



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년07월17일  
 (11) 등록번호 10-1420467  
 (24) 등록일자 2014년07월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H02K 21/24* (2014.01) *H02K 7/18* (2006.01)  
*F03D 9/00* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2009-7019819
- (22) 출원일자(국제) 2008년02월29일  
 심사청구일자 2012년12월10일
- (85) 번역문제출일자 2009년09월22일
- (65) 공개번호 10-2009-0123903
- (43) 공개일자 2009년12월02일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2008/053673
- (87) 국제공개번호 WO 2008/117631  
 국제공개일자 2008년10월02일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2007-076031 2007년03월23일 일본(JP)  
 JP-P-2007-294098 2007년11월13일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP3100702 U9\*  
 JP2003348805 A\*  
 JP2004312911 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤  
 일본 도쿄도 지요다꾸 오테마치 2쥬메 6방 1고
- (72) 발명자  
 미노와, 타케히사  
 일본국 도쿄도 1000004 지요다꾸 오테마치 2쥬메 6방 1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤내  
 코바야시, 히데키  
 일본국 도쿄도 1000004 지요다꾸 오테마치 2쥬메 6방 1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤내  
 미야타, 코지  
 일본국 도쿄도 1000004 지요다꾸 오테마치 2쥬메 6방 1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤내
- (74) 대리인  
 강철중, 김윤배

전체 청구항 수 : 총 7 항

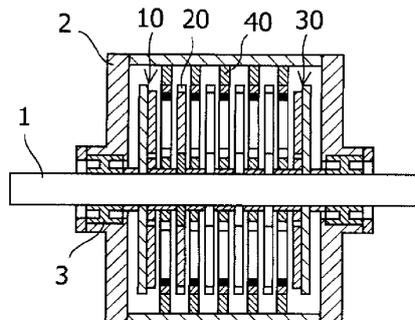
심사관 : 임영훈

(54) 발명의 명칭 **영구자석식 발전기와 이를 이용한 풍력발전기**

**(57) 요약**

풍력발전설비 등 발전설비에 있어서, 풍차의 수풍을 방해하는 것과 동일한 대형 발전기가 아닌, 수풍을 방해하지 않고 발전전압을 높이는 것이 가능한 발전기를 제공한다. 발전기 샤프트와, 상기 발전기 샤프트에 결합되고, 영구자석이 설치된 복수의 판모양 구조물이며, 각각이 상기 발전기 샤프트의 길이방향으로 배치된 적어도 3단의 로터와, 상기 발전기 샤프트와는 분리되어 있고, 상기 로터가 형성하는 적어도 2군데의 겹에 배치된, 구리선을 감은 스테이터 코일을 갖는 판모양 구조물인 스테이터를 포함하고, 상기 로터와 스테이터가 상기 발전기 샤프트의 길이방향으로 교대로 총 5단 이상 배치된, 영구자석식 발전기를 제공한다. 영구자석식 발전기의 샤프트에 프로펠러를 설치하여 얻을 수 있는 풍력발전기를 제공한다.

**대표도** - 도1b



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

발전기 샤프트;와,

상기 발전기 샤프트에 결합되고, 영구자석이 설치된 복수의 판모양 구조물이며, 각각이 상기 발전기 샤프트의 길이방향으로 배치된 적어도 3단의 로터;와,

상기 발전기 샤프트와는 분리되어 있고, 상기 로터가 형성하는 적어도 2군데의 갭(gap)에 배치된, 구리선을 감은 스테이터 코일을 갖는 판모양 구조물인 스테이터;를 포함하고,

상기 로터와 스테이터가 상기 발전기 샤프트의 길이방향으로 교대로 총 5단 이상 배치되고,

상기 적어도 3단의 로터 중 상기 발전기 샤프트의 길이방향의 양끝부분 로터는 자성체로 이루어진 판모양의 요크에서 상기 스테이터에 대향하는 측에 영구자석을 설치한 것이고,

상기 적어도 3단의 로터 중 상기 발전기 샤프트의 길이방향의 양끝부분 로터 이외의 로터는 비자성체에 영구자석을 고착하여 이루어진 것이고,

0 rpm 보다 크고 1000 rpm 이하인 회전속도로 발전기를 돌려서 발전시키기 위한, 영구자석식 발전기.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 로터와 상기 스테이터 각각이 원반모양이고, 각 로터에 설치된 영구자석이 4극 이상의 자극 수로 원주방향으로 등간격으로 배치되며, 스테이터 코일이 상기 스테이터 내에 3극 이상으로 원주방향으로 등간격으로 배치되는 것을 특징으로 하는 영구자석식 발전기.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 스테이터 코일이 단상의 위상상태에서 직렬로 결합되어 있거나, 또는 3상의 위상상태에서 직렬로 결합되는 것을 특징으로 하는 영구자석식 발전기.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

자극(磁極)에서 발생하는 자속을 상기 요크 내에 환류시켜, 상기 양끝부분 로터로부터의 외부누설자속을 감소시키는 것을 특징으로 하는 영구자석식 발전기.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 영구자석이 희토류 자석인 것을 특징으로 하는 영구자석식 발전기.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 영구자석이 Nd계 희토류 이방성 소결 자석인 것을 특징으로 하는 영구자석식 발전기.

**청구항 7**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 따른 영구자석식 발전기의 샤프트에 프로펠러를 설치하여 얻어지는 것을 특징으로 하는 풍력발전기.

**청구항 8**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 발전기에 관한 것으로서, 특히 풍력, 수력 등의 저회전형 발전기에 사용되는 발전기에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 풍력발전에서는 프로펠러의 회전동작을 발전기의 회전축에 전달함으로써 회전에너지를 전기 에너지로 변환하고 있다. 발전기로부터의 출력은 전력계통에 접속되거나, 또는 배터리에 모아서 필요할 때에 전력으로 사용한다. 발전되는 전력은 발전기의 사양에 좌우되므로, 발전설비에 맞는 발전기가 선택된다.

[0003] 발전기에는 여러 가지 종류가 있는데, 계자(界磁; field magnet)용으로 영구자석을 사용하는 유형과 코일을 사용하는 유형이 있고, 또한 구조에 있어서, 원통모양 로터(rotor; 회전자)의 바깥쪽 둘레에 스테이터(stator; 고정자)가 배치되는 레이디얼(radial) 유형이나 원반형 로터와 축방향으로 대향하도록 스테이터가 배치되는 액시얼(axial) 유형 등을 들 수 있다. 각각 일장일단이 있으나, 발전효율을 증시하는 경우 영구자석을 계자에 사용한 유형이 사용된다. 그것은 코일 계자 유형보다도, 동일한 크기로 비교한 경우에 있어서, 더 강한 자기장을 발생하는 것이 가능해서, 전기자 코일에 쇄교하는 자속량이 많아지게 되어 유기전압을 높이는 것이 가능하기 때문이다.

[0004] 발전량은 발전기의 효율에 의해 크게 좌우되기 때문에, 보다 높은 효율의 발전기가 요망되고 있다. 특히, 풍력 발전에서는 회전수가 고작 수백 알피엠(rpm) 정도에서 사용되는 것이 많은데, 이것은 다른 발전 형태에 비해서 현저하게 낮은 회전이다. 발전전압은 발전기의 회전수에 비례하기 때문에, 다른 발전 형태로 사용되는 발전기를 풍력발전기에 그대로 사용하면 발전전압이 낮아져 버린다. 그 때문에, 발전전압을 올리기 위한 승압회로가 필요하게 되어, 비용이 높아지게 된다. 다른 방법으로서, 전압을 올리기 위하여 발전기의 회전수를 올리는 것도 생각해 볼 수 있다. 프로펠러축과 발전기의 회전축 사이에 증속기어를 두는 방법이 있으나, 이것도 고비용의 요인이 될 뿐만 아니라, 기어에 의해 야기되는 토크(torque) 손실이 존재하고, 소음발생 및 장치로서의 신뢰성 저하의 원인이 되기 때문에 바람직하지 않다.

[0005] 발전전압은 계자의 자극(磁極; magnetic poles)의 수에 비례한다. 따라서, 자극 수를 증가시키기 위해 로터의 자석 수 또는 코일 수를 늘리게 되지만, 이를 위해 자석이나 코일이 작아지게 되면 역으로 계자의 자기장이 저하되어 버린다. 그래서 로터의 직경을 크게 해서 자계의 자기장을 저하시키지 않고서 동일한 크기의 자석 또는 코일을 늘려서 자극 수를 늘리는 것을 생각할 수 있다. 이것은 현실적인 방법이다. 그러나, 발전기 로터의 직경을 크게 하는 것은 발전기 전체 직경의 대형화를 의미하게 되고, 풍력발전의 사용을 고려한 경우에는 다음과 같은 이유로 바람직하지 않다.

[0006] 풍차에는 회전축이 풍향에 대해서 수직인 수직축식과 풍향에 평행한 수평축식 두 가지가 있지만, 높은 풍속 하에서의 이용 효율이 높다는 이유로 수평축식이 주로 사용되고 있다. 수평축식에서는 프로펠러(propeller)의 중심에 있는 회전축에 직결된 발전기의 크기가 프로펠러의 수풍(受風)능력에 영향을 준다. 즉, 도 11의 풍력발전기에서 도시하는 바와 같이, 발전기(62)를 수납하는 나셀(nacelle)(61)이 커지면 그 만큼 프로펠러의 수풍면적이 줄어들어 프로펠러의 회전력을 저하시킨다. 즉, 발전기가 대형화되면 될수록 풍력발전에 있어서의 효율이 떨어지게 된다. 특허문헌1에서는 코어리스(coreless) 유형의 발전기를 풍력발전에 사용한 예인데, 이 발전기의 외부 직경을 보다 더 크게 하면 수풍면적이 큰 폭으로 감소되는 것이 명백하다.

[0007] 특허문헌1 : 일본공개특허공보(A) 제2002-153036호

[0008] 특허문헌2 : 일본공개특허공보(A) 제2003-348805호

**발명의 상세한 설명**

[0009] 본 발명은 풍력발전설비 등의 발전설비에 있어서, 풍차의 수풍을 방해할 수도 있는 대형 발전기가 아닌, 수풍을 방해하지 않고 발전전압을 높이는 것이 가능한 발전기를 제공한다.

[0010] 본 발명에 따르면, 발전기 샤프트와, 상기 발전기 샤프트에 결합되고, 영구자석이 설치된 복수의 판모양 구조물이며, 각각이 상기 발전기 샤프트의 길이방향으로 배치된 적어도 3단의 로터와, 상기 발전기 샤프트와는 분리되

어 있고, 상기 로터가 형성하는 적어도 2군데의 갭(gap)에 배치된, 구리선을 감은 스테이터 코일을 갖는 판모양 구조물인 스테이터를 포함하고, 상기 로터와 스테이터가 상기 발전기 샤프트의 길이방향으로 교대로 총 5단 이상 배치된, 영구자석식 발전기를 제공할 수 있다.

- [0011] 본 발명의 바람직한 일 실시예에서는, 상기 로터와 상기 스테이터 각각이 원반모양이고, 각 로터에 설치된 영구자석이 4극 이상의 자극 수로 원주방향으로 등간격으로 배치되며, 스테이터 코일이 상기 스테이터 내에 3극 이상으로 원주방향으로 등간격으로 배치된다.
- [0012] 본 발명의 바람직한 다른 실시예에서는, 상기 스테이터 코일이 단상의 위상상태에서 직렬로 결합되어 있거나, 또는 3상의 위상상태에서 직렬로 결합되어 있다.
- [0013] 본 발명의 바람직한 다른 실시예에서는, 상기 적어도 3단 로터 중 상기 발전기 샤프트의 길이방향의 양끝부분 로터가, 자성체로 이루어진 판모양의 요크에 상기 스테이터에 대항하는 측에 영구자석을 설치한 것이고, 상기 자극에서 발생하는 자속을 상기 요크 내에 환류시켜, 상기 양끝부분 로터로부터의 외부누설자속을 감소시킨다.
- [0014] 본 발명의 바람직한 다른 실시예에서는, 상기 적어도 3단 로터 중 발전기 샤프트의 길이방향 양끝부분 로터 이외의 로터가 비자성체에 자석을 고착하여 이루어진 것이다.
- [0015] 본 발명에 따르면, 또한, 상기 영구자석식 발전기의 샤프트에 프로펠러를 설치하여 얻을 수 있는 풍력발전기를 제공할 수 있다.
- [0016] 본 발명은 주로 풍력, 수력 발전 등의 비교적 낮은 회전속도, 구체적으로는 0rpm보다 크고 2000rpm이하, 바람직하게는 0rpm보다 크고 1000rpm이하로 발전기를 돌려 발전하는 경우에 종래보다도 큰 폭으로 발전전압과 발전전력을 올리는 것이 가능한 발전기를 제공하는 것이며, 본 발명의 발전기를 풍력발전설비에 이용하면 수풍면적을 감소시키지 않고, 즉, 바람의 에너지를 충분히 받으면서 발전전압을 올리는 것이 가능해서, 발전기의 회전속도를 높이기 위한 증속기나 발전전압을 증압하기 위한 회로를 필요로 하지 않는다. 또한, 자석을 효율적으로 배열해서, 자석 사용량이 적더라도 큰 자기장을 끌어내는 것이 가능해서, 발전의 효율이 높다.
- [0017] 발전은 스테이터 코일에서 발생하지만 종래의 단일 단(段) 스테이터의 경우와 달리, 본 발명의 복수 단 스테이터에서는 스테이터 사이의 코일 접속을 가변적으로 할 수 있다. 즉, 고전압을 얻고 싶은 경우에는 모든 스테이터를 직렬로 접속하면 유리하고, 저전압 대전류를 얻고 싶은 경우에는 일부 또는 전체 스테이터를 병렬로 접속하면 유리하다. 따라서, 본 발명에 의하면 발전기 사양을 용이하게 변경할 수 있다.

**실시예**

- [0046] 발명의 일 실시 태양을 도 1a와 도 1b에 도시한다. 도 1a는 본 발명에 따른 발전기의 예를 프로펠러 등과 결합 가능한 측면에서 본 도면이고, 그 a-a의 단면도를 도 1b에 도시한다. 회전력을 전달하는 샤프트(1)는 발전기 케이스(2)에 베어링(3)을 통해 회전가능하게 지지되어 있다. 샤프트(1)의 한쪽 끝부분은 프로펠러 등에 결합가능해서, 회전력이 발전기에 전달된다. 샤프트(1)에는 복수의 로터(10, 20, 30)가 체결되어 있어서, 샤프트와 동기 회하여 로터(10, 20, 30)가 회전한다. 다시 말해, 이 발전기는 발전기 샤프트(1)와 직접 연결되는 판모양 구조물에 영구자석을 배치한 로터(10, 20, 30)와, 이 영구자석의 회전궤도와 대항하는 위치에 복수의 코일을 배열한 스테이터(40)를 포함하고, 이들 로터와 스테이터가 교대로 여러 단으로 적층된 구조이다.
- [0047] 하나의 로터에는, 예를 들어, 도 2와 도 3에서 도시한 바와 같이, 복수의 영구자석(11, 21)이 샤프트 회전축을 중심으로 한 원형모양으로 등간격으로 나열되어 있다. 본 발명에 따르면, 각 로터에 배치된 영구자석이 만드는 자극의 수는, 대형화하면 극 수를 많게 하는 것이 가능하지만, 바람직하게는 4극 이상, 더욱 바람직하게는 4극 이상 48극 이하이고, 이것에 대항하는 스테이터 코일의 수는 바람직하게는 3개 이상, 더욱 바람직하게는 4개 이상 48개 이하이다. 자석의 극 수가 4극 미만인 경우는 충분한 발전전압을 얻을 수 없는 경우가 있다. 자석의 극성은 축방향을 향하고 있고, 원주방향으로 인접한 자석끼리는 극성이 반대로 되게 해서 배치되어 있다.
- [0048] 도 2와 도 3의 예에서는 극 수 8(자석 8개)의 로터를 형성하고 있다.
- [0049] 단상교류의 경우는 자석의 극 수와 코일의 개수의 비율이 1:1이지만, 3상교류의 경우는 4:3, 2:3, 8:9, 10:9, 10:12, 12:15 등을 들 수 있고, 특히 4:3이나 2:3이 바람직하다.
- [0050] 로터는 복수 단(3단 이상)이 존재하고, 각 로터에 설치되어 있는 자석은, 바람직하게는, 수량이 동일하고, 동일한 극 수를 가지고, 형상이 부채꼴이나 직사각형이다. 또한, 로터 상의 자석의 극성은 모든 로터에 있어서 동일하게 배열되어 있다. 즉, 하나의 로터의 N극 자석과 정확히 마주보는 위치에 있는 다른 로터의 자석도 N극으로

되어 있어, 로터 사이의 갭(gap)에서 생기는 자기장은 서로 강화된다.

- [0051] 이들 영구자석이 배열된 판모양의 로터는 적어도 3단 이상 배치되고, 그들 로터가 형성하는 적어도 2군데 이상의 각 갭에 스테이터 코일을 가지는 스테이터를 배치하고, 로터와 스테이터를 합계해서 적어도 5단 이상 교대로 적층한다. 형상이 크게 되면 단 수도 증가하고, 특별한 상한의 제한은 없으나, 101단 이하가 바람직하다. 이러한 식으로 복수의 자석을 배열한 로터를 복수 단(段), 자석의 극성을 가지런히 해서 배열하면, 발전기에서의 자기회로의 투자도(permeance)가 커지게 되어, 영구자석에서 큰 자속을 끌어내는 것이 가능하다.
- [0052] 이러한 모양의 단 배열 구조에 의해, 동일한 양의 자석 질량으로 동일한 극 수를 배열한 1단 또는 2단의 자석 로터 형식과 비교해서, 전압을 높게 할 뿐만 아니라 갭에서 얻어지는 자속량을 크게 하는 것이 가능하다.
- [0053] 본 발명의 바람직한 형태로서, 적어도 3단 로터 중 양끝부분 로터는, 자석의 자극면 중 스테이터를 대향하고 있지 않는 면에 부착된, 자성체로 이루어진 요크(바람직하게는 원반모양)를 포함한다. 이로써, 자극에서 발생하는 자속을 요크 내에서 환류시켜, 양끝부분 로터로부터 외부 누설자속을 감소시킴으로써, 누설자속이 발전기 케이스에 발생하게 하는 와전류에 의한 손실 토크를 경감시키고, 동시에 이에 상응하는 갭의 자속량을 증대시켜서 발전성능을 고성능화할 수 있다.
- [0054] 복수 단의 로터 중에서 양끝부분에 배치된 2개의 끝부분 로터(10, 30)는 다른 로터와 달리 도 2의 끝부분 로터(10)의 예에서 도시한 바와 같이, 바람직하게는 강자성체의 요크(12) 상에 영구자석(11)이 접촉체(예를 들면, 에폭시 수지, 아크릴계 수지)에 의해 부착되어 있다. 이것에 의해, 끝부분 로터와 이것과 대향하는 로터 사이의 자기장은 강화되고, 또한, 동시에 케이스 측에서의 자기장 누설이 억제된다. 그 결과, 케이스 내에서 발생하는 와전류가 최소한으로 억제되고, 와전류에 의한 회전에 대한 제동력을 받지 않는다.
- [0055] 요크는 자성재료라면 특별히 제한되지는 않으나, 예컨대, 철, 자성 SUS(stainless steel)를 들 수 있다.
- [0056] 양끝부분 이외의 로터(20)는 바람직하게는, 비자성재(Al, SUS, 수지 등)에 자석을 고착시키고 있다. 더욱 바람직하게는, 도 3에서 도시한 바와 같이 비자성재(23) 프레임 속에 자석(21)이 박혀있다. 이로써, 상기 로터의 양쪽의 갭에서 동일한 자기장을 발생하는 것이 가능해서, 프레임에 비자성재를 이용하는 것으로 자석으로부터의 자기장을 약하게 하는 것은 아니다.
- [0057] 또 다른 태양으로는, 자석의 한쪽 또는 양쪽에 비자성재를 고착하는 것도 가능하다.
- [0058] 이하에서 비자성 재료를 채용하는 것으로서 자석으로부터의 자기장이 강화되는 이유에 대해 종래기술의 태양과 대비를 하면서 상세히 설명한다.
- [0059] 일본공개특허공보 제2003-348805호 등에서 대표되는 종래 기술태양에서는, 통상, 본 출원서에 첨부된 도 12에 도시한 바와 같이 하나의 원형 요크(12) 상에 복수의 자석(11)을 붙인 로터(110)가 존재하고, 이 로터를 여러 단 적층하고 (110a, 110b, 110c), 로터와 이웃 로터 사이에 도시하지 않은 스테이터가 들어갈 틈새가 마련되어 있다. 이 경우, 하나의 로터와 하나의 스테이터를 묶어서 하나의 발전기로 볼 수 있고, 이것을 여러 단 쌓음으로써 복수 단의 발전기를 구성하고 있다. 쌓을 때는 적층 후 끝부분에 있는 스테이터가 노출되지 않도록, 즉 스테이터가 요크에 끼워 넣어 지도록 요크만의 로터(102)가 마지막에 설치된다. 도 12에서 도시된 태양에서는 하나의 로터와 요크와 자석으로 구성된다. 이 로터를 여러 단으로 하는 경우의 자력선(109)의 흐름은 도 12에서 도시한 바와 같이 이웃 요크의 내부를 통해 환류(還流)해서, 그 결과, 스테이터가 들어가는 로터 사이에는 로터 한 개 분의 기자력에 의한 자력선이 통과하게 된다. 복수 단의 발전기 각각에 있어서 마찬가지로 할 수 있고, 각 발전기에 있어서 동일한 모양의 자력선의 흐름이 되고 틈새부의 자기장도 동일한 모양이 된다. 각 로터에 요크가 존재하기 때문에, 자석에서 나온 자력선이 이웃 로터의 요크의 자기장 차폐 효과에 의해 그 요크를 관통해서 이웃 로터의 틈새부까지 도달하는 것이 가능하지 않아서, 그 결과, 틈새부의 자기장이 저하된다.
- [0060] 달리 말해, 요크가 2개 밖에 존재하지 않기 때문에 종래와 비교하여 축방향 치수를 작게 할 수 있어서, 더욱 경량화가 도모된다. 따라서 종래보다도 비용을 낮추는 것이 가능하게 된다.
- [0061] 한편, 본 발명의 태양에서는, 도 10에 도시된 바와 같이 원형 요크에 복수의 자석을 붙인 로터가 발전기 샤프트의 길이방향의 끝부분 2군데에 설치되고, 그 사이에 복수의 로터가 적층되고, 이들 끝부분 이외의 로터(15a, 15b)는 비자성재(23)에 자석(21)을 고착시켜서 이루어진 것이며, 요크는 존재하지 않는다. 즉, 본 발명에서는 끝부분 로터(14a, 14b) 이외에는 요크(12)가 존재하지 않고, 이 경우의 자력선(19)은 각 로터의 자석을 관통해서 끝부분 요크(12)에서 환류해서 형성된다. 따라서, 각 로터 사이의 틈새부를 각 로터의 자석으로부터의 기자력이 더해져서 형성된 자력선(19)이 통과하게 되어, 상술한 종래 기술과 비교해서 틈새부의 자기장 강도가 큰

폭으로 상승한다. 말하자면, 모든 로터 자석이 서로 자기장을 강화하도록 만나서, 틸새부의 자기장을 강화하고 있다고 할 수 있다.

- [0062] 즉, 본 발명에서는 한 세트의 발전기를 복수 단 쌓은 구성이 아니라, 2개의 끝부분 로터, 그 사이에 배치되는 복수의 로터, 그리고 각 로터 사이에 배치된 스테이터, 이들 모두에 의하여 1 개의 고성능 발전기가 구성되어 있다고 할 수 있다.
- [0063] 이상과 같이, 본 발명에 따른 발전기에서는 종래보다도 자기장 강도를 큰 폭으로 높이는 것이 가능해서, 발전전압은 자기장 강도에 거의 비례하기 때문에, 본 발명에서는 종래에 비해 발전전압을 큰 폭으로 높이는 것이 가능하다. 이와 같이하여, 본 발명에 따른 발전기에 있어서 각 로터 사이의 틸새에는 아주 강한 다극(多極; multi-pole)의 자기장이 형성된다.
- [0064] 각 로터 사이의 틸새는 작을수록 강한 자기장을 얻을 수 있기 때문에, 가능한 한 작게 하는 것이 바람직하다.
- [0065] 종래에는 각 로터에 요크가 존재하기 때문에, 이 로터를 복수 단 쌓은 경우에는 당연히 요크의 총 두께는 각 요크 두께와 단 수의 곱이 되지만, 본 발명에서는 요크는 끝부분 로터에만 배치되기 때문에 단 수가 아무리 증가해도 요크의 총 두께는 1개 요크 두께의 2배 밖에 되지 않는다. 따라서, 요크의 총 두께가 얇게 유지되어, 단 수가 증가해도 발전기 본체의 축방향 크기를 콤팩트하게 유지할 수 있는 결과, 중량도 줄고 비용을 줄이는 것이 가능하다는 이점이 있다.
- [0066] 도 4에서 도시한 바와 같이 복수의 코일을 포함하는 스테이터(40)는 각 로터 사이의 갭에 배치된다. 스테이터(40)는, 예컨대, 수납용 케이스(2)에 고정되어 있다. 스테이터(40)에는 바람직하게는 각 코일(44)이 코일 프레임(43)에 박혀있다. 코일 프레임(43)은 와전류가 발생하지 않도록 수지 등의 절연재료로 만들어진다. 각 스테이터는 바람직하게는 모두 동일한 수의 코일로서 형성된다. 각 코일의 형상은 바람직하게는 대체로 자석의 형상과 동일하다. 단상(單相)의 경우에는 바람직하게는 각 코일은 이웃끼리 역방향으로 감겨 직렬로 접속되어 있다. 3상(三相)의 경우에는 바람직하게는 원주방향으로 두 개씩 걸러 코일을 직렬로 접속한 것을 세 세트를 만들어 3상 권선으로 한다.
- [0067] 본 발명에 따르면, 회전 축의 축방향으로 로터 및 스테이터를 교대로 배치한다. 양단의 끝부분 로터의 두께를 요크 두께와 요크에서 회전축방향으로 돌출한 영구자석의 축방향 길이와의 합계로 하면, 로터 사이의 갭은 모두 동일한 것이 바람직하다. 그 갭에 배치된 스테이터는, 끼워진 두 개의 로터와의 간격에 있어서, 모두 동일한 것이 바람직하고, 로터의 회전을 방해하지 않는 범위에 있으면 좋다.
- [0068] 로터와 스테이터는 바람직하게는 원반모양이고, 그 직경은 바람직하게는 50~6000mm이다. 영구자석을 포함한 로터의 회전축방향의 두께는, 배치하는 영구자석의 질량에 따라 다르지만, 바람직하게는 2~400mm, 끝부분 로터에 관해서는, 바람직하게는 3~600mm이다. 스테이터 코일을 포함한 스테이터의 회전축방향의 두께는 바람직하게는 1~500mm이다.
- [0069] 프로펠러에서 샤프트로 회전력이 전해지면, 모든 로터는 샤프트와 동기(同期) 회전하고, 각 로터 사이의 갭(틈새부)에 형성된 자기장도 동기 회전한다. 그 결과, 각 스테이터에서는 동기 회전 자기장이 부여되어 유도되는 기전력도 각 스테이터 사이에서 동기화된다. 각 스테이터 코일 수를 각 로터의 자극 수와 동일하게 하면 단상 교류의 기전력이 얻어지고, 0.75 배로 하면 3상 교류의 기전력이 얻어진다. 각 스테이터 내의 코일은 모두 서로 직렬로 결선되어 있으며, 또한 각 스테이터 사이에서도 모두 직렬로 결선되어 있다. 이렇게 함으로써, 기전력의 총합은 스테이터의 단 수에 비례하기 때문에, 스테이터의 단 수를 증가시키는 것으로써 용이하게 높은 발전전압을 얻는 것이 가능하다. 즉, 외형을 크게 해서 극 수를 증가시키는 것이 아닌, 단을 쌓는 것에 의해 자극 수가 증가해서, 출력 전압을 올리는 것이 가능하다. 발전기로부터 얻은 교류 기전력은 정류기를 통해서 직류화되어 배터리에 모아지거나, 송전된다.
- [0070] 이와 같이, 회전축의 축방향으로 로터 및 스테이터를 증가시켜 가는 것은, 발전기 본체의 축방향 사이즈를 크게 하지만, 이것을 수평축식 풍차의 나세르에 수납하는 경우, 수풍(受風)면적을 줄이는 것으로는 되지 않는다. 발전기의 직경을 크게 하는 것은 수풍면적을 줄이는 것으로 이어지지만, 본 발명의 발전기에서는 직경을 늘리지 않고, 축방향 사이즈를 늘려서 발전전압을 올리고 있기 때문에 수풍에는 영향을 주지 않으며, 따라서, 풍력 에너지를 회전에너지로 손실 없이 변환할 수 있다. 풍력발전기로는 일반적으로 사용되고 있는 강화 플라스틱으로 이루어진 프로펠러를 사용해서, 풍향에 따라서 360° 회전가능하게 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0071] 본 발명에서 사용하는 영구자석은, 특별히 한정되지는 않지만, 바람직하게는 희토류(rare earth) 원소를 포함하는 고성능 희토류 자석이다. 소위 희토류 금속간 화합물로 이루어진 희토류 소결(sintered) 자석이나 희토류 본

드(bonded) 자석이 바람직한 대상이 되지만, 더 바람직하게는 Nd계 이방성 소결 자석이 사용될 수 있다. 에너지를 축적이 높고, 발생 자기장이 크기 때문에, 발전성능을 향상시키기 위해 바람직하고 자석 비용도 저렴하다.

[0072] 상술한 본 발명에 따른 다극의 자석 로터 및 스테이터를 여러 단 쌓은 구조의 발전기이면, 회전수가 올라가지 않는 풍력발전에 있어서도 발전전압을 높이는 것이 가능해서, 효율이 높은 발전을 실시하는 것이 가능하다. 또한, 수력발전에도 본 발명에 따른 발전기가 응용 가능하다.

[0073] 실시예 1

[0074] 본 발명의 실시예로서, 도 1에 도시한 발전기를 제작하였다. 제작한 발전기에서는 로터 및 스테이터의 단 수를 변경할 수 있는 구조로 하고, 단 수를 바꾼 경우 각각의 발전전압을 측정하였다. 샤프트는 스테인레스재로 직경은 15mm로 하였다. 끝부분 로터는, 직경이 100mm이고 두께가 2mm인 철 요크에 8개의 NdFeB계 영구자석(자극은 축방향, 두께는 4mm)을 원형모양으로 등간격의 자극의 방향이 교대가 되는 배치가 되도록 접착제(에폭시 수지)로 고착하였다. 또한, 내부 로터는, 직경이 100mm이고 두께가 4mm인 스테인레스재에 자석을 끼워 넣기 위한 구멍 8개를 등간격으로 두고서, 각각의 구멍에 동일한 NdFeB계 영구자석(두께 4mm)을 끼워 넣어 접착제(에폭시 수지)를 사용해서 고착하였다. 각각의 로터는 틱새가 8mm(끝부분 로터의 두께는 영구자석의 두께와 요크 두께의 합계로 함)로 되도록 간격을 두고 샤프트에 설치되었다. 이들 로터는 키(key)에 의해 미끄럼이 방지되어 있어, 샤프트와 일체화하여 회전한다. 또한, 스테이터는 직경 120mm이고 수지로 제조해서, 코일을 끼워 넣기 위한 구멍을 등간격으로 가지고 있어, 별도로 제작한 구리선 코일(권수 30회)을 스테이터에 둔 구멍에 끼워 넣고 접착 고정하였다. 끼워 넣어진 각 코일은 모두 직렬로 접속되었다. 또한, 복수 스테이터 사이의 접속도 모두 직렬로 하였다. 케이스는 직경 130mm, 길이 110mm인 알루미늄으로 제조해서, 이 케이스에 각 스테이터를 볼트로 고정하였다. 샤프트는 케이스에 설치된 베어링을 통해 회전가능하게 지지되고 있다. 본 발전기를 별도로 준비한 모터에 직접 연결해서, 이 모터로 발전기의 샤프트를 회전시킴으로써 발전전압을 생성해서 측정하였다.

[0075] 2단 로터와 1단 스테이터를 조합해서 발전기를 구성해서, 모터로 발전기를 회전수 450rpm으로 회전시켰을 때 얻은 발전전압의 파형을 도 5에서 도시한다. 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 거의 정현파인 전압 파형을 얻을 수 있으며, 피크값은 약 10V였다. 동일한 식의 측정을 4단 로터와 3단 스테이터의 경우, 및 6단 로터와 5단 스테이터의 경우에 대해 실시한 결과의 피크 전압을, 가로축을 스테이터의 단 수로 해서 그린 것을 도 6에서 도시한다. 이 결과로부터 알 수 있는 바와 같이 발전전압은 스테이터의 단 수에 비례해서 증가하였다.

[0076] 실시예 2

[0077] 도 7a 및 도 7b에 도시된 바와 같이, 자석의 총 중량은 동일하고, 2단 로터와 1단 스테이터의 3단인 경우(도 7a), 3단 로터와 2단 스테이터의 5단인 경우(도 7b)를 비교하였다(스테이터는 도시하지 않음). 로터의 자석 구성 및 스테이터는 실시예 1과 동일하게 하였다. 스테이터 사양은 공통으로 하고, 로터 직경 100mm, 극 수 8, 로터 사이 틱새 8mm도 공통으로 하였다. 또한, 5단의 경우는 자석 두께를 4mm, 3단의 경우는 자석 두께를 6mm로 하였다. 이 2개를 모두 회전수 450rpm에서 회전시킨 때의 발전전압을 측정한 결과, 5단의 경우에는 피크 전압이 18V였지만, 3단의 경우에는 피크 전압이 11V였다. 즉, 동일한 중량의 자석을 사용했어도 5단으로 한 쪽이 3단의 경우보다도 큰 폭으로 발생전압을 높이는 것이 가능하였다.

[0078] 실시예 3

[0079] 다른 비교로서, 로터 직경을 크게 해서 극 수도 늘린 2단 로터와 1단 스테이터의 3단 유형과 실시예 2의 5단 유형을 비교하였다. 로터의 자석 구성 및 스테이터는 실시예 1과 동일하게 하였다. 3단 유형은 로터 직경 130mm, 극 수 10으로 하고, 자석 총 중량을 5단 유형과 동일하게 하기 위하여 자석 두께를 4.8mm로 하였다. 이 3단 유형을 회전수 450rpm으로 회전시킨 결과, 발생한 전압의 피크값은 17V였다. 즉, 이 3단 유형은 실시예 2의 5단 유형보다도 직경이 30%, 면적에서는 69% 커졌음에도 불구하고, 동등하거나 오히려 더 낮은 피크 전압이 되었다.

[0080] 실시예 4

[0081] 3단 로터와 2단 스테이터의 5단으로, 로터 극 수 8(자석 수 8, NdFeB계 소결자석), 스테이터의 코일 수 6인 경

우에 3상교류의 기전력이 얻어지는 예를 도시한다. 그 외에는 실시예 1과 동일한 구성으로 하였다. 로터는 실시예 1과 동일한 것을 사용하고, 도 8이 도시하는 바와 같이, 각 코일(54)을 코일 프레임(53)에 끼워 넣은 코일 수가 6인 스테이터(50)(두께 5mm)를 사용하였다. 회전축을 사이에 두고 서로 마주보는 2개의 코일은 직렬로 결선되며, 또한 이웃 스테이터에서도 동일한 결선을 해서, 2개의 스테이터 사이에서는 정확히 축방향으로 서로 마주 보는 코일이 직렬로 결선되어 있다. 이 발전기를 450rpm으로 회전시켰을 때에 3세트의 코일에 발생한 발전전압을 측정된 결과를 도 9에서 도시한다. 이와 같이, 스테이터 수를 자석 극 수의 0.75배 또는  $0.75 \times$  정수배 하면 3상교류가 얻어진다.

[0082] 참고 예

[0083] 종래의 구성인 도 12a 및 도 12b와 본 발명의 구성인 도 10a 및 도 10b와의 비교를 실시하였다. 어느 쪽의 예도 스테이터는 동일하고, 실시예 1과 동일한 스테이터를 3군데에 틱새에 배치하였다. 로터는 어느 쪽도 8극으로 하고, 철 요크는 직경 100mm, 두께 3mm, 자석 두께는 6mm로 공통으로 하였다. 비자성재의 프레임으로서는 재질을 SUS, 직경 100mm, 두께를 6mm로 하였다. 도 10a와 도 10b 및 도 12a 와 도 12b에서의 각 로터는 틱새가 8mm가 되도록 간격을 두고 샤프트에 설치되었다. 도 10a와 도 10b에서의 양끝부분 로터(14a, 14b), 및 도 12a와 도 12b에서의 로터(110a, 110b, 110c)의 두께는, 영구자석의 두께와 요크 두께와의 합계로 하였다. 또한, 도 10a와 도 10b의 태양에 따른 양끝부분 로터 이외의 로터(15a, 15b)의 두께는 영구자석의 두께로 하였다.

[0084] 이 2개의 발전기의 발전전압을 측정된 결과, 종래의 구성에서는 24V였지만, 본 발명의 구성에서는 33V인, 약 1.4배 높은 발전전압이 얻어졌다. 본 발명으로 구성한 쪽이 더 높은 전압을 생성할 수 있다는 것을 이해하였다.

[0085] 이상과 같이 본 발명의 발전기를 이용하면, 전체 직경을 크게 하지 않고, 또 자석 중량을 늘리지 않고, 발전전압을 높이는 것이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1a는 본 발명에 따른 발전기의 일례를 프로펠러 등과 결합 가능한 측면에서 본 도면이고, 도 1b는 그 a-a의 단면도를 도시한다.

[0019] 도 2는 본 발명에 따른 끝부분 로터의 일 태양을 도시한다.

[0020] 도 3은 본 발명에 따른 로터의 일 태양을 도시한다.

[0021] 도 4는 본 발명에 따른 스테이터의 일 태양을 도시한다.

[0022] 도 5는 모터로 발전기를 회전속도 450rpm으로 회전시켰을 때 얻은 발전전압의 파형을 도시한다.

[0023] 도 6은 스테이터의 단 수와 발전전압과의 관계를 도시한다.

[0024] 자석의 총 중량이 동일하다는 조건하에서, 도 7a는 2단 로터와 1단 스테이터인 3단의 경우를, 도 7b는 3단 로터와 2단 스테이터인 5단의 경우를 도시한다.

[0025] 도 8은 코일 수 6의 스테이터를 도시한다.

[0026] 도 9는 로터의 회전각도와 발전전압과의 관계를 도시한다.

[0027] 도 10a는 본 발명에 따른 영구자석식 발전기를 샤프트 축방향에서 본 도면이고, 도 10b는 그 b-b단면에서 본 자력선의 개념도를 도시한다.

[0028] 도 11은 풍력발전기를 도시한다.

[0029] 도 12a는 기존 발전기를 샤프트 축방향에서 본 도면이고, 도 12b는 그 b-b 단면에서 본 자력선의 개념도를 도시한다.

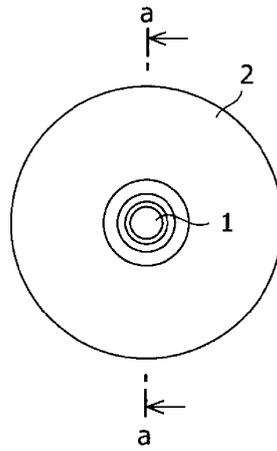
[0030] \* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*

[0031] 1: 샤프트(shaft)

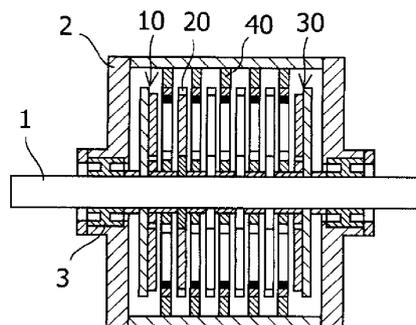
- [0032] 2: 케이스(case)
- [0033] 10, 20, 30, 110a, 110b, 110c: 로터
- [0034] 40, 50: 스테이터
- [0035] 11, 21: 자석
- [0036] 12: 요크(yoke)
- [0037] 14a, 14b: 끝부분의 로터
- [0038] 15a, 15b: 양끝부분 이외의 로터
- [0039] 19, 109: 자력선
- [0040] 23: 비자성재(非磁性材)
- [0041] 43, 53: 코일 프레임
- [0042] 44, 54: 코일
- [0043] 61: 나셀
- [0044] 62: 발전기
- [0045] 102: 요크 전용 로터

도면

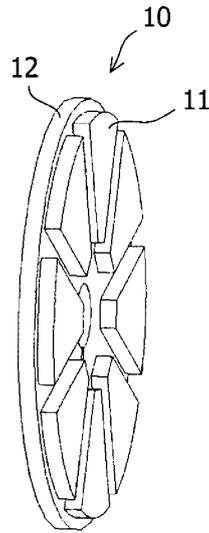
도면1a



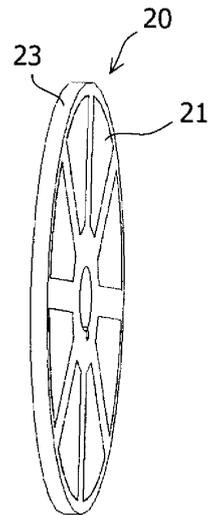
도면1b



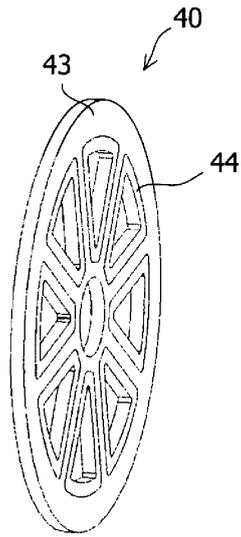
도면2



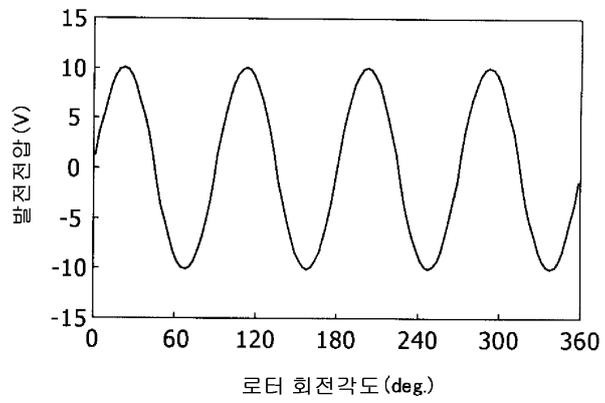
도면3



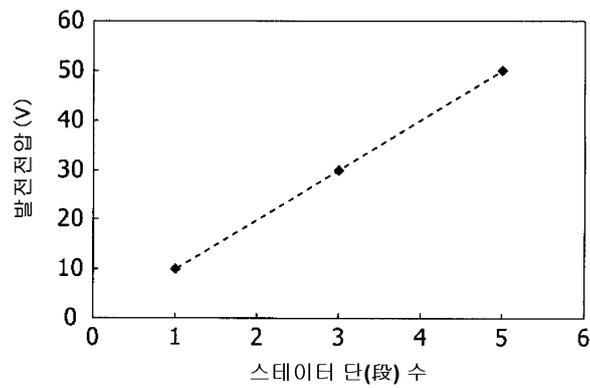
도면4



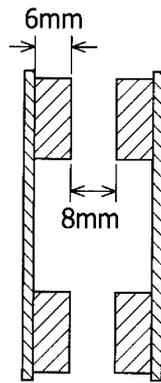
도면5



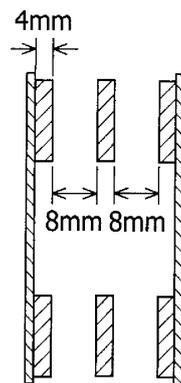
도면6



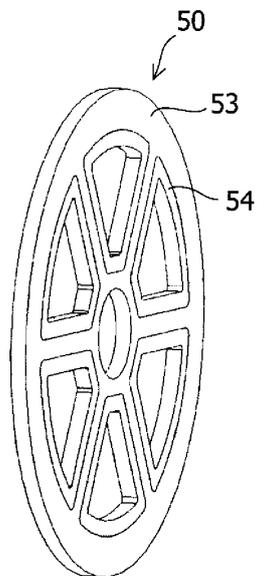
도면7a



도면7b

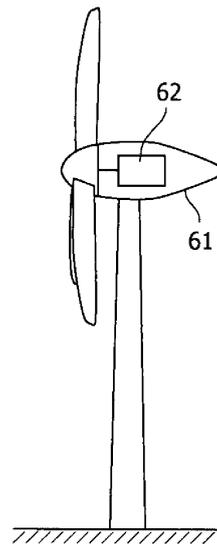


도면8

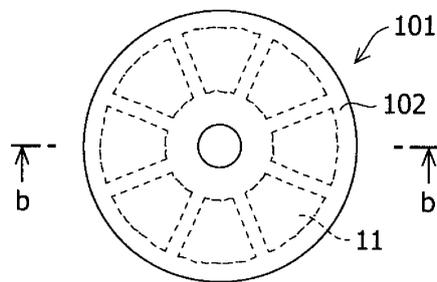




도면11



도면12a



도면12b

