

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021년 9월 2일 (02.09.2021)



(10) 국제공개번호
WO 2021/172639 A1

(51) 국제특허분류:
F03D 80/60 (2016.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2020/002917

(22) 국제출원일: 2020년 2월 28일 (28.02.2020)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2020-0025218 2020년 2월 28일 (28.02.2020) KR

(71) 출원인: 동아대학교 산학협력단 (**DONG-A UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION FOR INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION**) [KR/KR]; 49315 부산시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교, Busan (KR).

(72) 발명자: 한승호 (**HAN, Seung Ho**); 06337 서울시 강남구 개포로110길 15, 114동 1203호, Seoul (KR). 박형준 (**PARK, Hyung Joon**); 47904 부산시 동래구 연안로 74, 213동 301호, Busan (KR). 강효림 (**KANG, Hyo Lim**); 46246 부산시 금정구 수림로62번길 45, Busan (KR).

(74) 대리인: 김성현 (**KIM, Sung Hyun**); 47504 부산시 연제구 중앙대로 1255, 7층(거제동), Busan (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU,

ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

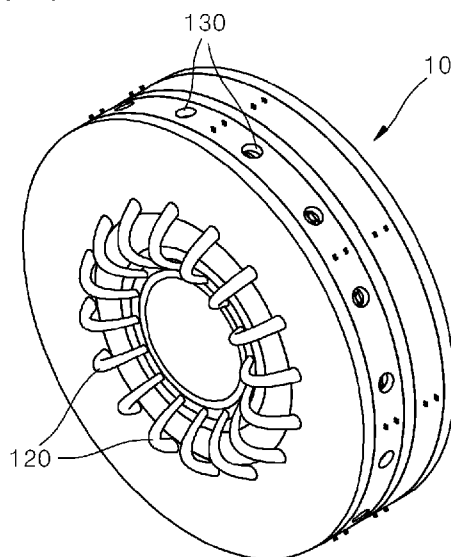
공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: HYBRID MULTI-STAGE GENERATOR COOLING SYSTEM FOR OFFSHORE WIND TURBINE

(54) 발명의 명칭: 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템

[도3]



(57) Abstract: A cooling system applied to a hybrid-type multi-stage offshore wind power generation system, according to an embodiment of the present invention, comprises: a hybrid generator in which an axial flux permanent magnet (AFPM) is stacked in two stages and a radial flux permanent magnet (RFPM) is inserted into a hollow part; an air-cooled cooling system (10) in which a first flow path discharges external air introduced through a first inlet (100) provided at one side of an AFPM generator, to outlets (130) provided in a housing, and external air introduced into a second inlet (110) provided on one side of a RFPM generator passes through the inside of the RFPM generator and through guide flow passages (120) that communicate with the inside of the AFPM generator, and is discharged to the outlets (130); and a water-cooled cooling system (20) in which a heat pipe is provided using a predetermined n-pole stator as one module, and a module provided with the heat pipe is provided in a stator of the AFPM generator in a number that is m times the number of modules provided with the heat pipe in a stator of the RFPM generator. Here, the air-cooled cooling system (10) and the water-cooled cooling system (20) can be selectively or simultaneously driven.

[다음 쪽 계속]

WO 2021/172639 A1

(57) 요약서: 본 발명의 실시 예에 의한 하이브리드형 다단의 해상풍력발전 시스템에 적용되는 냉각시스템에 있어서, 축형영구자석(AFPM, axial flux permanant magnet)이 2단으로 적층되고 방사형영구자석(RPFM, radial flux permanent magnet)이 중공부에 삽입되어 구성되는 하이브리드 발전기와; 축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비된 제 1 인렛(100)을 통해서 유입된 외부공기를 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출시키는 제 1 유로와, 방사형영구자석 발전기의 일측에 구비된 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 연통되는 가이드 유로(120)를 거쳐 상기 아웃렛(130)으로 토출시키는 공랭식 냉각시스템(10)과; 소정의 n 극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고, 방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서 축형영구자석 발전기의 고정자에는 m 배수로 구비되는 수냉식 냉각시스템(20);을 포함하여 구비된다. 이때, 상기 공랭식 냉각시스템(10)과 수냉식 냉각시스템(20)을 선택적 또는 동시에 구동가능한 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템에 관한 것으로, 공랭식과 수랭식 냉각시스템을 구비한 하이브리드 다단 발전기에 구비되는 냉각시스템에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 2018년과 향후 2050년에 나타날 수 있는 에너지의 공급과 수요의 변화에 상당한 변화가 예상되고 있고, 석유, 석탄 및 천연가스와 같은 화석연료의 직접적인 사용이 줄어들고, 2050년이 되면 태양광, 수력 및 풍력과 같은 신재생 에너지로부터 얻을 수 있는 전력 생산량이 2배 이상 확대될 것으로 전망된다.

[4]

- [5] 특히 신재생 에너지 분야 중 풍력산업은 높은 성장률을 보이는데, 2018년 기준 전력 생산량은 1,127,868GWh에 육박한다. 풍력산업 중, 풍속이 육상에서 보다 해상에서 일정하고 빠르기 때문에, 각국에서 전망하듯이 21세기 초부터 해상풍력발전이 선호되고 있다.

[6]

- [7] 대용량 해상풍력발전기의 종류는 기어박스 유무, 발전기의 회전자의 구성 그리고 자속 방향 등에 따라 크게 구분된다. 기어박스를 사용하는 간접구동형 발전기의 경우 발전기 구동 시 증속을 하여 발전기에 대한 효율이 증가하지만 동시에 복잡한 구조물로 인해 O&M 비용이 증가한다. 이와 달리 기어박스를 사용하지 않는 직접구동형 방식은 단순한 구조로 이루어져 신뢰성 확보가 용이하여 해상용 대용량 풍력발전기에 적합하다.

[8]

- [9] 발전기는 회전자의 구성에 따라 구분될 수도 있는데 영구자석을 사용하는 PMSG(Permanent Magnet Synchronous Generator)와 회전자에 권선을 사용하는 WRSG(Wound Rotor Synchronous Generator)로 나누어진다. PMSG의 경우 전력 생산 시 높은 에너지 밀도를 가지는 희토류(NdFeB)자석을 사용하여, 회전자에 권선을 사용하는 타 발전기에 비해 고출력 및 고효율 운전이 가능하다.

[10]

- [11] 일반적으로 풍력발전기에 사용되는 냉각 장치는 사용되는 유체와 작동 방식에 따라 공랭식 및 수랭식 방식으로 적용되고 있다.

[12]

- [13] AFPM type 및 RFPM type 발전기의 내부에서 고정자와 영구자석이 특정온도를

상회할 경우, 고정자 권선의 절연파괴와 영구자석 감자현상이 발생할 수 있다. 따라서 대용량 직접구동형 발전기 설계시, 높은 전력밀도에 의한 전자기 손실로 발생하는 열을 제거하는 냉각 장치 개발이 주요한 설계항목으로 고려되고 있다.

[14]

[15] 공랭식 냉각 장치는 에어 덕트 일부 구간에서 난류가 생기고 이로 인해 냉각 효과가 다소 저하되는 현상이 발생하였다. 수랭식 냉각 장치는 냉각 파이프를 고정자 상단부에 설치하여 영구자석으로 향하는 열전달 영향을 줄이고 발열현상을 효과적으로 저하시켰으나, 냉각 파이프의 입구 단부터 출구 단까지 냉각 효과가 달라 온도편차가 있다.

[16]

[17] 그러나, 상기 두 냉각 장치 모두 모두 충분한 성능을 발휘하여, IEC726에 따른 절연등급 B를 충족하고, 영구자석의 감자현상을 방지 할 수 있으나, 경량화 관점에서 두 냉각 장치에 대해 검토한 결과, 향후 경량화에 따른 문제점이 발생할 가능성이 높다.

[18]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[19]

본 발명은 상술한 문제점을 해결하고자 고안된 것으로, 발전기를 구성하는 AFPM type 및 RFPM type 발전기 각각에 대해서 공랭식 및 수랭식 냉각 시스템을 적용 후 실제 작동조건을 고려한 전자기 및 열-유동 연성해석에 의한 열전달 특성 파악으로 고정자와 영구자석 표면의 온도분포 및 냉각 시스템에 의한 냉각 성능에 따른 냉각시스템을 제공하는 것에 있다.

[20]

과제 해결 수단

[21]

본 발명의 실시 예에 따른 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템에 있어서, 하이브리드형 다단의 해상풍력발전 시스템에 적용되는 냉각시스템에 있어서, 축형영구자석(AFPM, axial flux permanent magnet)이 2단으로 적층되고 방사형영구자석(RPFM, radial flux permanent magnet)이 중공부에 삽입되어 구성되는 하이브리드 발전기와; 축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비된 제 1 인렛(100)을 통해서 유입된 외부공기를 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출시키는 제 1 유로와, 방사형영구자석 발전기의 일측에 구비된 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 연통되는 가이드 유로(120)를 거쳐 상기 아웃렛(130)으로 토출시키는 공랭식 냉각시스템(10)과; 소정의 n극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고, 방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서 축형영구자석 발전기의 고정자에는 m배수로 구비되는 수냉식 냉각시스템(20);을 포함하여 구비된다.

[22]

[23] 이때, 상기 공랭식 냉각시스템(10)과 수냉식 냉각시스템(20)을 선택적 또는 동시에 구동가능한 것을 특징으로 한다.

[24]

[25] 한편, 상기 공랭식 냉각시스템(10)은, 축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비되고, 고정자와 회전자 사이의 공극(에어갭)에 위치하는 제 1 인렛(100)과, 상기 제 1 인렛(100)으로 유입되는 외부공기를 축형영구자석의 고정자 사이의 공극을 통과하여 하우징의 일측에 구비되는 아웃렛(130)과, 방사형영구자석 발전기의 회전자의 일측에 구비되고, 축중심에 위치하는 제 2 인렛(110)과, 상기 제 2 인렛(110)으로 유입되는 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드 유로(120)를 포함하는 구비된다.

[26]

[27] 이때, 상기 제 1 인렛(100)과 제 2 인렛(110)을 통해서 유입되는 외부 공기는 상기 아웃렛(130)으로 토출되는 것을 특징으로 한다.

[28]

[29] 한편, 상기 제 1 인렛(100)으로 유입된 외부 공기는, 고정자와 회전자사이의 에어갭으로 유입되어, 적층된 고정자 사이의 에어갭으로 유로를 형성한 후, 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출되고, 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높이는 역할을 수행하게 된다.

[30]

[31] 그리고, 상기 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부 공기는, 축중심에 구비되는 에어갭으로 유입되고, 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드 유로(120)를 통해서 상기 상기 아웃렛(130)으로 토출되고, 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높이는 것을 특징으로 한다.

[32]

[33] 한편, 상기 수냉식 냉각시스템(20)은, 고정자의 일측에 구비되는 인렛과, 적층된 마그넷 사이로 구비되어 구동시 발생하는 열원을 냉각시키는 워터파이프와, 상기 워터파이프의 냉각수를 외부로 토출시키는 아웃렛(130)을 포함하여 구비되고, 소정의 n극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고, 방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서 축형영구자석 발전기의 고정자에는 m배수로 구비되는 것을 특징으로 한다.

[34]

발명의 효과

- [35] 본 발명의 실시 예에 따른 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템에서 제안된 공랭식 냉각 시스템과 수랭식 냉각 시스템을 적용하면, 하이브리드 형태의 발전기의 실제 작동 조건을 고려한다면 고정자와 영구자석의 온도가 큰 폭으로 감소하는 효과를 기대할 수 있다.

[36]

도면의 간단한 설명

- [37] 도 1 내지 5는 본 발명의 실시 예에 따른 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템의 전체 구성 및 일부 구성에 관해서 나타내는 도면이다.
- [38] 도 6과 도 7은 공랭식 냉각시스템을 구비한 경우 온도포화에 대한 그래프와 유로내부의 공기순환 상태를 도시하는 표이다.
- [39] 도 8과 도 9는 수랭식 냉각시스템을 구비한 경우 온도포화에 대한 그래프와 유로내부의 공기순환 상태를 도시하는 표이다.

[40]

발명의 실시를 위한 형태

- [41] 이하에서는 도면을 참조하여, 본 발명의 구체적인 실시 예를 설명한다. 다만, 본 발명의 사상은 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이다.

[42]

- [43] 도 1 내지 5는 본 발명의 실시 예에 따른 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템의 전체 구성 및 일부 구성에 관해서 나타내는 도면이다. 도 6과 도 7은 공랭식 냉각시스템을 구비한 경우 온도포화에 대한 그래프와 유로내부의 공기순환 상태를 도시하는 표이다. 도 8과 도 9는 수랭식 냉각시스템을 구비한 경우 온도포화에 대한 그래프와 유로내부의 공기순환 상태를 도시하는 표이다.

[44]

- [45] 도면을 참조하면, 본 발명의 실시예에서는 하이브리드형 다단의 해상풍력발전 시스템에 적용되는 냉각시스템에 있어서, 축형영구자석(AFPM, axial flux permanent magnet)이 2단으로 적층되고 방사형영구자석(RPFM, radial flux permanent magnet)이 중공부에 삽입되어 구성되는 하이브리드 발전기와; 축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비된 제 1 인렛(100)을 통해서 유입된 외부공기를 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출시키는 제 1 유로와, 방사형영구자석 발전기의 일측에 구비된 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 연통되는 가이드 유로(120)를 거쳐 상기 아웃렛(130)으로 토출시키는 공랭식 냉각시스템(10)과; 소정의 n극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고, 방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에

대해서 축형영구자석 발전기의 고정자에는 m 배수로 구비되는 수냉식 냉각시스템(20);을 포함하여 구비된다.

[46]

[47] 이때, 상기 공랭식 냉각시스템(10)과 수냉식 냉각시스템(20)을 선택적 또는 동시에 구동가능한 것을 특징으로 한다.

[48]

[49] 한편, 상기 공랭식 냉각시스템(10)은, 축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비되고, 고정자와 회전자 사이의 공극(에어갭)에 위치하는 제 1 인렛(100)과, 상기 제 1 인렛(100)으로 유입되는 외부공기를 축형영구자석의 고정자 사이의 공극을 통과하여 하우징의 일측에 구비되는 아웃렛(130)과, 방사형영구자석 발전기의 회전자의 일측에 구비되고, 축중심에 위치하는 제 2 인렛(110)과, 상기 제 2 인렛(110)으로 유입되는 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드 유로(120)를 포함하는 구비된다.

[50]

[51] 이때, 상기 제 1 인렛(100)과 제 2 인렛(110)을 통해서 유입되는 외부 공기는 상기 아웃렛(130)으로 토출되는 것을 특징으로 한다.

[52]

[53] 한편, 상기 제 1 인렛(100)으로 유입된 외부 공기는, 고정자와 회전자사이의 에어갭으로 유입되어, 적층된 고정자 사이의 에어갭으로 유로를 형성한 후, 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출되고, 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높이는 역할을 수행하게 된다.

[54]

[55] 그리고, 상기 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부 공기는, 축중심에 구비되는 에어갭으로 유입되고, 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드 유로(120)를 통해서 상기 상기 아웃렛(130)으로 토출되고, 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높이는 것을 특징으로 한다.

[56]

[57] 한편, 상기 수냉식 냉각시스템(20)은, 고정자의 일측에 구비되는 인렛과, 적층된 마그넷 사이로 구비되어 구동시 발생하는 열원을 냉각시키는 워터파이프와, 상기 워터파이프의 냉각수를 외부로 토출시키는 아웃렛(130)을 포함하여 구비되고, 소정의 n 극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고, 방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서 축형영구자석 발전기의 고정자에는 m 배수로 구비되는 것을 특징으로 한다.

[58]

[59] 전력 생산시 발생하는 전자기 손실은 코일 및 고정자에서 열원의 형태로 나타나고, 이는 발전기에서 나타나는 과열의 주요원인이 된다. 상기와 같은 이유로 공랭식과 수랭식 냉각 장치의 냉각시스템이 발전기의 구조에 맞춰서 채택된다.

[60]

[61] AFPM 발전기에서 입구와 적층된 발전기 사이의 공기 덕트를 고정자 및 영구자석의 위치보다 중앙 축에 가깝게 설치하여 냉각이 골고루 이루어지게 하는 구조를 채택하고, RFPM 발전기의 공기 출구 덕트에서 AFPM 발전기의 마지막 단으로 유동장이 연결되어 AFPM 발전기 마지막 단에서 냉각을 수행할 수 있도록 한다.

[62]

[63] AFPM 발전기의 첫째 단 또한 두 번째 단과 유로가 연결되어 두 번째 단에서 냉각을 수행할 수 있다. 두 위치에서 유입되어 형성된 유로들을 하우징 외부 출구 덕트로 집중시키면서 발전기 내부 유로에서 역류가 발생하지 않고, 송풍기의 개수를 각 입구 덕트들을 고려해 설치 할 때 보다 줄일 수 있고, 동시에 발전기 내부를 고르게 냉각 할 수 있다. 하우징 외부 원주방향으로 설치된 출구 덕트는 전체 모델에서 총 16개이고, 출구 덕트가 적다면 출구에서 떨어진 위치에서 냉각이 덜 수행되어 과열이 발생함을 고려한 구조를 채택한다.

[64]

[65] AFPM 및 RFPM 발전기에 각각 축방향으로 송풍기에 의해 외부 공기가 유입된다. 송풍기에 의해 유입된 공기는 첫 번째 단의 AFPM 발전기의 고정자와 회전자 사이의 공극(Air-gap)을 지나가고, 이후 다음 단의 AFPM 발전기에 유입되어 공극 사이를 지나 간 후 외부 하우징에 설치된 출구를 통해 빠져나간다. 한편, RFPM 발전기로 유입된 공기는 공극을 따라 발전기 내부를 지나가고, AFPM 발전기와 연결된 유로로 진입하여 최종적으로 AFPM 발전기 하우징에 설치된 출구를 통해 토출된다.

[66]

[67] 수랭식 냉각 시스템은 외부에 설치된 펌프에 의해 냉각 파이프로 냉각수가 유입되고 냉각이 이루어진 후 빠져나가는 구조를 가진다.. 발전기 외부에 2차 냉각 시스템인 열교환기가 더 구비되고, 열전달이 완료된 냉각수가 냉각 파이프를 빠져나올 때 열교환이 이루어지는 구조를 가진다.

[68]

[69] 냉각 파이프의 위치는 고정자 표면과 영구자석 사이의 공극에서 열전달이 주로 발생하는 것을 고려하여 구비된다.

[70]

[71] 한편, 고정자와 영구자석 사이에서 대류열전달과 복사 열전달이 동시에 발생한다. 이러한 열전달 조건하에 냉각 시스템의 효율을 향상하기 위해 냉각 파이프를 고정자 표면과 가까운 위치에 구비하는 것이 바람직 하다.

[72]

[73] 상기와 같은 방식으로 고정자에서 발생하는 과열로부터 영구자석을 향한 열전달 효과를 최소화 할 수 있다. 본 발명의 실시 예에서 냉각 시스템의 구성은 16극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 냉각 파이프를 설치하여, 각각의 발전기 당 8개 모듈의 냉각 시스템이 구성되어 있다. 따라서 양면 내부 회전자 구조를 갖는 2단 적층 AFPM 발전기에는 총 32개의 모듈 그리고 RFPM 발전기는 8개의 모듈을 갖는다.

[74]

[75] 한편, AFPM 발전기 첫 번째 단에서 공기가 송풍기에 의해 유입될 때, 직선 유로를 형성하지 않고 회전자에 부딪혀 유로가 분산된다. 분산된 유로로 인해 발전기 내부의 고정자와 영구자석은 고르게 냉각된다. 그리고 첫째 단의 우측 상단 부에서 공기 유동이 정체되면서 난류가 발생한다. AFPM 발전기 첫 번째 단을 지난 공기는 공기 덕트를 통해 두 번째 단으로 흘러가는데, 좁아진 유로에 따라 유속이 증가한다.

[76]

[77] 그리고, RFPM 발전기는 내부에서 정체가 발생하지 않지만, 직선 유로를 형성하여 냉각이 비교적 덜 수행되는 영역이 있다. 그리고 RFPM 발전기와 AFPM 발전기 두 번째 단과 연결되어 있는 공기 덕트를 지날 때 공기의 유속이 상승한다. AFPM 발전기 두 번째 단에서는 RFPM 및 AFPM 발전기 첫 번째 단에서 유입된 공기가 내부를 냉각하고 원주 방향 하우징 출구로 배출된다. 이때 가열된 공기가 내부를 냉각하므로 AFPM 발전기 첫 번째 단은 RFPM 발전기 내부에 비해 비교적 덜 냉각된다.

[78]

[79] 공랭식의 경우 AFPM 발전기 상단부에서 공기가 정체되고 난류가 발생하므로, 플렌지와 하우징의 내부 공기 덕트의 형상을 변경하여 유동이 원활이 이루어질 수 있도록 하는 하는 것이 바람직하다.

[80]

[81] 그리고, RFPM 발전기에 공랭식 냉각 시스템을 적용한 경우 내부에서 직선 형태의 공기 덕트가 배치된 유로가 만들어 졌는데, 입구와 출구단의 위치 변경을 하면 고르게 냉각 수행할 수 있다.

[82]

[83] 수랭식 냉각 시스템의 경우 AFPM 및 RFPM 발전기 전체에서 냉각 파이프 입구 단과 출구 단에서의 냉각 효과가 크게 차이나는 문제점이 있다. 이를 개선하기 위해서 고정자 두 개씩 건너 띄어 이를 감싸는 방식을 적용하는 것이 바람직하다.

[84]

[85] 한편, 수랭식 냉각 시스템의 경우 전자기 해석 수행 시 고정자와 코일 그리고 주변 부품에서도 전자기 손실이 발생하는데, 냉각 파이프에서도 전자기 손실로

인한 열이 발생할 것으로 추정된다. 그리고 냉각 파이프 내부를 흐르는 냉각수는 극성 유체로써 전력 발전 시 영향을 받을 것인데, 전자기 영향을 받지 않는 유체에 대한 검토 및 적용이 필요하다.

[86]

[87] * 부호의 설명

[88] 10. 공랭식 냉각시스템 100. 제 1 인렛

[89] 110. 제 2 인렛 120. 가이드 유로

[90] 130. 아웃렛 20. 수냉식 냉각시스템

청구범위

- [청구항 1] 하이브리드형 다단의 해상풍력발전 시스템에 적용되는 냉각시스템에 있어서,
축형영구자석(AFPM, axial flux permanant magnet)이 2단으로 적층되고
방사형영구자석(RPFM, radial flux permanent magnet)이 중공부에
삽입되어 구성되는 하이브리드 발전기와;
축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비된 제 1 인렛(100)을 통해서
유입된 외부공기를 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출시키는 제 1
유로와, 방사형영구자석 발전기의 일측에 구비된 제 2 인렛(110)으로
유입된 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기
축형영구자석 발전기 내부로 연통되는 가이드 유로(120)를 거쳐 상기
아웃렛(130)으로 토출시키는 공랭식 냉각시스템(10)과;
소정의 n극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고,
방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서
축형영구자석 발전기의 고정자에는 m배수로 구비되는 수냉식
냉각시스템(20);을 포함하여 구비되고,
상기 공랭식 냉각시스템(10)과 수냉식 냉각시스템(20)을 선택적 또는
동시에 구동가능한 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드
다단 발전기 냉각시스템.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 공랭식 냉각시스템(10)은,
축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비되고, 고정자와 회전자
사이의 공극(에어갭)에 위치하는 제 1 인렛(100)과,
상기 제 1 인렛(100)으로 유입되는 외부공기를 축형영구자석의 고정자
사이의 공극을 통과하여 하우징의 일측에 구비되는 아웃렛(130)과,
방사형영구자석 발전기의 회전자의 일측에 구비되고, 축중심에 위치하는
제 2 인렛(110)과,
상기 제 2 인렛(110)으로 유입되는 외부공기를 방사형영구자석 발전기
내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는
가이드 유로(120)를 포함하는 구비되고,
상기 제 1 인렛(100)과 제 2 인렛(110)을 통해서 유입되는 외부 공기는
상기 아웃렛(130)으로 토출되는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용
하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 제 1 인렛(100)으로 유입된 외부 공기는,
고정자와 회전자사이의 에어갭으로 유입되어, 적층된 고정자 사이의
에어갭으로 유로를 형성한 후,

하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출되고, 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높히는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

[청구항 4]

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부 공기는,

축중심에 구비되는 에어캡으로 유입되고, 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드

유로(120)를 통해서 상기 아웃렛(130)으로 토출되고,

상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높히는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

[청구항 5]

제 1 항에 있어서,

상기 수냉식 냉각시스템(20)은,

고정자의 일측에 구비되는 인렛과,

적층된 마그넷 사이로 구비되어 구동시 발생하는 열원을 냉각시키는 워터파이프와,

상기 워터파이프의 냉각수를 외부로 토출시키는 아웃렛(130)을 포함하여 구비되고,

소정의 n 극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고,

방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서 축형영구자석 발전기의 고정자에는 m 배수로 구비되는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

[청구항 6]

하이브리드형 해상풍력발전 시스템에 적용되는 냉각시스템에 있어서,

축형영구자석(AFPM, axial flux permanent magnet)이 2단으로 적층되고

방사형영구자석(RPFM, radial flux permanent magnet)이 중공부에

삽입되어 구성되는 하이브리드 발전기와;

축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비된 제 1 인렛(100)을 통해서

유입된 외부공기를 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출시키는 제 1

유로와, 방사형영구자석 발전기의 일측에 구비된 제 2 인렛(110)으로

유입된 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기

축형영구자석 발전기 내부로 연통되는 가이드 유로(120)를 거쳐 상기

아웃렛(130)으로 토출시키는 공랭식 냉각시스템(10)과,

고정자의 일측에 구비되는 인렛과 적층된 마그넷 사이로 구비되어

구동시 발생하는 열원을 냉각시키는 워터파이프와 상기 워터파이프의

냉각수를 외부로 토출시키는 아웃렛(130)을 포함하여 구비되고,

워터펌프를 이용하여 상기 마그넷으로 적층된 고정자에 축적된 열원을

냉각시키는 수냉식 냉각시스템(20)을 포함하여 구성되는

복합냉각시스템을 구비하는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

[청구항 7] 제 6 항에 있어서,
 상기 공랭식 냉각시스템(10)은,
 축형영구자석(AFPM) 발전기의 일측에 구비되고, 고정자와 회전자 사이의 공극(에어갭)에 위치하는 제 1 인렛(100)과,
 상기 제 1 인렛(100)으로 유입되는 외부공기를 축형영구자석의 고정자 사이의 공극을 통과하여 하우징의 일측에 구비되는 아웃렛(130)과,
 방사형영구자석 발전기의 회전자의 일측에 구비되고, 축중심에 위치하는 제 2 인렛(110)과,
 상기 제 2 인렛(110)으로 유입되는 외부공기를 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드 유로(120)를 포함하는 구비되고,
 상기 제 1 인렛(100)과 제 2 인렛(110)을 통해서 유입되는 외부 공기는 상기 아웃렛(130)으로 토출되는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

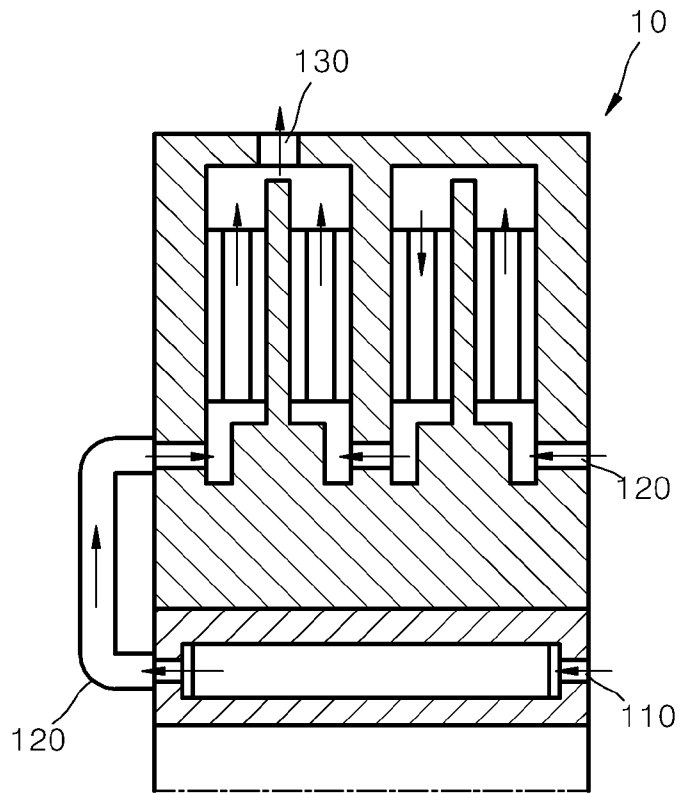
[청구항 8] 제 7 항에 있어서,
 상기 제 1 인렛(100)으로 유입된 외부 공기는,
 고정자와 회전자사이의 에어갭으로 유입되어, 적층된 고정자 사이의 에어갭으로 유로를 형성한 후,
 하우징에 구비된 아웃렛(130)으로 토출되고, 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높이는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

[청구항 9] 제 7 항에 있어서,
 상기 제 2 인렛(110)으로 유입된 외부 공기는,
 축중심에 구비되는 에어갭으로 유입되고, 방사형영구자석 발전기 내부를 거쳐 상기 축형영구자석 발전기 내부로 유로를 가이드하는 가이드 유로(120)를 통해서 상기 아웃렛(130)으로 토출되고,
 상기 아웃렛(130)에 송풍기를 더 구비하여 발전기 내부의 공기를 강제로 순환시켜서 냉각효율을 높이는 것을 특징으로 하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

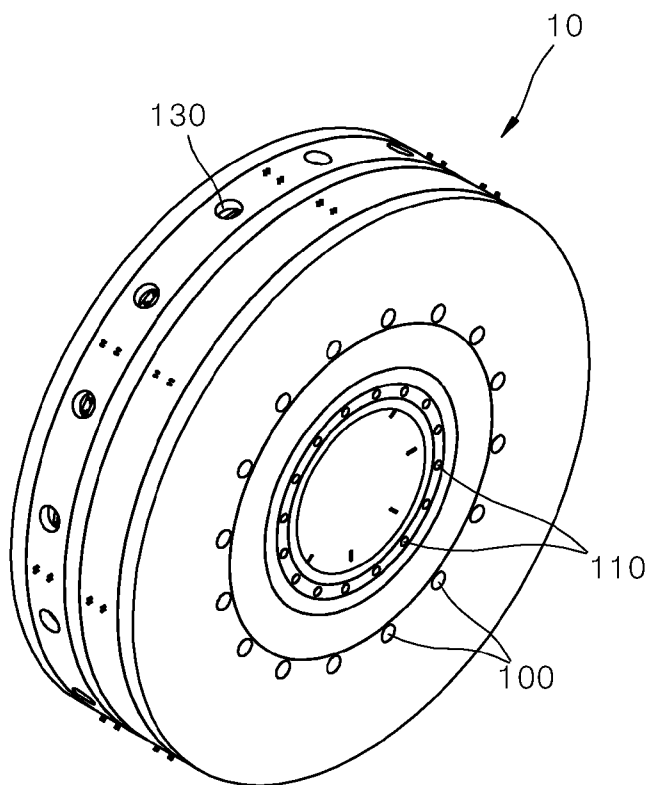
[청구항 10] 제 6 항에 있어서,
 상기 수냉식 냉각시스템(20)은,
 고정자의 일측에 구비되는 인렛과,
 적층된 마그넷 사이로 구비되어 구동시 발생하는 열원을 냉각시키는 워터파이프와,
 상기 워터파이프의 냉각수를 외부로 토출시키는 아웃렛(130)을 포함하여

구비되고,
소정의 n 극의 고정자를 하나의 모듈로 하여 히트파이프를 구비하고,
방사형영구자석 발전기의 고정자에 히트파이프가 구비된 모듈에 대해서
축형영구자석 발전기의 고정자에는 m 배수로 구비되는 것을 특징으로
하는 해상풍력발전기용 하이브리드 다단 발전기 냉각시스템.

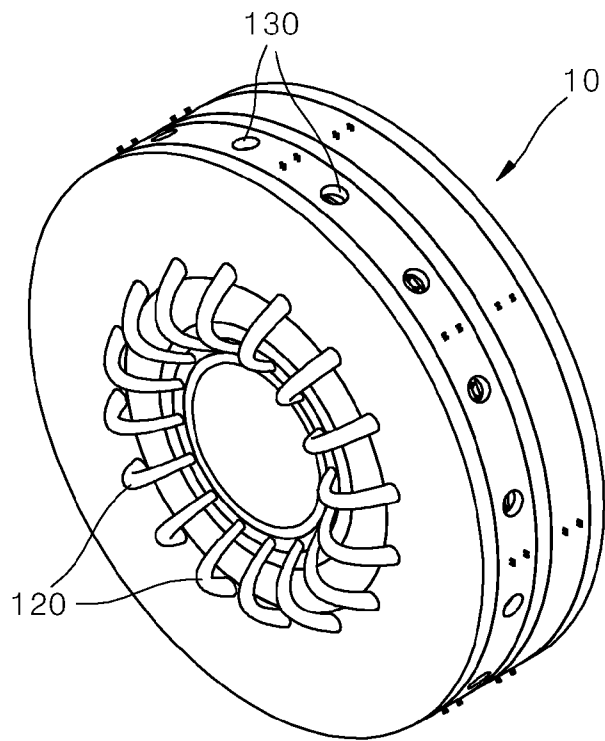
[도1]



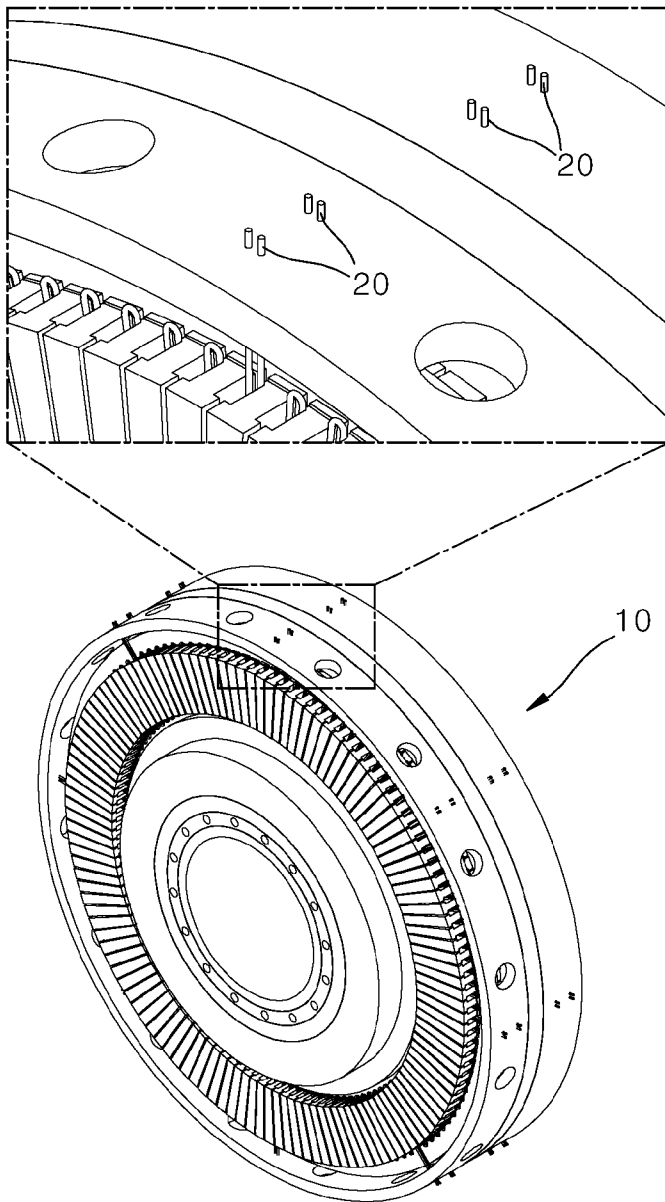
[도2]



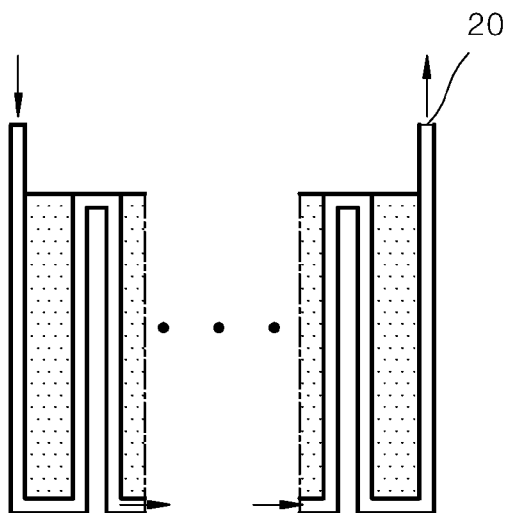
[도3]



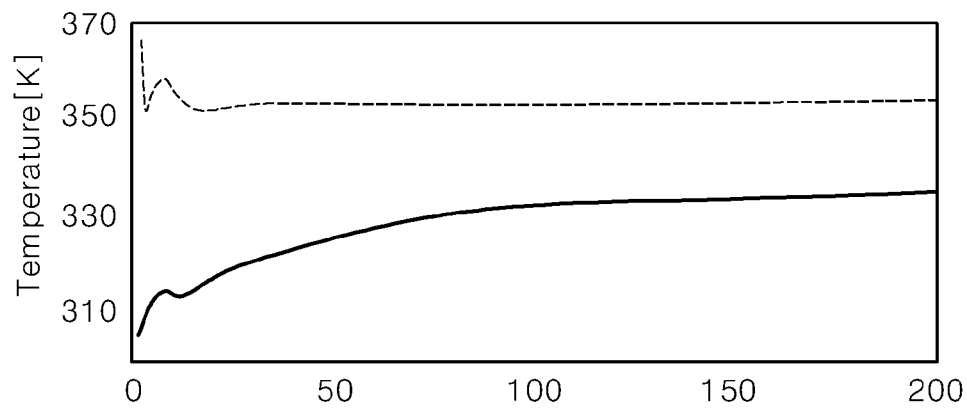
[도4]



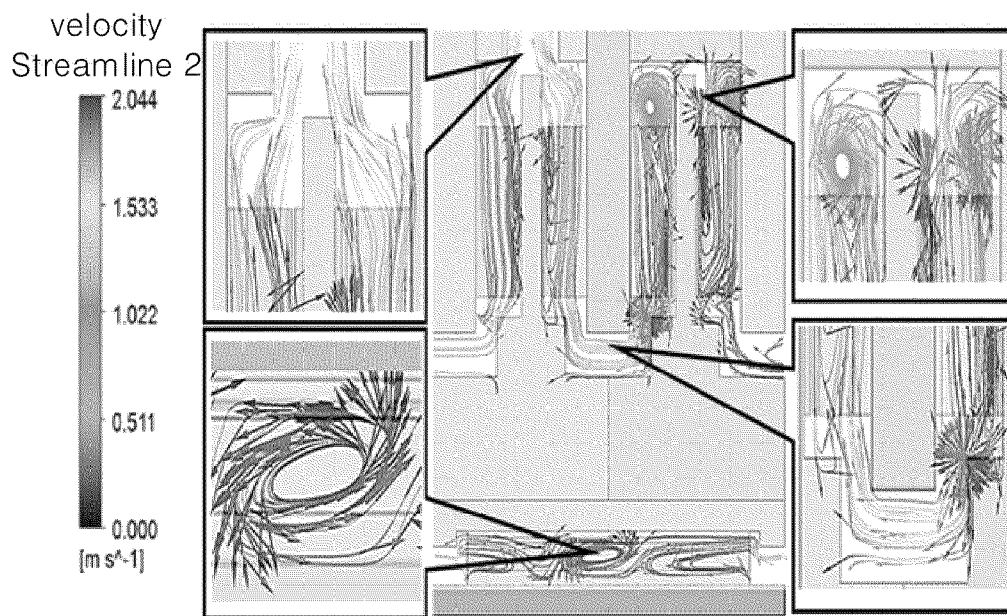
[도5]



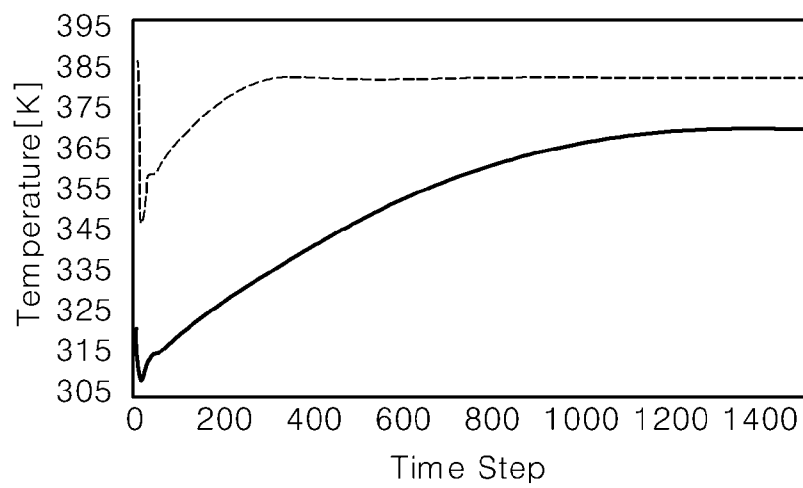
[도6]



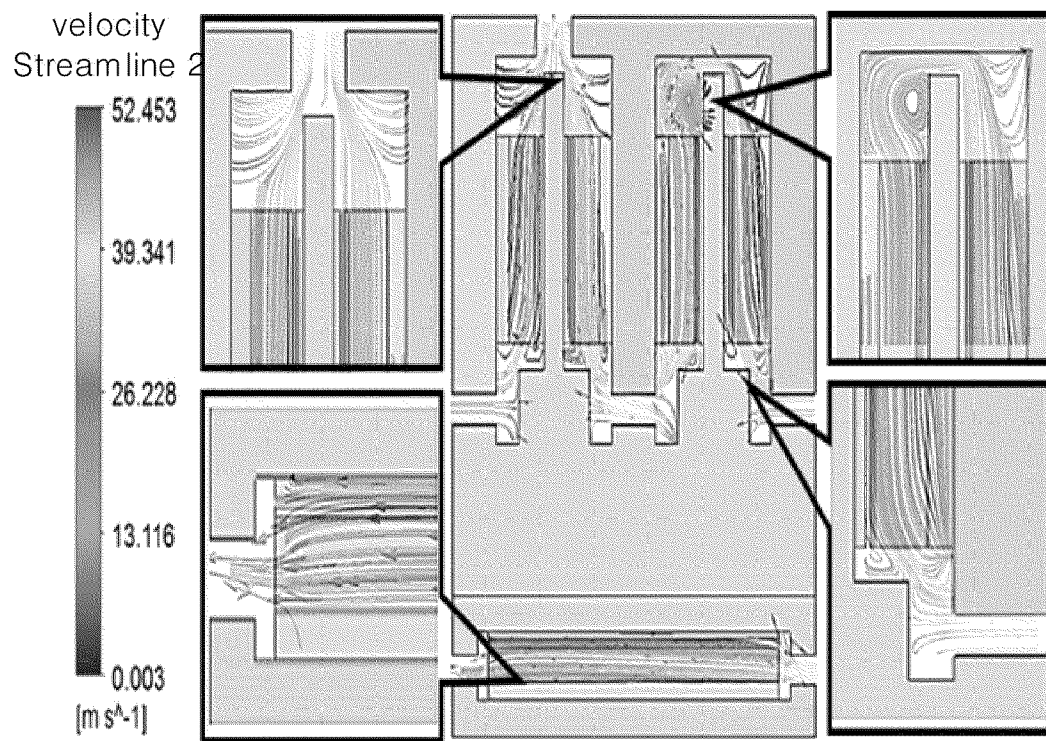
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/002917

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F03D 80/60(2016.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F03D 80/60; F03D 11/00; F03D 11/02; F03D 9/00; H02K 5/04 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 풍력발전기(wind turbine), 축형영구자석(AFPM, axial flux permanent magnet), 방사형영구자석(RFPM, radial flux permanent magnet), 하이브리드 발전기(hybrid generator), 공랭식(air cooling), 수냉식(wafer cooling)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	박형준. 6.2MW 급 대용량 해상풍력발전기용 직접구동형 하이브리드 다단 발전기를 위한 냉각 시스템 설계. 석사학위논문, 동아대학교 대학원. December 2019, pp. 1 -68 (PARK, Hyung Joon. Cooling system design of 6.2MW hybrid direct-drive generator for off-shore wind turbine. Thesis, Graduate School, Dong-A University). See pages 2-4, 6, 10-12, 18-23, 52, 58 and 60-61. * This document is a document declaring exceptions to lack of novelty by the applicant in an earlier application of the present international application.	1-10
A	박형준 등. 대용량 풍력발전기용 AFPM 발전기의 냉각장치 성능평가. 대한기계학회 춘추학술대회. 대한기계학회. December 2018, pp. 1615-1616 (PARK, Hyung Joon et al. Performance Analysis of AFPM Generator in Large-Scale Wind Turbine. KSME Annual Spring and Fall Conference. The Korean Society of Mechanical Engineers). See pages 1615-1616.	1-10
A	KR 10-1588363 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 25 January 2016. See paragraphs [0027]-[0034] and figures 3-9.	1-10
A	KR 10-0970435 B1 (KET COPORATION) 15 July 2010. See paragraphs [0021]-[0053] and figures 1-2.	1-10
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17 November 2020		Date of mailing of the international search report 24 November 2020
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/002917

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2014-0061461 A (D-CUBE WIND TECHNOLOGIES, LLC) 21 May 2014. See paragraphs [0079]-[0087] and figures 10-12.	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/002917

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
KR	10-1588363	B1	25 January 2016	EP	2752578 A1	09 July 2014
				IN	1608DEN2014 A	15 May 2015
				JP	2013-053548 A	21 March 2013
				JP	5740254 B2	24 June 2015
				KR	10-2014-0043446 A	09 April 2014
				US	2014-0175802 A1	26 June 2014
				WO	2013-031982 A1	07 March 2013
KR	10-0970435	B1	15 July 2010	None		
KR	10-2014-0061461	A	21 May 2014	CA	2845901 A1	07 March 2013
				EP	2751423 A1	09 July 2014
				JP	2014-529286 A	30 October 2014
				US	2013-0062884 A1	14 March 2013
				US	8941255 B2	27 January 2015
				WO	2013-032927 A1	07 March 2013

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) F03D 80/60(2016.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) F03D 80/60; F03D 11/00; F03D 11/02; F03D 9/00; H02K 5/04 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 풍력발전기(wind turbine), 축형영구자석(AFPM, axial flux permanent magnet), 방사형영구자석(RFPM, radial flux permanent magnet), 하이브리드 발전기(hybrid generator), 공랭식(air cooling), 수냉식(wafer cooling)																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>박형준 ‘6.2MW 급 대용량 해상풍력발전기용 직접구동형 하이브리드 다단 발전기를 위한 냉각 시스템 설계’ 석사학위논문, 동아대학교 대학원, 2019.12, 페이지 1-68 페이지 2-4, 6, 10-12, 18-23, 52, 58, 60-61 ※ 위 문헌은 본 국제출원의 선출원에서 출원인이 공지예외 적용대상으로 선언한 공지문헌임.</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>박형준 등 ‘대용량 풍력발전기용 AFPM 발전기의 냉각장치 성능평가’ 대한기계학회 춘추학술대회, 대한 기계학회, 2018.12, 페이지 1615-1616 페이지 1615-1616</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-1588363 B1 (가부시끼가이샤 도시바) 2016.01.25 단락 [0027]-[0034] 및 도면 3-9</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-0970435 B1 (케이이티주식회사) 2010.07.15 단락 [0021]-[0053] 및 도면 1-2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2014-0061461 A (디-큐브 윈드 테크놀로지스, 엘엘씨) 2014.05.21 단락 [0079]-[0087] 및 도면 10-12</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	X	박형준 ‘6.2MW 급 대용량 해상풍력발전기용 직접구동형 하이브리드 다단 발전기를 위한 냉각 시스템 설계’ 석사학위논문, 동아대학교 대학원, 2019.12, 페이지 1-68 페이지 2-4, 6, 10-12, 18-23, 52, 58, 60-61 ※ 위 문헌은 본 국제출원의 선출원에서 출원인이 공지예외 적용대상으로 선언한 공지문헌임.	1-10	A	박형준 등 ‘대용량 풍력발전기용 AFPM 발전기의 냉각장치 성능평가’ 대한기계학회 춘추학술대회, 대한 기계학회, 2018.12, 페이지 1615-1616 페이지 1615-1616	1-10	A	KR 10-1588363 B1 (가부시끼가이샤 도시바) 2016.01.25 단락 [0027]-[0034] 및 도면 3-9	1-10	A	KR 10-0970435 B1 (케이이티주식회사) 2010.07.15 단락 [0021]-[0053] 및 도면 1-2	1-10	A	KR 10-2014-0061461 A (디-큐브 윈드 테크놀로지스, 엘엘씨) 2014.05.21 단락 [0079]-[0087] 및 도면 10-12	1-10
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
X	박형준 ‘6.2MW 급 대용량 해상풍력발전기용 직접구동형 하이브리드 다단 발전기를 위한 냉각 시스템 설계’ 석사학위논문, 동아대학교 대학원, 2019.12, 페이지 1-68 페이지 2-4, 6, 10-12, 18-23, 52, 58, 60-61 ※ 위 문헌은 본 국제출원의 선출원에서 출원인이 공지예외 적용대상으로 선언한 공지문헌임.	1-10																		
A	박형준 등 ‘대용량 풍력발전기용 AFPM 발전기의 냉각장치 성능평가’ 대한기계학회 춘추학술대회, 대한 기계학회, 2018.12, 페이지 1615-1616 페이지 1615-1616	1-10																		
A	KR 10-1588363 B1 (가부시끼가이샤 도시바) 2016.01.25 단락 [0027]-[0034] 및 도면 3-9	1-10																		
A	KR 10-0970435 B1 (케이이티주식회사) 2010.07.15 단락 [0021]-[0053] 및 도면 1-2	1-10																		
A	KR 10-2014-0061461 A (디-큐브 윈드 테크놀로지스, 엘엘씨) 2014.05.21 단락 [0079]-[0087] 및 도면 10-12	1-10																		
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																				
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가진 국제출원일 이후 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																				
국제조사의 실제 완료일 2020년 11월 17일 (17.11.2020)		국제조사보고서 발송일 2020년 11월 24일 (24.11.2020)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 방승훈 전화번호 +82-42-481-5560 																		

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2020/002917

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1588363 B1	2016/01/25	EP 2752578 A1 IN 1608DEN2014 A JP 2013-053548 A JP 5740254 B2 KR 10-2014-0043446 A US 2014-0175802 A1 WO 2013-031982 A1	2014/07/09 2015/05/15 2013/03/21 2015/06/24 2014/04/09 2014/06/26 2013/03/07
KR 10-0970435 B1	2010/07/15	없음	
KR 10-2014-0061461 A	2014/05/21	CA 2845901 A1 EP 2751423 A1 JP 2014-529286 A US 2013-0062884 A1 US 8941255 B2 WO 2013-032927 A1	2013/03/07 2014/07/09 2014/10/30 2013/03/14 2015/01/27 2013/03/07