점은 아니다. 어느 경우든, 상기 실시형태에 대해, 각각의 스테이터 세그먼트의 극 쌍들의 개수는 2의 배수라는 점이 제안된다. 특히 각각의 스테이터 세그먼트의 극 쌍들의 개수는 6의 배수이다. 요컨대, 각각의 스테이터 세그먼트의 극 쌍들의 개수가 2의 적어도 1배인 것인 상기 구현에는, 각각의 스테이터 세그먼트를 위해 부분 권선부들의 제공을 가능하게 한다. 그에 따라, 각각의 스테이터 세그먼트는, 전술한 바와 같은 점에서, 다른 스테이터 세그먼트들과 로터만을 공유하는 독립된 발전기로서, 또는 독립된 가상 발전기로서 형성될 수 있다.

[0015] 각각의 세그먼트의 극 쌍들의 개수가 6의 배수라면, 기재한 독립된 스테이터 세그먼트는 3상 권선부들, 특히 심지어는 2개의 독립된 3상 권선부를 구비할 수 있다. 2개의 3상 권선부는 그에 상응하게 하나의 3상 전류 신호를 생성할 수 있으며, 이처럼 독립된 두 3상 권선부의 3상 전류 신호는 서로 상대적으로 변위될 수 있다. 그 결과, 하류 정류(downstream rectification)는 개량된다. 전류 신호는 간단히 전류로서도 지칭될 수 있다.

[0016] 바람직하게 4개의 스테이터 세그먼트가 제공되며, 스테이터 세그먼트들은 각각 2개의 스테이터 세그먼트를 포함하는 2개의 세그먼트 그룹으로 그룹화된다. 이를 위해, 각각의 세그먼트 그룹의 극 쌍들의 개수는 4의 배수인 것이 제안된다. 그 결과, 앞에서 기재한 것처럼 각각의 스테이터 세그먼트를 독립적으로 권선할 수 있고 이와 동시에 근본적으로 스테이터 세그먼트들을 대칭되게 제공할 수 있으며, 그럼으로써 예컨대 모든 스테이터 세그먼트는 동일한 크기이며, 다시 말해, 간단하게 표현하면, 각각 하나의 4분원을 취하게 된다. 이웃하면서 서로 상대적으로 교차되어 있는 2개의 스테이터 세그먼트의 전이부에서 하나의 치부가 생략된 점과 관련하여, 상기(생략된) 치부는 그림에도 함께 계수된다. 달리 표현하면, 여기서, 자신의 치부를 포함하지 않는 하나의 스테이터 극, 또는 자신의 치부를 단지 하나만 포함하는 스테이터 극 쌍이 존재할 수도 있다. 그림에도, 극 쌍의 작용은 상응하는 권선 섹션, 즉 하나의 치부와 하나 또는 복수의 다른 치부를 통해 제공된다.

[0017] 그 대안으로, 각각의 세그먼트 그룹의 극 쌍들의 개수가 4의 배수가 아니라면, 하나의 세그먼트 그룹의 스테이터 세그먼트들은 서로 상이하게 다수의 극 쌍을 포함하는 것이 제안된다. 예컨대 총 84개의 극 쌍, 다시 말하면 특히 168개의 치부를 포함하는 스테이터는 각각 2개의 스테이터 세그먼트를 포함하는 2개의 세그먼트 그룹으



로 분할될 수 있다. 이 경우, 상기 두 세그먼트 그룹의 스테이터 세그먼트들은 교호적으로 배치된다. 그에 따라, 각각의 세그먼트 그룹은 2개의 스테이터 세그먼트를 포함하며, 그리고 각각의 세그먼트 그룹은 42개의 극, 예컨대 이 경우에 24개의 극 쌍을 구비한 하나의 스테이터 세그먼트 및 18개의 극 쌍을 구비한 하나의 스테이터 세그먼트를 포함한다.

[0018] 상기 실시형태 또는 또 다른 실시형태들의 경우, 각각의 세그먼트 그룹은 B12 브리지로서 형성되는 하나의 정류기와 각각 연결된다. 이 경우, 각각의 세그먼트 그룹은, 출력 전류로서 2개의 3상 계통을 생성하도록 권선될 수 있다. 그에 따라 결과적으로 6개의 상이한 상 전류를 생성하는 상기 2개의 3상 계통은 상기 B12 브리지에 의해 정류된다. 다시 말해, 각각의 상은, 공지된 방식으로 2개의 다이오드로 상기 상을 정류하는, 상기 B12 브리지의 분기에 공급된다. 상기 상들에서 각각의 상의 정류된 전류는 공통 직류 전압 중간 회로, 또는 또 다른 직류 전압 저장부 또는 직류 전류 저장부에 공급된다.

[0019] 두 세그먼트 그룹이 하나의 B12 브리지와 연결되고 두 세그먼트 그룹은 정류되는 2개의 3상 전류를 각각 생성하는 것을 통해, 매우 적은 조파를 갖는 정류된 전체 신호가 달성될 수 있다. 이는, 특히 적어도 2개의 스테이터 세그먼트 또는 2개의 세그먼트 그룹이 원주방향으로 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차되는 것을 통해 달성된다. 그 결과, 일측 세그먼트 그룹의 6개의 상은, 다시 타측 세그먼트 그룹의 6개의 상에 상대적으로, 정류된 전체 신호에서 상들 자체의 중첩이 감소되도록 그리고 그에 따라 최대한 적은 조파를 달성하도록 변위된다.

[0020] 바람직하게는, 각각 하나의 스테이터 세그먼트의 홈부들 및 치부들은 등거리로 배치되며, 그리고 적어도 2개의 스테이터 세그먼트는, 이웃한 스테이터 세그먼트들의 이웃한 치부들 또는 이웃한 스테이터 세그먼트들의 이웃한 홈부들이 동일한 스테이터 세그먼트의 이웃한 치부들 또는 홈부들과는 다른 서로 상대적인 이격 간격을 갖도록, 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차된다. 다시 말해, 홈부들 및 치부들은, 각각 자체의 스테이터 세그먼트의 내부에서 등거리로 배치되며, 이는, 특히 하나의 스테이터 세그먼트와 특히 전체 스테이터의 모든 홈부가, 2개의 이웃하는 스테이터 세그먼트의 전이 영역 또는 접촉 영역 내 홈부들을 제외하고, 동일한 폭을 갖도록, 다시 말하면 원주방향으로 동일한 치수를 갖도록 수행된다. 그에 상응하게 하나의 스테이터 세그먼트 또는 심지어는 전체 스테이터의 모든 치부들도 역시, 2개의 이웃하는 스테이터 세그먼트 사이의 전이 영역 또는 접촉 영역 내 치부들을 제외하고, 동일한 폭, 다시 말하면 원주방향으로 동일한 치수를 갖는다.

[0021] 그에 따라, 스테이터의 제안되는 구현에는 원주방향으로 완전하게 균일한 치부들 및 홈부들을 포함하는 스테이터에 상응하고, 상기 스테이터는 스테이터 세그먼트들로, 특히 짝수 개수의 동일한 크기의 스테이터 세그먼트로 분할되며, 그런 다음 특히 각각 두 번째 스테이터 세그먼트는 발전기의 회전축을 중심으로 홈 폭 또는 치부 폭의 비율만큼 (가상으로) 회전될 수도 있다.

[0022] 한 실시형태에 따라서, 제1 스테이터 세그먼트의 제1 홈부 및 제2 홈부, 또는 제1 스테이터 세그먼트의 제1 치부 및 제2 치부가 상호 간에  $n \cdot a$ 의 평균 이격 간격을 갖는 것인 스테이터를 포함하는 동기 발전기가 제안된다. 이 경우, 변수  $a$ 는 제1 스테이터 세그먼트의 2개의 이웃하는 홈부 또는 치부의 평균 이격 간격을 지시한다. 다시 말하면, 이는 예컨대 제1 홈부의 중심에서 제2 홈부의 중심까지의 이격 간격 또는 제1 치부의 중심에서 제2 치부의 중심까지의 이격 간격을 나타낸 것이다. 바람직하게 이는 전체 스테이터의 이웃한 치부들의 각각의 이격 간격의 평균값과 동일하다.

[0023] 변수  $n$ 은 홈부 간 이격 간격들 또는 치부 간 이격 간격들의 개수이며, 다시 말하면 고려되는 제1 홈부와 제2 홈부 사이에서 홈부들의 개수보다 1만큼 작은 수이거나, 또는 고려되는 제1 치부와 제2 치부 사이에서 치부들의 개수보다 1만큼 작은 수이다.

[0024] 추가 홈부가 제2 스테이터 세그먼트 상에 위치하는 조건에서 제1 홈부와 추가 홈부 사이의 이격 간격, 또는 제2 스테이터 세그먼트 상에 위치하는 추가 치부까지 제1 치부의 이격 간격은  $n \cdot a + v$  또는  $n \cdot a - v$ 이다.

[0025] 이 경우, 변수  $v$ 는 제1 스테이터 세그먼트와 제2 스테이터 세그먼트 간의 오프셋 또는 교차를 지시한다. 이와 관련하여, 상기 교차는, 0보다 더 크기는 하지만, 홈부 간 평균 이격 간격 또는 치부 간 평균 이격 간격( $a$ )보다 더 작다. 상기 오프셋( $v$ )이 가산되는지 또는 감산되는지의 여부는, 고려되는 두 스테이터 세그먼트에서 이 스테이터 세그먼트들이 서로 향해 교차되거나 오프셋되도록 오프셋 또는 교차가 수행되는지에 따라 결정되며, 이런 경우 변수  $v$ 는 감소되며, 또는 두 스테이터 세그먼트가 서로 이격되는 방향으로 오프셋되거나 교차되도록 오프셋 또는 교차가 수행되는지에 따라 결정되며, 이런 경우 변수  $v$ 는 가산된다.

[0026] 다시 말해, 이처럼 공식에 따른 표현을 통해, 하나의 스테이터 세그먼트의 치부들 또는 홈부들은 서로 상대적으로  $n$ 배의 평균 이격 간격만큼 이격되어 있고, 이와 반대로 바로 다음에 후속하면서 상기 스테이터 세그먼트에



교차되거나 오프셋된 스테이터 세그먼트에 중첩되어 추가로 한 번 더 오프셋(v)이 가산되거나 감산된다는 점을 식별할 수 있다. 이와 관련하여, 원칙상 오프셋(v)뿐만 아니라 홈부 간 이격 간격(a) 또는 치부 간 이격 간격(a)은 외주를 따르는 이격 간격을 의미하거나, 또는 발전기의 회전축과 관련된 각도 및 그에 따른 스테이터의 중심축을 의미한다.

[0027] 바람직하게 오프셋 또는 교차는, 0.4 내지 0.6의 홈부 간 이격 간격 또는 치부 간 이격 간격의 값을 갖는다. 특히 오프셋은 상기 홈부 간 이격 간격 또는 치부 간 이격 간격(a)의 대략 절반이다. 그 결과, 각각의 스테이터 세그먼트들에서 생성되는 소음 및/또는 전류는, 상응하는 소음 또는 전류에 대해 상대적으로, 동기 발전기에 대해 전체적으로 결과에 따른 소음 발생이 가능한 한 적어지게 하는 상 변위를 나타내는 것이 달성된다. 이는 특히 결과적으로 상호 간에 감소시키는, 관련된 성분들의 바람직한 중첩을 통해 달성된다.

[0028] 바람직하게, 각각의 스테이터 세그먼트는 권선 세그먼트로서의 스테이터 권선부 또는 스테이터 권선부들의 일부분을 수용하며, 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들의 권선 세그먼트들은 서로 연결된다. 그 결과, 스테이터 세그먼트들의 기계적 교차 또는 기계적 오프셋에 추가하여, 상응하는 전기 연결도 역시 제공된다. 이는, 특히 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들, 다시 말하면 각각 두 번째 스테이터 세그먼트가 서로 연결되도록, 다시 말하면 특히 병렬연결 또는 직렬연결로 연결되도록 수행된다. 이런 스테이터 세그먼트들은 자체의 권선 세그먼트들 내에서 동일한 주파수 및 상 위치를 갖는 전류를 생성한다. 이런 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들 사이에 배치되는 또 다른 스테이터 세그먼트들 및 그에 따라 서로 마찬가지로 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들, 다시 말하면 원칙상 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들의 제2 그룹은 마찬가지로 서로 연결되어 함께 동일한 주파수 및 상 위치를 갖는 전류를 생성한다. 이 경우, 여기서는 대부분 3상 전류가 존재하며, 이는 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들의 상응하는 제1 그룹에도 적용된다. 바람직하게, 연결은 각각 직렬연결로서 수행되며, 그럼으로써 권선 세그먼트들은 이웃하지 않은 다음의 스테이터 세그먼트의 다음의 권선 세그먼트와 해당 위치에서 직접 연결될 수 있게 된다. 그에 따라, 다수의 라인으로 향하는 병렬 가이드는 방지될 수 있다.

[0029] 바람직하게, 권선 세그먼트들은 제1 정류기 및 제2 정류기와 교호적으로 연결된다. 다시 말하면, 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들의 제1 그룹의 권선 세그먼트들은 제1 정류기와 연결되고, 이웃하지 않은 스테이터 세그먼트들의 제2 그룹의 권선 세그먼트들은 제2 정류기와 연결된다. 그에 상응하게, 상기 두 그룹의 전류는 작동 중에 각각의 정류기에 의해 정류되어, 바람직하게는 두 정류기에 대해 공통인 직류 전압 중간 회로로 공급된다. 또한, 그 결과, 두 정류기가 서로 상대적으로 상 변위된 전류들을 수신하여 그에 상응하게 공통 직류 전압 중간 회로에 공급함으로써, 여기서 조파가 감소될 수 있는 것도 역시 달성될 수 있다. 그 결과, 여기서도 조파가 감소되며, 이는 다시 소음 발생에 긍정적으로 작용할 수 있으며, 다시 말하면 소음 발생을 감소시킬 수 있다.

[0030] 바람직하게 스테이터 및/또는 스테이터 권선부는 점 대칭되게 형성되며, 특히 동기 발전기의 회전축에 대해 점 대칭되게 형성된다. 스테이터 세그먼트들 상호 간의 교차 또는 오프셋은 비록 일부 섹션에서 거울 대칭을 나타내지 않기는 하지만, 적합한 방식으로 회전 대칭으로서도 지칭될 수 있는 점 대칭을 통해 전체적으로 균일한 배치가 달성될 수 있으며, 그럼으로써 더욱 정확히 말하면 오프셋 또는 교차를 통해 전술한 소음 감소가 달성될 수 있고, 그럼에도 발전기는 균일하게, 다시 말해 조용히 작동할 수 있게 된다.

[0031] 바람직하게는 스테이터의 모든 홈부가 동일하며, 다시 말해 오프셋 또는 교차를 통해 변경되지 않는 것이 제안된다. 그 대신, 오프셋 또는 교차는, 그에 상응하게 매칭되는 치부들을 통해 달성된다. 이를 위해, 상기 치부들은 예컨대 이웃한 스테이터 세그먼트들의 접촉 영역에서 원주방향으로 확대되거나 축소될 수 있다. 또한, 추가 치부도 역시 각각 제공될 수 있다. 그 결과, 특히 스테이터 권선부의 라인 스트랜드들(line strand)이 모든 홈부들 내에서 균일하게 종래의 방식으로 설치(laying)될 수 있는 것이 달성된다.

[0032] 바람직하게는, 동기 발전기는, 스테이터 권선부 또는 권선 세그먼트들이 동일 상(in-phase)의 권선 스트랜드들을 포함하는 것을 특징으로 한다. 각각의 상기 권선 스트랜드는 제1 홈부를 통해 배치되며, 다시 말하면 원칙상 순방향으로 안내되고, 제2 홈부를 통해서도 복귀된다. 상기 제1 홈부 및 제2 홈부를 통한 이러한 설치의 적어도 한 번 반복되며, 그럼으로써 적어도 하나의 루프(loop)가 상기 두 홈부를 통해, 그리고 그에 따라 두 홈부 사이에 위치하는 치부들의 둘레에 배치된다. 바람직하게 3개의 루프가 상기 두 홈부를 통해, 그리고 이 두 홈부 사이에 위치하는 치부들의 둘레에 배치되며, 그럼으로써 전자기 작용하는 4개의 권선부가 제공된다. 그런 다음, 상기 권선 스트랜드의 설치의 그 의미에 부합하게 제3 홈부 및 제4 홈부 내에서도 계속된다.

[0033] 또 다른 상들의 권선 스트랜드들은 그 의미에 부합하게 동일한 방식으로 설치된다. 바람직하게 3개의 루프는 상기 두 홈부를 통해, 그리고 그에 따라 이 두 홈부 사이에 위치하는 치부들의 둘레에 배치된다. 그 결과, 한편으로 권선 비용과 다른 한편으로는 작동 중인 동기 발전기의 효율 간에 적합한 관계가 달성될 수 있다. 특히

3개의 루프의 이용은 기어리스 방식으로 작동되는 풍력 발전 설비의 동기 발전기를 위해 특히 바람직하다. 3개의 루프는, 하나의 스테이터 세그먼트를 위한 각각의 권선 스트랜드들을 연속해서 설치하는 것을 가능하게 한다. 이를 위해, 권선하는 동안 여하히 사용될 수 있는 복수의 개별 라인으로 구성되는 큰 유효 라인 횡단면을 갖는 권선 스트랜드들이 필요하다. 이와 동시에, 너무 얇은 스트랜드를 통한 불필요하게 많은 권선 단계는 방지되며, 그리고 루프가 훨씬 더 적은 경우, 사용을 매우 어렵게 할 수 있거나, 적어도 병렬로 안내되는 2개의 스트랜드로 권선 스트랜드의 분할을 방해할 정도로 두꺼운 스트랜드를 사용해야 하는 점도 방지된다.

[0034] 바람직하게는, 제1 홈부와 제2 홈부 사이에, 또는 적어도 하나의 루프 내에, 5개의 홈부와 6개의 치부가 위치한다. 나머지 5개의 홈부는 5개의 추가 상을 위한 5개의 권선 스트랜드를 위해 제공될 수 있다.

[0035] 바람직하게는, 하나의 권선 스트랜드가 연속해서 하나의 스테이터 세그먼트를 통해, 그리고 특히 연속해서 하나의 세그먼트 그룹의 모든 스테이터 세그먼트를 통해 권선된다. 그 결과, 연결점들에서 문제들은 방지될 수 있으며, 그리고 하나의 세그먼트 그룹의 모든 스테이터 세그먼트를 위한 하나의 권선 스트랜드가 연속해서 중단 없이 권선되는 경우, 상기 스테이터 세그먼트들은 그에 상응하게 간단한 유형 및 방식으로 직렬로 전기 연결될 수 있다.

[0036] 본 발명에 따라서, 추가로 하나의 스테이터 적층물로 조립하기 위한 복수의 스테이터 적층판을 포함하는 적층판 세트도 제안된다. 상기 적층판 세트는 바람직하게는 앞에서 기재한 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따르는 동기 발전기의 스테이터 적층물을 제조할 수 있도록 형성된다.

[0037] 상기 적층판 세트의 스테이터 적층판들은 최대한 모두 복수의 홈부 및 치부를 포함한다. 이 경우, 적층판 세트는 3가지 유형의 스테이터 적층판들로, 요컨대 정규 적층판(normal lamination), 신장 적층판(stretched lamination) 및 축소 적층판(shortened lamination)으로 분류된다. 정규 적층판은 원칙상 오프셋 또는 교차가 없는 동기 발전기의 스테이터의 종래의 공지된 적층판에 상응한다. 복수의 상기 정규 적층판으로 하나의 스테이터 적층물이 구성될 수 있다. 이를 위해, 그에 상응하게 다수의 정규 적층판이 제1 층에 원형으로 배치되고, 그 위에 제2 층이 동일한 방식으로, 그러나 제1 층의 적층판들에 대해 오프셋되어 배치되며, 그리고 이와 같은 방식으로 계속하여, 스테이터 적층물이 서로 오프셋되는 다수의 상기 적층판 층들을 통해 형성될 때까지 배치된다.

[0038] 그러나, 스테이터 세그먼트들이 제공되어 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차되는 것인 스테이터 적층물을 달성하기 위해, 상기 오프셋 또는 상기 교차를 고려하는 추가 적층판들이 요구된다. 이를 위해, 신장 적층판 및 축소 적층판이 제공된다. 신장 적층판은 원칙상 역시 정규 적층판에 따른 유형에 상응하기는 하지만, 신장된 영역들을 포함하며, 특히 폭이 확대된 치부를 포함한다. 그에 따라, 이처럼 신장된 영역은, 서로 상대적으로 교차되거나 오프셋된, 요컨대 오프셋 또는 교차에 상응하게 서로 이격되어 있는 2개의 스테이터 세그먼트의 전이 영역을 위해 제공된다. 그 결과, 상기 신장 적층판이 제공하는 상기 신장된 영역이 형성된다.

[0039] 그에 상응하게, 축소 적층판은, 서로를 향해 오프셋되거나 교차되는 2개의 스테이터 세그먼트의 전이 영역을 위해 제공되는 축소된 영역을 포함한다.

[0040] 바람직하게는 상기 신장된 영역들 또는 축소된 영역들은 관련된 신장 적층판 또는 축소 적층판의 중앙에 위치하는 것이 아니라, 편심되어 대략 1/3 지점 이후에 위치한다. 또한, 상기 신장 영역들 또는 축소 영역들은 거울 대칭되며, 그럼으로써 자체의 형상은, 상응하는 신장 적층판 또는 축소 적층판이 상면이 하면으로, 또는 그 반대로 뒤집힐 때에도, 변함없이 유지된다.

[0041] 그에 따라, 상기 축소 적층판들 및 신장 적층판들도 역시 다양한 층들로 중첩되게 상하로 적층될 수 있으며, 그럼으로써 각각의 신장 영역들 또는 축소 영역들은 정확하게 겹쳐지기는 하지만, 상응하는 신장 적층판들 또는 축소 적층판들은 전체적으로 정확하게 겹쳐지지 않는다. 다시 말하면, 반드시 각각 서로 상이한 적층판들을 제조하지 않아도, 중첩식 층 형성은 적층물의 제조 중에 신장 영역들 또는 축소 영역들의 영역에서도 달성될 수 있다. 다시 말해, 이를 위해 수직적 제조 범위(vertical range of manufacture)는 정규 적층판, 신장 적층판 및 축소 적층판만을 포함하기만 하면 된다. 상기 3가지 유형의 적층판으로, 신장된 영역들 그리고 축소된 영역들을 포함하는, 다시 말하면 서로 상대적으로 오프셋되거나 교차된 스테이터 세그먼트들 간의 전이 영역들을 포함하고 중첩부를 포함하는 전체 적층물이 제조될 수 있다.

[0042] 또한, 본 발명에 따라서, 적층판 세트에 대해 앞에서 기재한 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따르는 적층판 세트를 이용한 스테이터 적층물의 제조를 기반으로 하여 스테이터 적층물을 제조하기 위한 방법도 제안된다. 다시 말해, 여기서도, 스테이터 적층물이 층별로 맨 먼저 종래의 방식으로 구성되고, 전이 영역들을 위해

서는 각각 신장 적층판 또는 축소 적층판이 배치되는 점이 제안된다. 바로 후속하는 층을 위해서는 각각의 영역에 신장 적층판 또는 축소 적층판이 제공되지만, 이런 적층판은 각각 그 아래에 위치하는 적층판에 상대적으로 뒤집히며, 다시 말하면 그 상면이 아래로 향하고 하면은 위로 향한다. 신장 영역 또는 축소 영역의 편심 배치를 통해, 적층판을 뒤집는 것을 통해 적층판의 위치는 변경되며, 그에 따라 한 가지 동일한 적층판으로, 중첩되는, 다시 말하면 완전히 서로 포개지지 않는 적층이 달성될 수 있다.

[0043] 또한, 본 발명에 따라서, 앞에서 기재한 실시형태들 중 하나의 실시형태에 따르는 동기 발전기를 포함하는 풍력 발전 설비도 제안된다.

[0044] 이하에서 본 발명은 이제 예시로서 첨부한 도면들과 관련하여 실시예들에 따라서 더 상세하게 설명된다.

### 도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 풍력 발전 설비를 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 2는 공지된 동기 발전기를 도시한 축 방향 단면도이다.

도 3은 2개의 3상 권선부와 하류에 연결되는 다이오드 정류기를 포함하는 공지된 타여자식 동기 발전기를 개략적으로 도시한 회로도이다.

도 4는 본 발명에 따른 동기 발전기를 도시한 축 방향 단면도이다.

도 4a 및 도 4b는 도 4의 한 절단 부분을 각각 도시한 도면이다.

도 5a ~ 도 5d는 도 4a에 따른 절단 부분에 대한 실시예들로서 전이 영역의 상이한 구현 가능성을 각각 도시한 도면이다.

도 6은 정류기가 하류에 배치되는 동기 발전기의 세그먼트들의 연결 가능성을 도시한 개략도이다.

도 7은 서로 상이하게 다수의 극 쌍을 구비한 스테이터 세그먼트들을 포함하는 추가 실시형태에 따르는 동기 발전기를 도시한 축 방향 단면도이다.

도 7a는 도 7의 한 절단 부분을 도시한 도면이다.

도 8은 한 실시형태의 동기 발전기의 권선 다이어그램을 설명한 도면이다.

도 9는 추가 실시형태의 동기 발전기의 권선 다이어그램을 설명한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 도 1에는, 타워(102)와 나셀(104)을 포함하는 풍력 발전 설비(100)가 도시되어 있다. 나셀(104) 상에는 3개의 로터 블레이드(108)와 하나의 스피너(110)를 포함하는 로터(106)가 배치된다. 로터(106)는 작동 중에 바람에 의해 회전 운동하게 되고 그 결과 나셀(104) 내의 발전기를 구동한다.

[0047] 도 2에는, 공지된 동기 발전기(201)가 축 방향 단면도로, 다시 말하면 회전축(202)의 방향으로 바라본 도면으로 도시되어 있으며, 동기 발전기(201)는 회전축(202)에 대해 횡방향으로 절단되어 있다. 동기 발전기는 내부 회전자로서 형성되고, 그에 따라 내부에 로터 또는 회전자(204)를 포함하고, 외부에는 스테이터(206)를 포함한다. 동기 발전기(201)는 다극 링 발전기로서 형성되며, 동기 발전기(201)의 전체 지름 또는 전체 반경의 반에 걸쳐서 공간을 차지하는 비어 있는 내부 챔버를 포함한다. 예시로서 168개의 스테이터 치부(208)가 제공된다. 동일한 방식으로, 스테이터 치부들(208)과 교호적으로 배치되거나, 그 치부들 사이에 배치되는 다수의 스테이터 홈부(210)도 제공된다.

[0048] 회전자(204)는 몇몇 로터 극 또는 자극편(pole shoe; 212)을 포함하고, 이 자극편들 사이에는 권선부들을 포함하는 홈부들(214)이 각각 제공된다. 로터 홈부들(214)은 로터의 여자를 위한 권선부를 구비하고 있다.

[0049] 작동 중에, 로터(204)는 스테이터(206)에 대해 상대적으로 회전되고, 로터 극들(212)은 스테이터 극들(208)을 스쳐 지난다. 로터(204)와 스테이터(206) 사이에는 협폭의 에어갭(air gap; 216)이 존재한다.

[0050] 도 3에서는, 공지된 동기 발전기(201)의 배선 회로가 설명되고, 직류 전류를 이용하여 로터(204)를 여자하기 위한 여자 회로(220)가 개략적으로 도시되어 있다. 또한, 제1 3상 스테이터 권선부(221) 및 제2 3상 스테이터 권선부(222)가 개략적으로 도시되어 있다. 이들 스테이터 권선부는 제1 배선 회로(223) 또는 제2 배선 회로(224)를 통해 제1 정류기 또는 제2 정류기와 연결되며, 이들 두 정류기는 커패시터를 통해 상징적으로 표시된 공통

직류 전압 중간 회로(228)로 전류를 공급한다.

- [0051] 도 4에는, 도 2와 완전히 유사하게, 이제 회전축(2)과, 회전자 또는 로터(4)와, 스테이터(6)와, 복수의 스테이터 치부(8)와, 동일한 방식으로 복수의 스테이터 홈부(10)를 포함하는 동기 발전기(1)가 도시되어 있다. 회전자 또는 로터(4)는 로터 극들 또는 그 자극편들(12)과 이들 사이에 위치하는 로터 홈부들(14)을 포함한다. 스테이터(6)와 회전자(4) 사이에는 에어갭(16)이 있다. 로터 또는 회전자(4)는 도 2의 로터 또는 회전자(204)와 동일할 수도 있다. 그러나 스테이터(6)는 본 발명에 따라서 도 2의 스테이터(206)와 다르다.
- [0052] 이와 관련하여, 스테이터(6)는 4개의 세그먼트(31 내지 34)로 분할된다. 각각 이웃하는 세그먼트들은 서로 상대적으로 교차되거나 오프셋되어 있다. 따라서 제1 세그먼트(31) 및 제3 세그먼트(33)는 서로 상대적으로 교차되거나 오프셋되지 않지만, 제2 세그먼트(32) 및 제4 세그먼트(34)에 대해서는 상대적으로 교차되거나 오프셋된다. 동일한 방식으로 제2 세그먼트(32) 및 제4 세그먼트(34)도 서로 상대적으로 교차되거나 오프셋되지 않는다. 그 결과, 이웃한 세그먼트들 사이에는 축소된 영역(36) 또는 신장된 영역(38)이 존재하며, 이는 각각 이웃한 세그먼트들이 서로를 향해, 또는 서로 이격되는 방향으로 오프셋되거나 교차되는지 여부에 따라 결정된다. 이와 관련하여, 도 4a에는, 축소된 영역(36)에 관련되는, 동기 발전기(1)의 한 절단 부분이 도시되어 있다. 상기 축소된 영역(36)을 실현하는 가능성들은 도 5a ~ 도 5d에 도시되어 있다. 도 4b에는, 동기 발전기(1)에서, 신장된 영역(38)을 포함하는 한 절단 영역이 도시되어 있다.
- [0053] 도 4b에서는, 신장된 영역(38)에 대해, 확대된 스테이터 치부(8<sup>+</sup>)가 제공되어 있고 그와 반대로 나머지 스테이터 치부들(8)은 확대된 스테이터 치부에 대해 상대적으로 더 작은 폭, 요컨대 정규 폭을 나타내면서도 서로 동일한 폭인 점을 식별할 수 있다.
- [0054] 그에 상응하게, 도 4a는, 축소된 영역(36)을 위해 협폭화된 치부(8<sup>-</sup>), 또는 축소된 영역의 또 다른 구현을 포함해야 하며, 모든 스테이터 홈부(10)는 동일한 크기 및 형태를 갖지만, 이는, 이와 관련하여 단지 하나의 실현 가능성만을 나타낸다. 도 4a에는, 구체적으로 도 5a ~ 도 5d에 도시되어 있는 실현 가능성에 대한 자리 표시자(place holder)만이 도시되어 있다.
- [0055] 도 4b 및 도 5a ~ 도 5d의 확대도들에도 역시 회전자 또는 로터(4)가 스테이터(6)의 구획부 및 교차부 또는 축소부의 치부들(12) 및 홈부들(14)에 닿지 않는 점이 도시되어 있다.
- [0056] 그에 따라, 도 5a ~ 도 5d에는, 도 4a의 절단 부분 또는 위치 표시자에 따른 절단 부분들이 도시되어 있으며, 이는, 상기 도 5a ~ 5d에서 그에 상응하게 36A, 36B, 36C 및 36D로서 표시되는 축소된 영역(36)의 구체적인 구현예에 대한 상이한 가능성들을 나타내고 있다. 상기 축소된 영역 내에서, 두 스테이터 세그먼트(31 및 32)는 예컨대 도 2에 도시된 통상의 배치 구조에 비해 서로를 향해 회전된다. 이는 대략 하나의 홈 폭의 치수만큼 행해지며, 도 4에 따른 도시된 구현예에서, 그리고 그에 따라 도 5a ~ 도 5d에 따른 도시된 구현예에서 홈 폭은 대략 각각의 치부(8)의 웹(web)의 폭에 상응한다.
- [0057] 바람직하게는, 전술한 바와 같이 이웃한 두 영역이 서로를 향해 회전하는 정도는, 평균 치부 간 이격 간격 또는 홈부 간 이격 간격의 절반에 상응하며, 다시 말하면 치부 중심에서 바로 다음의 치부의 중심까지의 이격 간격, 또는 홈부의 중심에서 바로 다음에 이웃하는 홈부의 중심까지의 이격 간격의 절반에 상응한다.
- [0058] 축소 영역(36A)의 실현을 위해, 도 5a에 따른 실시형태의 제안에 따라서는, 바로 이웃하는 홈부들(10A' 및 10A'')을 상대적으로 더 협폭으로 형성하고 상기 홈부들 사이에는 하나의 분리 웹(42A)을 제공하는 것이 제안된다. 상기 분리 웹(42A)은 상기 두 홈부(10A' 및 10A'')를 서로 분리하며, 그 결과 스테이터 권선부의 경우에 따라 삽입되는 라인들도 역시 서로 분리한다. 이와 관련하여, 상기 분리 웹(42A)은 전기 절연 기능도 또한 가질 수 있다. 이 경우 문제는, 홈부들(10A' 및 10A'')이 홈부들(10)에 비해 축소되고 그에 따라 스테이터 권선부의 라인들도 역시 상대적으로 더 적거나 더 불충분하게 포함할 수 있다는 것이다.
- [0059] 그에 따라, 대안으로서, 도 5b에 따른 구현예의 제안에 따라서는, 축소 영역(36B) 내에, 나머지 홈부들(10)보다 더 큰 깊이를 갖는 2개의 경계 홈부(10B' 및 10B'')가 제공된다. 그에 따라, 경계 홈부들(10B' 및 10B'')은 상대적으로 더 가늘지만 상대적으로 더 깊게 형성되고 그에 따라 나머지 홈부들(10)과 대략 동일하게 다수의 라인 또는 라인 코어(line core)를 수용할 수 있다. 두 경계 홈부(10B' 및 10B'')는 하나의 분리 웹(42B)를 통해 분리되며, 이 분리 웹은 대체로 나머지 치부들(8) 및 스테이터(6)의 적층물과 동일한 재료를 포함한다.
- [0060] 도 5c에는, 도 5b와 완전히 유사한 구현예가 도시되어 있지만, 스테이터 적층물과 다른 재료, 다시 말하면 나머지 스테이터 치부들(8)과 다른 재료로 제조되는 분리 웹(42C)가 제공된다. 분리 웹(42C)의 재료는 고무과



성 소재, 요컨대 적어도 스테이터 적층판과 비교하여 상대적으로 더 높은 투과성을 갖는 소재로 제조된다. 이를 위해, 예컨대 이른바  $\mu$  금속이 이용될 수 있다. 이와 같은 고투과성 소재를 통해, 상기 분리 웨브(42C)의 감소된 횡단면은 완전하게, 또는 부분적으로 보상될 수 있다. 도 5b에 따른 실시예와 달리, 분리 웨브(42C)는 상응하는 적층판에서 함께 천공 형성되는 것이 아니라, 스테이터(6)의 적층물의 완성 후에 삽입될 수 있으며, 이는 필시 스테이터 권선부의 라인들의 삽입과 함께 수행될 수 있다.

[0061] 추가 구현에는 도 5d에 도시되어 있으며, 이에 따라서 두 경계 홈부(10D' 및 10D'')는 이제 두 경계 홈부들 사이에 스테이터 치부를 포함하지 않고 직접 이웃한다. 분리를 위해, 분리 웨브(42D)가 예컨대 절연 종이로서 제공될 수 있거나, 또는 완전히 생략될 수 있다. 이 경우, 경계 홈부들(10D' 및 10D'')은 나머지 홈부들(10)과 동일한 형태를 가지며, 그에 상응하게 스테이터 권선부의 라인들을 수용하기 위해 동일하게 뚫고 동일하게 큰 챔버를 포함한다. 스테이터 권선부의 상기 라인들을 삽입할 때, 상기 라인들이 중간 치부가 없이 이웃하는 상기 두 경계 홈부(10D', 10D'') 내로 삽입되도록 주의해야 할 수도 있다.

[0062] 도 6에는, 본 발명에 따른 동기 발전기의 스테이터 권선부들의 배선 회로가 한 실시형태에 따라서 개략적으로 분명하게 도시되어 있다. 여기서는 도 4에 따라서 스테이터의 분할이 이루어진 동기 발전기가 기반이 된다. 그에 따라 4개의 스테이터 세그먼트(31 ~ 34)가 제공되고, 제1 세그먼트(31) 및 제3 세그먼트(33)는 상호 간에 오프셋되지 않고 교차되지 않지만, 제2 세그먼트(32) 및 제4 세그먼트(34)에 대해서는 상대적으로 교차되어 있다. 제2 세그먼트(32) 및 제4 세그먼트(34)도 마찬가지로 상호 간에 교차되지도 오프셋되지도 않는다. 그에 따라, 제1 세그먼트(31) 및 제3 세그먼트(33)는 제1 영역(44) 또는 제1 세그먼트 그룹(44)으로서 개략적으로 도시되어 있고, 그에 상응하게 제2 세그먼트(32) 및 제4 세그먼트(34)는 제2 영역(46) 또는 제2 세그먼트 그룹(46)으로서 개략적으로 도시되어 있다.

[0063] 두 세그먼트 그룹(44 및 46)은 각각 2개의 3상 스테이터 권선부(51 및 53; 52 및 54)를 지지한다. 이 경우, 각각 2개의 스테이터 권선부(51 및 53; 52 및 54)는 관련된 세그먼트 그룹들(44; 46)의 각각의 두 세그먼트(31 및 33; 32 및 34)를 통해 연장된다. 하나의 세그먼트 그룹(44; 46) 내에는 각각 하나의 스테이터 권선부(51 ~ 54)의 스트랜드들이 직렬로 전기 연결되며, 요컨대 (지시만 되어 있는) 성형점(star point; 45; 47)으로부터 제1 스테이터 세그먼트(51 또는 52)를 통해, 그리고 계속하여 제2 스테이터 세그먼트(53; 54)를 통해, 그리고 최종적으로 정류기들(61 ~ 64) 중 하나의 정류기로 연결된다. 그에 따라, 각각의 세그먼트를 통해 스테이터 권선부들(51 ~ 54) 중 2개의 스테이터 권선부가 연장된다.

[0064] 이 경우, 도시된 실시형태에서, 4개의 스테이터 권선부(51 ~ 54) 각각은 개별적으로 제1 정류기(61) 내지 제4 정류기(64)에 연결된다. 이 경우, 총 4개의 정류기(61 ~ 64)는, 결과적으로 이들 정류기가 모두 함께 내부로의 병입을 실행하는 동일한 직류 전압 중간 회로(66)를 이용한다. 또한, 직류 전압 중간 회로는 커패시터(68)를 통해서도 상징적으로 표시되어 있으며, 부하 저항기(70)는 상징적으로 추가의 연결될 부재들, 요컨대 특히 전기 공급 계통 내로 병입될 사인형 교류 전류를 생성하기 위한 하나 또는 복수의 연결될 승압형 컨버터 및/또는 하나 또는 복수의 연결될 인버터를 나타낸다.

[0065] 도시된 정류기들(61 ~ 64)은 각각 이른바 수동형 B-6 정류기로서 형성된다.

[0066] 제1 영역(44) 및 제2 영역(46)의 권선부들이 별도로 각각 정류기에 연결되는 것을 통해 또는 정류기들의 집합에 연결되는 것을 통해, 교차 또는 오프셋을 통하여 경우에 따른 고조파 성분들과 관련하여 상이하게 생성되는 전류들은 그에 상응하게 별도로 각각의 정류기에 공급되고, 그에 따라 별도로 직류 전압 중간 회로(66)로 공급될 수 있으며, 이 직류 전압 중간 회로에서 정류기를 통해 병입될 수 있다. 정류부를 통해서 생성된 교류 전류들이 정류되지만, 경우에 따른 고조파 성분들 또는 중첩된 리플(ripple)은 실질적으로 존재하는 상태로 유지되며, 그런 다음 직류 전압 중간 회로 내에서 경우에 따라 감소되어 전압 리플 또는 전압 변동으로서 존재할 수 있다. 이 경우, 제1 영역(44)에 할당되는 리플은, 제2 영역(46)에 할당되는 리플에 비해 변위되고, 이와 동시에 직류 전압 중간 회로 내에서 중첩되며, 그 결과 상호 간에 감소될 수 있다. 적어도 이론적인 최적의 경우에, 제1 영역(44)의 리플은 제2 영역(46)의 리플로 보상될 수도 있다.

[0067] 또한, 개별 세그먼트들(31 ~ 34)의 추가의 별도의 배선 회로를 통해, 발전기, 요컨대 특히 스테이터의 리던던시(redundancy)가 증가될 수 있다.

[0068] 그에 따라, 특히 그 외에는 동일한 구조를 갖는 앞서 공지된 동기 발전기들에 대해 상대적으로 소음이 감소된 상태로 작동할 수 있는 풍력 발전 설비의 다극 동기 링 발전기가 제안된다.

[0069] 특히, 6개의 상, 요컨대 각각 3개의 상을 포함하는 발전기도 역시 기반이 되며, 요컨대 각각 3개의 상을 갖는

제1 시스템 및 제2 시스템, 그리고 각각 극 피치(pole pitch)마다 12개의 홈부 및 하나의 다이오드 정류기를 포함하는 스테이터가 기반이 된다. 종래 기술에 따르는 상기 다극 동기 링 발전기는 특히 12차의 조파 성분을 갖는 맥동 토크를 생성할 수 있다. 상기 맥동 토크는 예컨대 약 120Hz의 주파수를 취할 수 있으며, 이런 주파수는 자연히 회전속도에 따라 결정되면서 간섭 작용할 수 있다.

[0070] 그에 따라, 해결을 위해, 스테이터 권선부 또는 스테이터 권선부들을 세그먼트들로 분할하는 것, 특히 4개의 세그먼트로 분할하는 것이 제안된다. 세그먼트들의 홈부들은, 확대도 4a 및 4b를 갖는 도 4에 도시된 것처럼, 세그먼트들 간에 절반의 홈 피치의 변위가 발생하도록 교차된다. 따라서, 축소된 영역(36) 또는 신장된 영역(38)으로서 형성될 수 있는 상응하는 권선 테두리 영역들이 제공되며, 이런 권선 테두리 영역들은 스테이터의 외주에 걸쳐 교호적으로 배치된다. 상기 권선 테두리 영역들의 형성은 도 5a ~ 도 5d에 도시된 것처럼 실행될 수 있다. 추가 형성 가능성들은 마찬가지로 배제되지 않는다.

[0071] 또한, 제안되는 바에 따라서, 서로 나란히 위치하지 않은 각각 2개의 세그먼트가 연결되며, 요컨대 하나의 영역을 형성한다. 전형적으로, 이처럼 연결되는 배선 회로는 직렬연결을 통해 실현될 수 있다. 이 경우, 배선 회로는 각각 2개의 3상 권선 스트랜드와 관련된다. 다시 말해, 각각 연결된 영역은 각각 2개의 3상 권선 스트랜드로 구성된다. 바람직하게 각각의 영역은 12 펄스 다이오드 정류 회로 및 직류 전압 측 병렬 회로와 연결된다.

[0072] 해결안은 특히 스테이터를 4개의 세그먼트로 분할하는 예시로 설명하였다. 그러나, 또 다른 분할도 역시 실행될 수 있으며, 가장 단순한 경우는 2개의 세그먼트로의 분할이 실행되며, 이런 경우 각각의 개별 세그먼트는 제1 영역(44) 또는 제2 영역(46)을 의미하는 하나의 영역도 역시 형성한다. 동일한 방식으로, 분명히 4개보다 더 많은 세그먼트로 분할하는 것, 바람직하게는 짝수 개수의 세그먼트로 분할하는 것도 실행될 수 있다.

[0073] 도 7에는, 4개의 스테이터 세그먼트 또는 세그먼트(731 ~ 734)를 구비한 하나의 스테이터(706)를 포함하는 동기 발전기(701)가 단면도로 도시되어 있다. 스테이터 세그먼트들(731 및 733)은 제1 세그먼트 그룹을 형성하고, 스테이터 세그먼트들(732 및 734)은 제2 세그먼트 그룹을 형성한다. 상기 세그먼트 그룹들(731, 733; 732, 734) 각각은 42개의 극 쌍을 포함하고 그에 따라 4의 배수가 아닌 개수의 극 쌍을 포함한다. 그에 상응하게, 하나의 세그먼트 그룹의 스테이터 세그먼트들은 서로 상이하게 다수의 극 쌍을 포함하며, 요컨대 제1 스테이터 세그먼트(731)는 24개의 극 쌍을 포함하고, 제2 스테이터 세그먼트(733)는 18개의 극 쌍을 포함한다. 그에 상응하게, 제2 세그먼트 그룹 중에서 스테이터 세그먼트(732)는 24개의 극 쌍을 포함하며, 동일한 세그먼트 그룹 중에서 스테이터 세그먼트(734)는 18개의 극 쌍을 포함한다. 또한, 그에 따라, 상기 4개의 스테이터 세그먼트(731 ~ 734) 각각은 극 쌍의 개수로서 6의 배수를 포함하거나, 또는 달리 표현하면, 스테이터 세그먼트들(731 ~ 734) 각각의 극 쌍들의 개수는 숫자 6으로 나머지 없이 나누어질 수 있다.

[0074] 그 외에도, 도 7에는, 스테이터 홈부들은 도면부호 710으로 식별 표시되어 있고, 스테이터 치부들은 도면부호 708로 식별 표시되어 있다. 로터(4)는 도 4의 로터(4)에 상응할 수 있으며, 이와 관련하여 상기 로터의 추가 기재내용에 대해서는 도 4에 대한 설명도 역시 참조된다.

[0075] 개별 스테이터 세그먼트들(731 ~ 734) 간의 분리는 상응하는 분리선들(735)로 지시되어 있다. 그 결과, 도 4의 실시형태에 비해, 마찬가지로 확대된 스테이터 치부(708<sup>+</sup>)를 포함하는 신장된 영역(738)의 변위가 제공된다. 확대된 치부(708<sup>+</sup>)를 포함하는 상기 신장된 영역(738)은 도 7의 절단 부분(B) 내에 배치되어 있으며, 상기 절단 부분은 도 7a에 도시되어 있다. 상기 신장된 영역(738) 또는 확대된 치부(708<sup>+</sup>)의 변위를 제외하고, 이에 대한 나머지 기재내용에 대해서는, 도 4에 따른 실시형태 및 도 4b의 확대도에 대한 기재내용이 그 의미에 부합하게 도 7 및 도 7a 각각의 실시형태에도 적용된다.

[0076] 축소된 영역(736)은 원칙상 변화가 없으며, 도 7에 따른 표시 부분 A 내에 위치된다. 상기 표시 부분 A에 대해서는, 도 5a ~ 도 5d에 기재된 것처럼 다양한 변형예들이 역시 고려된다. 이와 관련하여, 상기 도 5a ~ 도 5d가 참조된다.

[0077] 도 8에는, 예컨대 18개의 극 쌍을 포함하는 도 7의 스테이터 세그먼트(733)와 같은 스테이터 세그먼트에 대한 실시형태에 따르는 동기 발전기를 위한 권선 다이어그램이 설명되어 있다. 도 8에서 도면부호 833을 갖는 상기 스테이터 세그먼트는, 결과적으로 권선 다이어그램의 설명을 간소화하기 위해, 도 8에서 곡률을 포함하지 않은 신장된 부재로서 도시되어 있다. 이와 관련하여, 도 8에서, 부분도 8A는 상응하는 치부들(808) 및 홈부들(810)의 상면도이고, 부분도 8B는 스테이터 세그먼트(3)에 대한 측면도이고, 부분도 8C는 마찬가지로 선형으로

도시된 로터(804)의 부분에 대한 측면도로서, 여기서도 도면은 개략도이고 곡률이 없는 것인 측면도이며, 부분도 8D는 로터(804)의 로터 치부들 또는 자극편들에 대한 상면도이다.

[0078] 도 8의 부분도 8A에는, 원칙상 좌측에서 시작되어, 제1 홈부(851)를 통해, 다시 말하면 원칙상 순방향으로 배치되어 제2 홈부(852)를 통해 복귀되는 권선 스트랜드(850)를 포함하는 권선 다이어그램이 설명되어 있다. 그런 다음, 상기 권선 스트랜드(850)는 제1 홈부(851)로 이어지고, 여기서 한 번 더 제1 홈부를 통해 배치되며, 그리고 제2 홈부(852)를 통해 다시 복귀된다. 이는 재차 추가로 2회 반복되며, 그럼으로써 이런 경우 권선 스트랜드(850)는 3개의 완전한 루프(858)에서 6개의 치부(808)의 둘레에 배치된다. 또한, 그 결과 4개의 권선부가 전자기 작용하는데, 그 이유는, 도 8의 부분도 8A에 따라서 좌측에서 출발하는, 최초에 삽입되는 권선 스트랜드가, 결국은, 최종적으로 적어도 도시된 스테이터 세그먼트(833)가 완전히 권선된 후 제2 홈부(852)에서 우측으로 인출되는 권선 스트랜드(850)의 부분과 전기 작용 방식으로 연결되기 때문이다.

[0079] 권선 스트랜드(850)가 네 번째로 제2 홈부(852)를 통해 복귀된 후에, 이제 상기 권선 스트랜드는 제3 홈부(853) 내로 삽입되고 제4 홈부(854)를 통해 복귀되며, 그리고 이는 다시 3개의 루프 또는 4개의 전자기 작용 권선이 형성될 때까지 반복된다. 이는, 재차, 권선 스트랜드(850)가 도 8의 부분도 8A에 따라서 우측에 도달할 때까지, 제5 홈부(855) 및 제6 홈부(856)에서도 반복된다. 그런 다음, 권선 스트랜드(850)는 추가 스테이터 세그먼트로 이어질 수 있거나, 또는 출력단에서 생성되는 전류를 공급하기 위해 출력단에 연결될 수 있다.

[0080] 부분도 8B에는, 스테이터 세그먼트(833)의 모든 치부(808) 및 홈부(810)가 개략적으로 도시되어 있다. 구체적인 설명을 위해 홈부들(810)은 A 내지 F로 식별 표시되어 있으며, 각각의 알파벳은 하나의 상의 권선 스트랜드를 나타낸다. 이 경우, 부분도 8A에 도시된 권선부는 알파벳 D로 식별 표시되는 상을 위한 스트랜드와 관련된다. 이 경우, D+는 각각 권선 스트랜드(850)의 삽입을 식별 표시하며, D-는 각각 권선 스트랜드(850)의 복귀를 식별 표시한다. 나머지 알파벳 A ~ C 및 E와 F도 상응하는 기호, 다시 말하면 삽입에 대한 "+"와 복귀에 대한 "-"로 표시된다.

[0081] 또한, 도 8의 부분도 8B에서는, 권선 스트랜드가 각각의 스테이터 홈부(810) 내에 4개의 층으로 각각 제공되어 있음을 알 수 있다. 그 외에, 부분도 8B에는, 나머지 상들 A ~ C, E 및 F에 대해 하나의 상만을 위한 부분도, 요컨대 상 D를 설명하는 부분도처럼 부합하는 권선부가 각각 제공되어 있는 점도 도시되어 있다.

[0082] 부분도 8C에는, 로터(804) 중에서, 여자 스트랜드들(862) 내에서 직류 전류를 이용하여 여자할 때 각각의 이웃 자극편과 관련하여 반대되는 방향을 갖는 자계를 각각 생성하기 위해, 각각 교호적인 방향감을 갖는 6개의 자극편(860)을 포함하는 한 절단 부분이 도시되어 있다. 각각의 자극편(860)은, 부분도 8D에서 식별되는 것처럼 대략 화살표 형태인 자극편 헤드(864)를 포함한다. 로터(804)의 작동 방향은 의도한 바대로 이동 화살표(866)의 방향으로 지향된다. 2개의 자극편(860)과 그에 따른 2개의 로터 극, 다시 말하면 하나의 로터 극 쌍은 전체적으로 12개의 스테이터 치부(808) 또는 12개의 스테이터 홈부(810)에 걸쳐서, 그리고 그에 따라 6개의 스테이터 극 쌍에 걸쳐서 연장된다.

[0083] 도 9에는, 12극 12상 동기 발전기에 대한 권선 다이어그램이 도 8과 완전히 유사한 도면으로 도시되고 설명된다. 기반이 되는 동기 발전기는 4개의 세그먼트(931 ~ 934)를 포함한다. 제1 세그먼트(931) 및 제3 세그먼트(933)는 제1 세그먼트 그룹을 형성하고 제2 세그먼트(932) 및 제4 세그먼트(934)는 제2 세그먼트 그룹을 형성한다. 상기 두 세그먼트 그룹 각각은 2개의 3상 권선부, 다시 말해 각각 6개의 권선부를 포함한다. 그러나, 구체적인 설명을 위해, 각각 단지 하나의 권선부만이, 또는 단지 하나의 권선 스트랜드(950 또는 980)만이 도시되어 있다. 도 9에는, 마찬가지로 부분도 8A ~ 8D의 의미에서 4개의 부분도가, 요컨대 그에 상응하게 부분도 9A ~ 9D로서 도시되어 있다. 그러나 부분도 9A만이 연속적인 권선 스트랜드(950 또는 980)를 재현하고 있다.

[0084] 제1 세그먼트(931) 및 제3 세그먼트(933)로 구성되는 제1 세그먼트 그룹의 경우, 권선 스트랜드(950)는 공통 성형점(995)에서 시작된다. 권선 스트랜드(950)는, 추가되는 것이지만, 도 9에는 도시되어 있지 않은 2개의 권선 스트랜드를 포함하는 3상 권선부의 일부이다. 그에 따라, 상기 3개의 권선 스트랜드는 하나의 3상 계통을 형성하고 성형점(995)에서 서로 연결된다. 권선 스트랜드(950)는 상기 성형점(995)으로부터 맨 먼저 제1 홈부(951)를 통해 안내되고 제2 홈부(952)를 통해서 복귀되며, 그리고 상기 두 홈부(951, 952)를 통해 3개의 루프(958) 및 그에 따른 4개의 전자기 작용 권선부들 내에 배치된다. 그런 다음, 상기 권선 스트랜드(950)는 계속하여 제1 세그먼트(931)로 이어지고, 이 제1 세그먼트에서는, 3개의 루프가 형성될 때까지 제3 홈부(953)를 통해 배치되고 제4 홈부(954)를 통해서 복귀된다. 그런 다음, 권선 스트랜드는 제5 홈부(955)에서 계속되어 3개의 루프를 형성하면서 수회만큼 제6 홈부(956)를 통해 복귀된다. 마지막으로, 권선 스트랜드(950)를 위한 도



면은 연결점(996)에서 종결된다. 그리고 권선 스트랜드(950) 또는 또 다른 연결된 전기 라인은 상기 연결점으로부터 도 6에 따른 B-6 정류기(61)와 같은 정류기로, 요컨대 2개의 다이오드를 포함하는 분기로 이어진다.

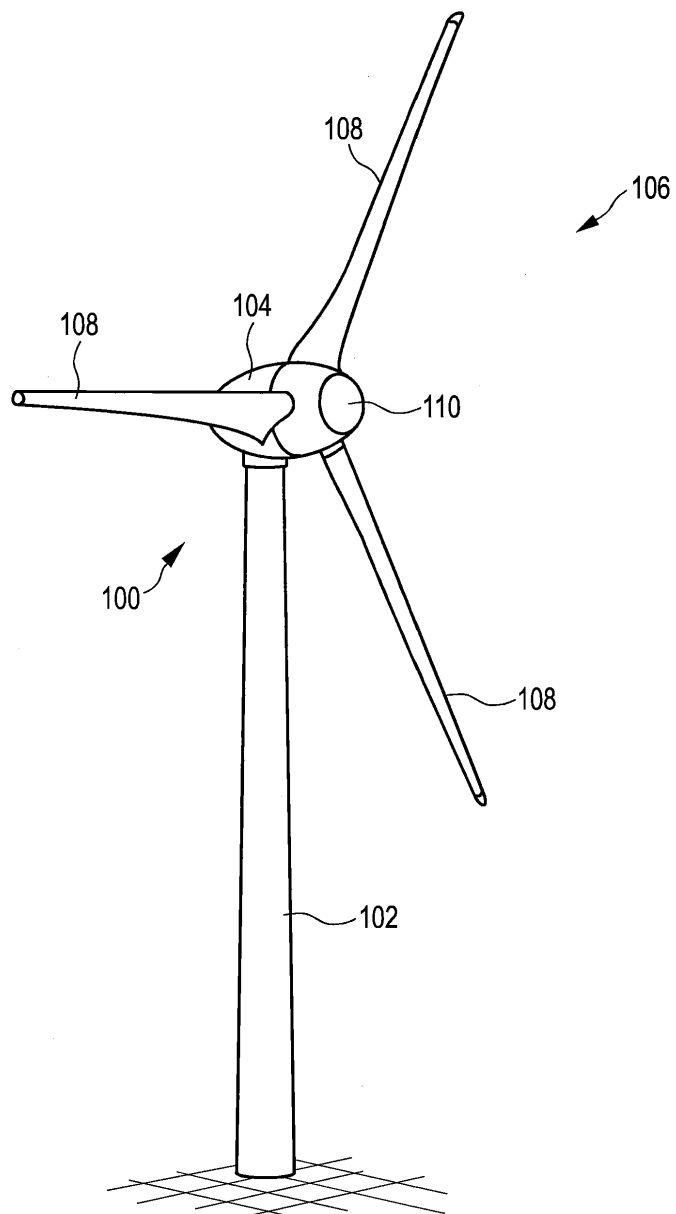
[0085] 나머지 홈부들에는 동일한 유형 및 방식으로 전술한 2개의 3상 계통의 나머지 5개의 스트랜드가 구비되며, 그럼으로써 이런 경우 제1 세그먼트(931) 및 제2 세그먼트(933)의 상기 제1 세그먼트 그룹의 모든 홈부가 채워진다.

[0086] 제2 세그먼트 그룹의 제2 세그먼트(932) 및 제4 세그먼트(934)의 권선은 적절하게 권선 스트랜드(980)로 실시된다. 상기 권선 스트랜드는 공통 성형점(998)으로부터 제1 홈부(981) 내지 제6 홈부(986)에 걸쳐서 상응하는 루프들(988)로 권선되며, 그리고 연결점(999)에서 종결되어 정류기로 이어진다.

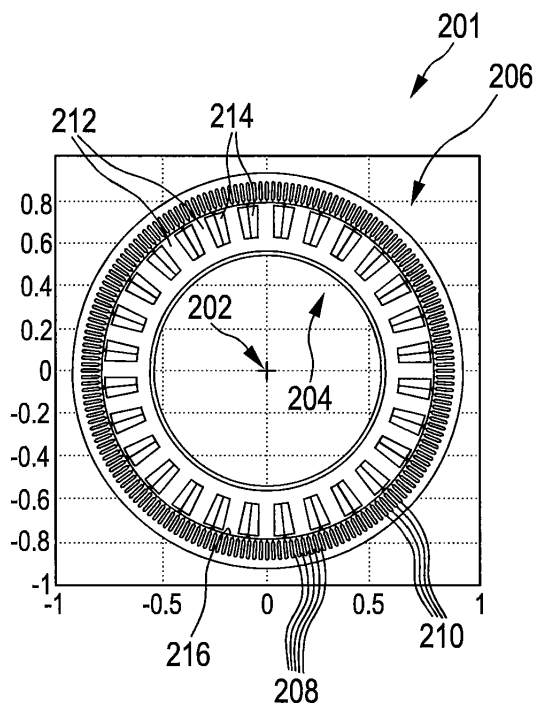
[0087] 도 9에 따르는 동기 발전기는 18개의 극 쌍을 각각 구비하는 제1 세그먼트 그룹 및 제2 세그먼트 그룹을 포함한다. 다시 말해, 각각 2개의 세그먼트 그룹(931 및 933; 932 및 934)으로 그룹화되는 4개의 스테이터 세그먼트(931 ~ 934)가 제공된다. 그에 따라, 각각의 세그먼트 그룹은 4의 배수인 극 쌍들의 개수를 포함하지 않으며, 그에 따라 하나의 세그먼트 그룹의 스테이터 세그먼트들은 서로 상이하게 다수의 극 쌍을 포함하고, 요컨대 각각 상대적으로 더 큰 스테이터 세그먼트(931 또는 932)는 12개의 극 쌍을 포함하며, 각각 상대적으로 더 작은 스테이터 세그먼트(933 또는 934)는 6개의 극 쌍을 포함한다. 여기서 주지할 사항은, 제안되는 교차 방안이 도 9에서 권선 다이어그램의 간소화된 도시를 위해 도시되지 않았다는 점이다. 도 9는 권선 다이어그램을 제시하려는 의도이다.

도면

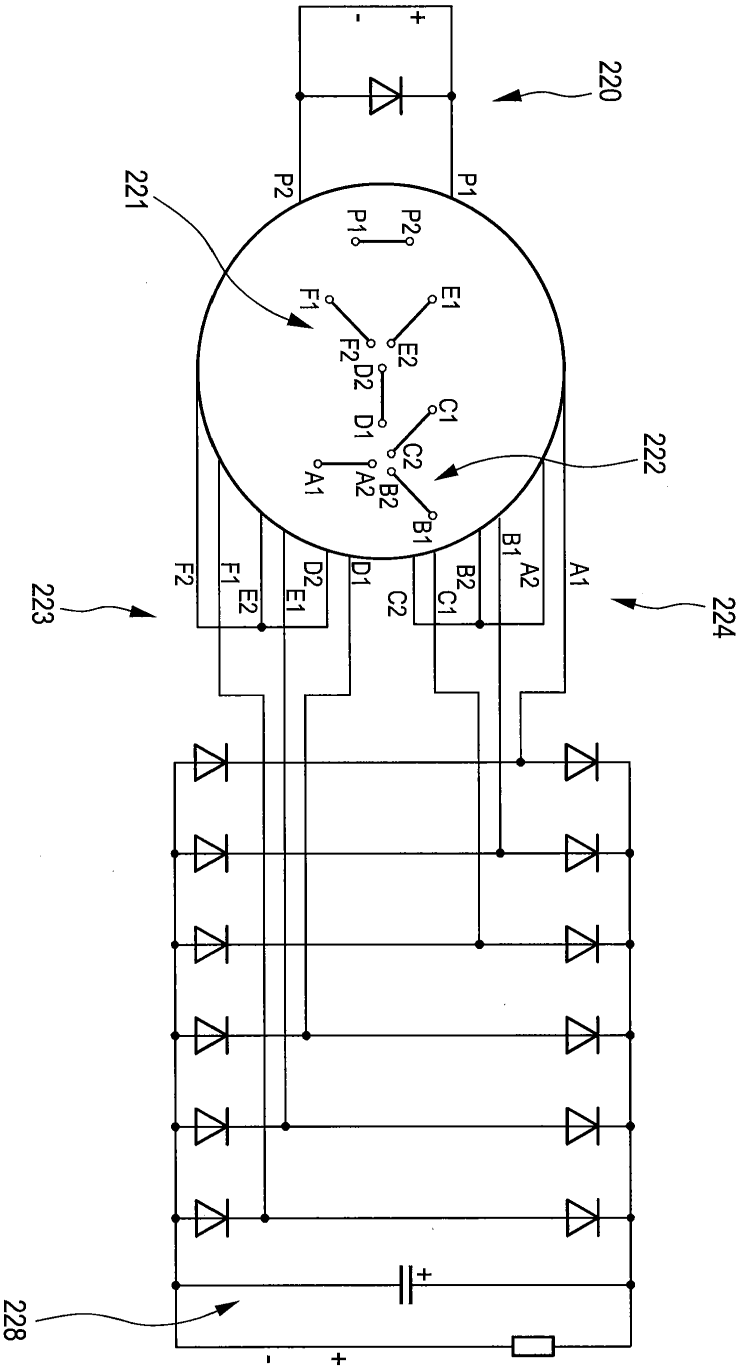
도면1



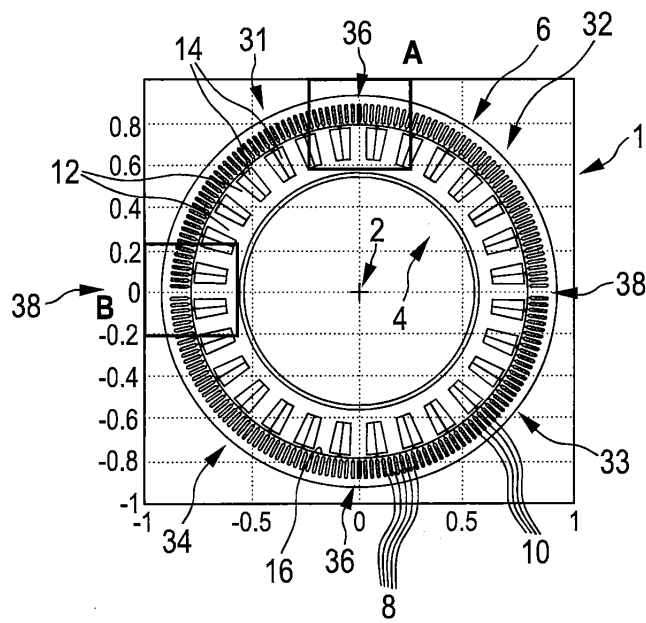
도면2



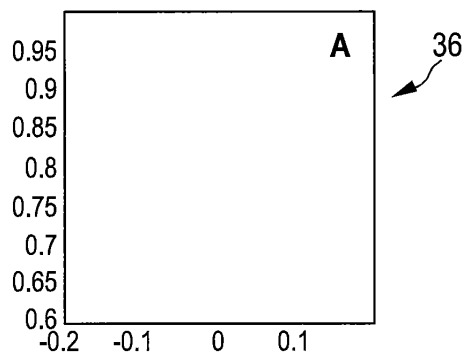
도면3



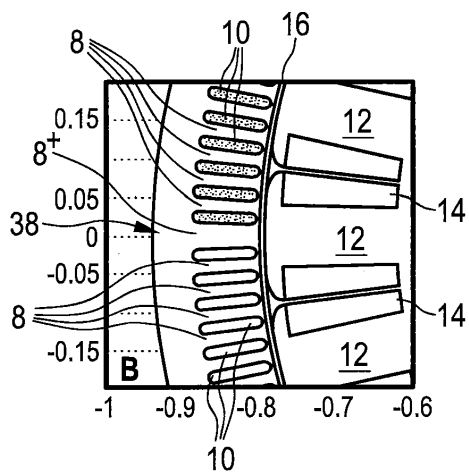
도면4



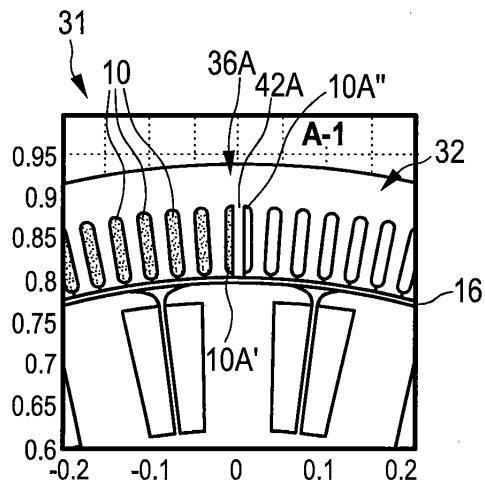
도면4a



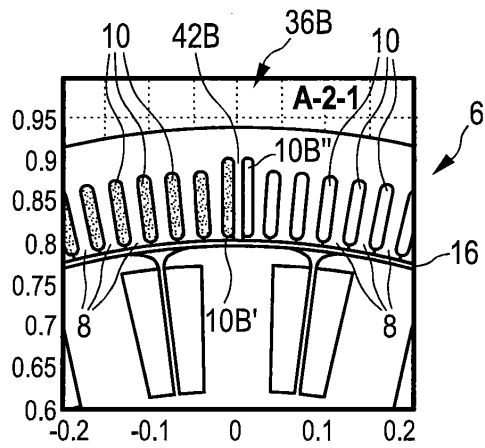
도면4b



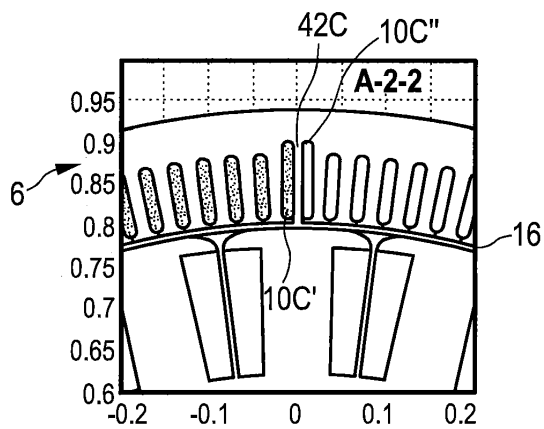
도면5a



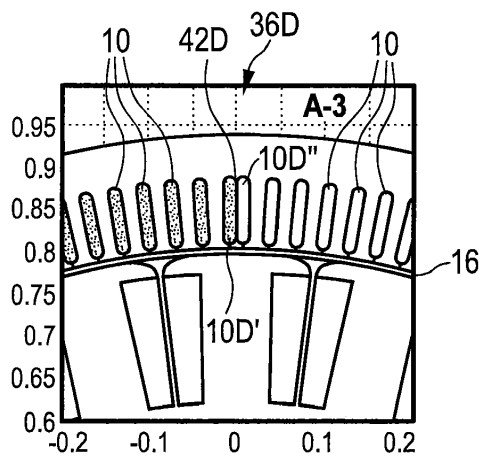
도면5b



도면5c

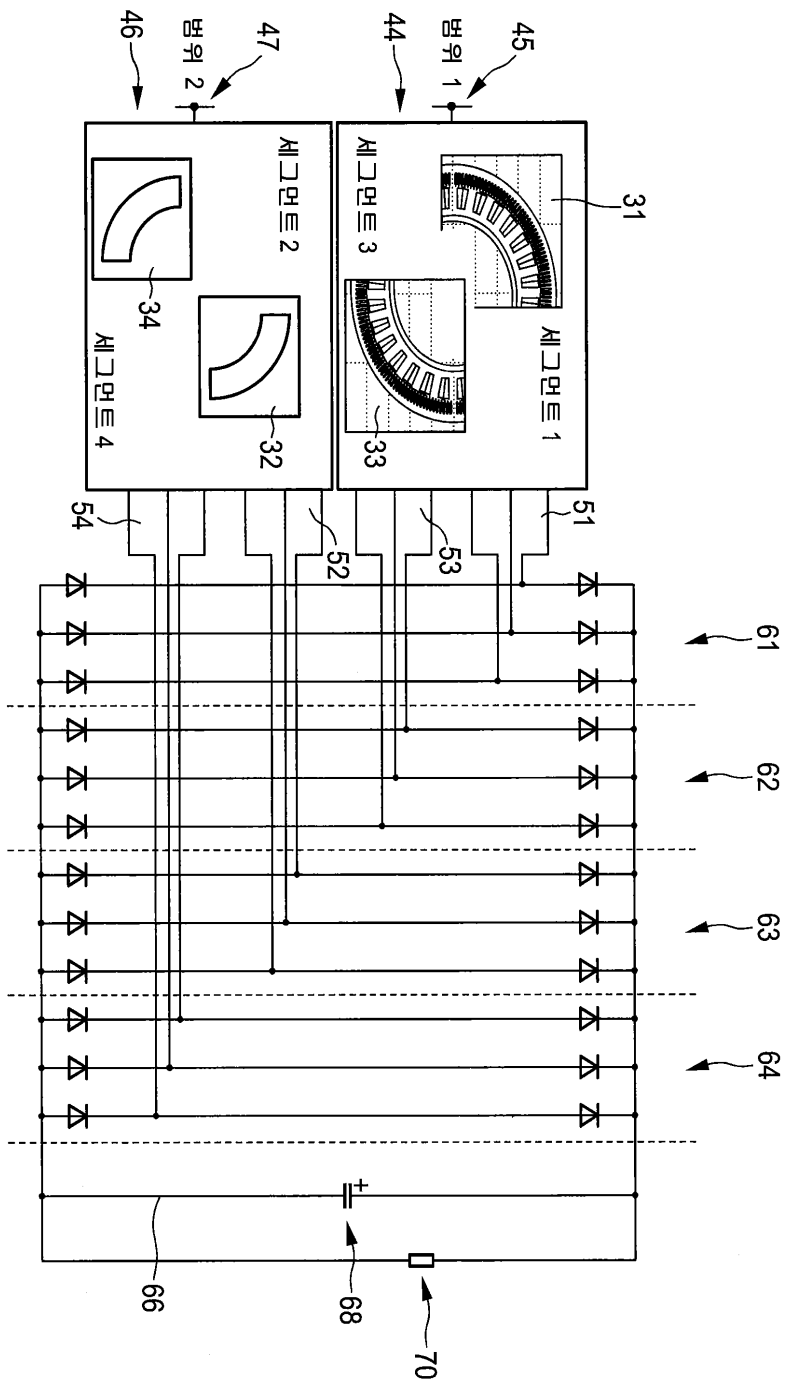


도면5d

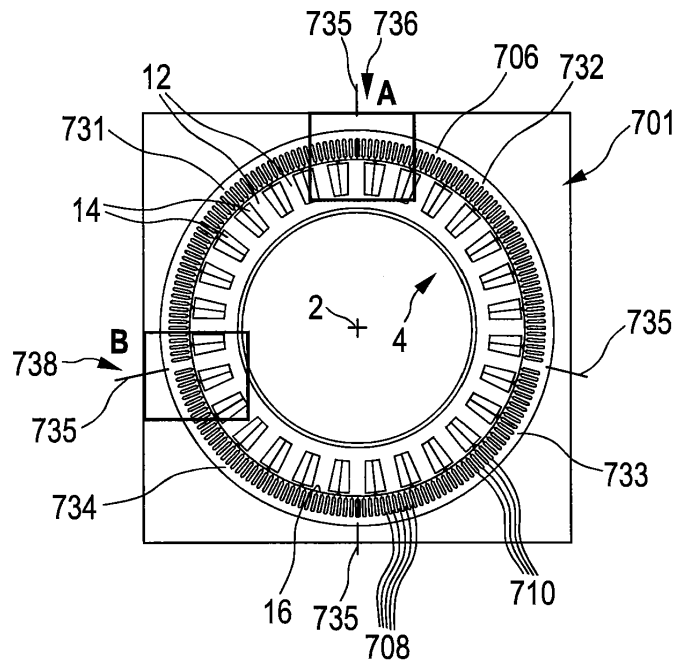




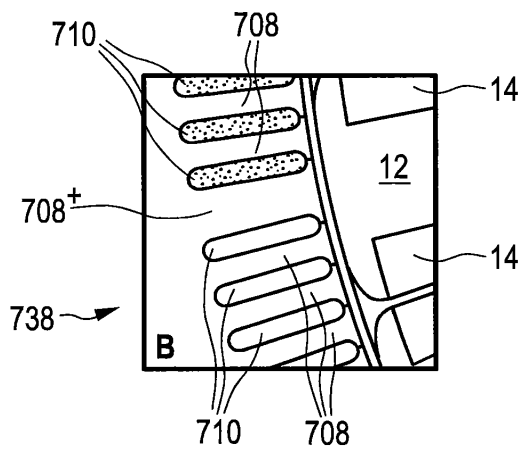
도면6



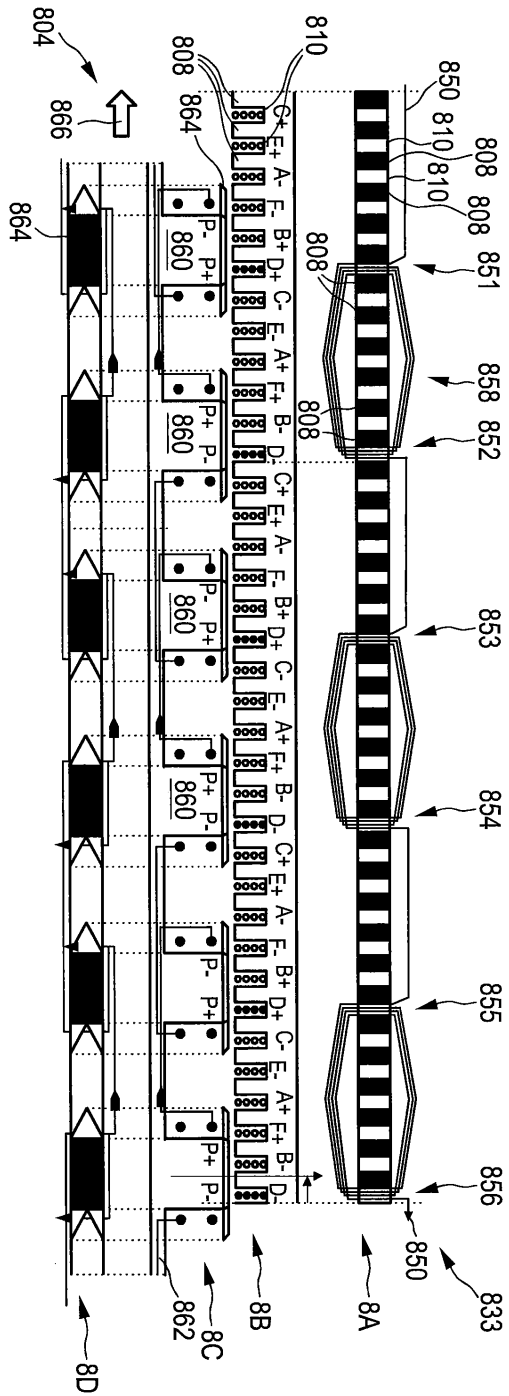
도면7



도면7a



도면8



도면9

