



- (51) 국제특허분류:
G05F 1/67 (2006.01) H02K 7/18 (2006.01)
F03B 13/16 (2006.01) H02M 5/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/003172
- (22) 국제출원일: 2016년 3월 29일 (29.03.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2016-0034746 2016년 3월 23일 (23.03.2016) KR
- (71) 출원인: 전자부품연구원 (KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY INSTITUTE) [KR/KR]; 13509 경기도 성남시 분당구 새나리로 25, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 박준성 (PARK, Joonsung); 08211 서울시 구로구 신도림로 16, 505 동 1202 호, Seoul (KR). 김진홍 (KIM, Jinhong); 16330 경기도 수원시 장안구 만석로 20 번길 25, 621 동 1103 호, Gyeonggi-do (KR). 현병조 (HYON, Byongjo); 15864 경기도 군포시 광정로 25-20, 355 동 1801 호, Gyeonggi-do (KR). 정인성 (JUNG, In-soung); 08226 서울시 구로구 경인로 343, 103 동 2201 호, Seoul (KR). 최준혁 (CHOI, Junhyuk); 14574 경기도 부천시 원미구 신홍로 150-1, 701 동 1304 호, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 박종한 (PARK, Chonghan); 08389 서울시 구로구 디지털로 26 길 5, 319 호, Seoul (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

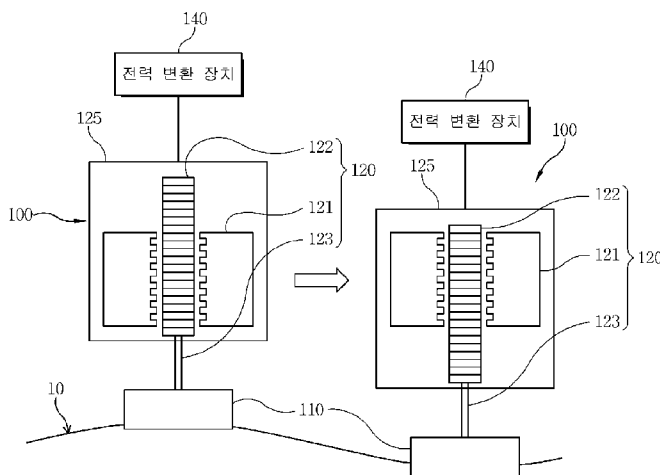
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, 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 제 21 조(3))

(54) Title: ACTIVE PHASE CONTROL METHOD FOR TRACKING MAXIMUM OUTPUT AND WAVE POWER GENERATION SYSTEM FOR SUPPORTING SAME

(54) 발명의 명칭: 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법 및 이를 지원하는 파력 발전 시스템



140 ... Power converter

(57) Abstract: The present invention relates to an active phase control method for tracking a maximum output and a wave power generation system for supporting the same. Disclosed is a wave power generation system comprising: a linear generator coupled to a buoy; and a power converter for performing a power generation control of the linear generator, wherein the power converter is configured to analyze a difference between a wave period and a resonant period of thrust of the linear generator, and to apply at least one of an optimum damping control and a maximum damping control to at least a portion of the wave period according to the analysis result.

(57) 요약서: 본 발명은 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법 및 이를 지원하는 파력 발전 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 부이에 연결된 선형 발전기, 선형 발전기의 발전 제어를 수행하는 전력 변환 장치를 포함하고, 전력 변환 장치는 파도의 주기와 선형 발전기의 추력의 공진 주기 사이의 차이를 분석하고, 분석 결과에 따라 최적 댐핑 제어 또는 최대 댐핑 제어 중 적어도 하나를 파도의 주기 중 적어도 일부에 적용하도록 설정된 파력 발전 시스템을 개시한다.

명세서

발명의 명칭: 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법 및 이를 지원하는 파력 발전 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 파력 발전과 관련한 최대 출력 추정에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 능동 위상 제어를 기반으로 최대 출력 추종을 수행할 수 있도록 하는 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법 및 이를 지원하는 파력 발전 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 산업발전 과정에서 화석 연료의 지나친 의존으로 인하여 온실가스 발생 등의 환경문제 및 에너지자원 부족의 문제가 발생하고 있다. 이에 따라, 최근에는 친환경적이며 무한 에너지원 형태의 신재생 에너지 개발에 관심이 집중되고 있다. 일 예로서 파랑에너지를 이용하는 파력 발전 설비가 주목받고 있다.
- [3] 파력 발전 설비는 파랑의 위치에너지를 전기에너지로 변환하는 방식이다. 파력 발전 설비는 태양에너지나 풍력에너지 등 다른 에너지원에 비해 에너지원의 운용이 어느 정도 예측가능하고, 높은 전력밀도를 가지며, 설치 장소에 제약이 적다는 장점이 있다. 이에 따라, 최근 파력 발전 설비와 관련하여 다양한 구조의 변형 및 실용화가 시도되고 있는 실정이다.
- [4] 그러나 종래 파력 발전 설비의 경우, 파도의 불규칙한 크기 및 주기와 상관없이 일정 댐핑을 이용한 발전을 하고 있어서 발전량이 상대적으로 적은 문제가 있었다.
- [5] [선행기술문헌]
- [6] [특허문헌]
- [7] 한국공개특허 제2010-0119741호(2010.11.10.)

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명은 상기와 같은 문제 해결을 위해 제안된 것으로, 파도의 속도와 추력의 위상차를 줄임으로써, 최대 출력을 추종하여 상대적으로 높고 안정적인 전력 공급을 달성할 수 있는 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법 및 이를 지원하는 파력 발전 시스템을 제공함에 있다.

과제 해결 수단

- [9] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 파력 발전 시스템은 부이에 연결된 선형 발전기, 상기 선형 발전기의 발전 제어를 수행하는 전력 변환 장치를 포함하고, 상기 전력 변환 장치는 파도의 주기와 상기 선형 발전기의 추력의 공진 주기 사이의 차이를 분석하고, 분석 결과에 따라 최적 댐핑 제어 또는 최대 댐핑 제어 중 적어도 하나를 상기 파도의 주기 중 적어도 일부에 적용하도록

설정된 것을 특징으로 한다.

- [10] 상기 전력 변환 장치는 파도의 주기가 상기 공진 주기보다 앞서는 경우, 4개의 부분 주기로 구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 앞선 일부 1/4주기에서는 최대 댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하도록 설정된 것을 특징으로 한다.
- [11] 상기 전력 변환 장치는 상기 파도의 주기와 상기 공진 주기가 일치하는 경우 전 구간에서 최적 댐핑 제어를 수행하도록 설정된 것을 특징으로 한다.
- [12] 상기 전력 변환 장치는 상기 파도의 주기가 상기 공진 주기보다 뒤처지는 경우, 4개의 부분 주기로 구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 뒤쳐진 일부 1/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최대 댐핑 제어를 수행하도록 설정된 것을 특징으로 한다.
- [13] 본 발명의 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법은 부이가 연결된 선형 발전기에서의 유동체의 움직임과 관련한 위치 정보를 수집하는 단계, 상기 위치 정보를 기반으로 파도의 속도 주기를 산출하는 단계, 상기 선형 발전기와 관련한 추력의 공진 주기와 상기 파도의 속도 주기 간의 위상 차를 분석하고, 분석 결과에 따라 상기 파도의 주기 중 적어도 일부 주기 동안 최대 댐핑 제어 및 최적 댐핑 제어 중 적어도 하나를 적용하여 발전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [14] 상기 발전하는 단계는 파도의 주기가 상기 공진 주기보다 앞서는 경우, 4개의 부분 주기로 구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 앞선 일부 1/4주기에서는 최대 댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하는 단계, 상기 파도의 주기와 상기 공진 주기가 일치하는 경우 전 구간에서 최적 댐핑 제어를 수행하는 단계, 상기 파도의 주기가 상기 공진 주기보다 뒤처지는 경우, 4개의 부분 주기로 구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 뒤쳐진 일부 1/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최대 댐핑 제어를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [15] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명에서 제시하는 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법 및 이를 지원하는 파력 발전 시스템에 따르면, 본 발명은 파도 속도와 추력의 위상 차를 줄임으로써 안정적이며 높은 출력 파워를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [16] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 파력 발전 시스템 외관을 개략적으로 나타낸 도면,
- [17] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 파력 발전 시스템 구성을 개략적으로 나타낸 도면,
- [18] 도 3 내지 도 5는 파도의 주기와 추력과의 관계를 나타낸 도면,

- [19] 도 6 내지 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 능동 위상 제어를 설명하는 도면,
 [20] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법을 설명하는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [21] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 하기의 설명에서는 본 발명의 실시 예를 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며, 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐트리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.
- [22] 이하에서 설명되는 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념으로 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 실시 예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 발명의 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [23] 이하, 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [24] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 파력 발전 시스템 외관을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [25] 도 1을 참조하면, 본 발명의 파력 발전 시스템(100)은 부이(110), 챔버(125), 선형 발전기(120), 전력 변환 장치(140)를 포함할 수 있다. 추가적으로, 파력 발전 시스템(100)은 전력 변환 장치(140)에 의하여 최대 출력 추종된 전력을 전달받는 전력 계통을 더 포함할 수 있다.
- [26] 부이(110)는 부유체로서 해수면(즉, 바다 위)에서 받는 저항을 줄여주고, 해수면에서 파도(10)를 잘 탈 수 있는 형상으로 제공된다. 일 예로, 부이(110)의 형상 중 적어도 일부는 구, 반구, 원반, 원기둥, 봉, 원뿔 등의 다양한 형상으로 제공될 수 있다. 본 발명의 실시 예에서는 사각형 형상의 부이를 도시하였으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 부이(110)는 폴리스티렌 폼(Polystyrene foam) 또는 폴리에틸렌 발포수지 재질과 같은 가볍고, 부력이 매우 강하며 부식성이 없는 소재의 부력체를 포함할 수 있다. 파력 발전 시스템(100)의 추력과 관련한 운동 방정식에서 부이(110)에 의한 부유체의 방사 감쇠가 적용될 수 있는데, 이때, 상기 부유체의 방사 감쇠는 부이(110)의 특성에 따라 특정될 수 있다.
- [27] 챔버(125)는 내부에 선형 발전기(120)가 설치되고, 선형 발전기(120)의 일부와 연결되는 부이(110)의 적어도 일부가 또는 부이(110)가 연결되는 샤프트가 상하 이동될 수 있는 내부 공간을 제공할 수 있다. 챔버(125)는 조류의 영향을

최소화하기 위해 원통형상으로 제공될 수 있다. 챔버(125) 내부의 상부벽과 하부벽에 배치되는 탄성 부재들을 포함할 수 있다. 또는, 탄성 부재는 챔버(125) 내부의 측벽 일부에 배치되어 챔버(125) 내부에서 선형 발전기의 상하 운동 과정에서 챔버(125)와의 충돌로 인한 데미지를 최소화하기 위한 댐퍼 기능을 수행할 수 있다. 챔버(125)에 의해 파력 발전 시스템은 유체 점성 감쇠가 적용될 수 있다. 챔버(125)는 다양한 형태로 고정될 수 있다. 예컨대, 챔버(125)는 해저 바닥에 단단하게 고정된 지지 구조를 기반으로 해수면 보다 일정 높이 이상에 위치할 수 있다. 지지 구조는 예컨대, 콘크리트 슬라브를 포함할 수 있다.

[28] 선형 발전기(120)는 고정자(121), 샤프트(123), 그리고 가동자(122)를 포함한다.

[29] 고정자(121)는 챔버(125)의 내부에 고정 설치된다. 본 발명의 실시 예에서 고정자(121)는 원통형으로 마련되고, 중앙에 가동자(122)가 상하로 이동될 수 있도록 홀이 마련될 수 있다. 고정자(121)의 중앙 홀 내벽은 코일이 감겨진 복수개의 슬롯들이 배치될 수 있다. 코일은 가동자(122)에 배치되는 영구자석들의 상대적 이동을 통해 유도 기전력이 발생되어 발전한다. 코일과 가동자(122) 사이에 절연층이 더 배치될 수 있다.

[30] 샤프트(123)는 부이(110)로부터 운동 에너지를 제공받아 챔버(125) 내에서 상하 방향으로 이동 가능하게 설치된다. 샤프트(123)는 타원 또는 다각 구조의 단면을 갖는다. 샤프트의 단면은 3각, 5각, 6각 그 이상으로 제공될 수 있다.

[31] 가동자(122)는 다각 구조의 단면을 갖는 샤프트(123)에서 다각 구조를 구성하는 각 면에 설치된다. 예컨대, 샤프트(123)가 4각 단면을 가지는 경우, 가동자(122)는 4개의 면에 각각 설치된 영구자석들을 포함할 수 있다. 가동자(122)는 고정자(121)의 코일(312)이 수용되도록 상하 방향으로 슬롯이 형성되고, 슬롯을 기준으로 영구자석들이 배치될 수 있다.

[32] 전력 변환 장치(140)는 파력 발전 시스템(100)의 위치 변화 정보(예: 부이(110), 샤프트(123), 가동자(122)의 위치 변화)를 기반으로 파도의 속도를 산출하고, 추정된 파도의 속도를 기반으로 능동 위상 제어를 수행할 수 있다. 이 동작에서, 전력 변환 장치(140)는 파도의 속도 주기와 추력의 주기와 관계에 따라, 최적 댐핑 제어를 수행하거나 또는 최대 댐핑 제어를 수행할 수 있다.

[33] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 파력 발전 시스템 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

[34] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 파력 발전 시스템(100)은 부이(110), 선형 발전기(120), 위치 센서(130), 전력 변환 장치(140)를 포함할 수 있다. 추가적으로 파력 발전 시스템(100)은 상술한 챔버(125) 등의 구성을 더 포함할 수 있다.

[35] 부이(110) 및 선형 발전기(120)는 앞서 도 1에서 설명한 바와 같은 구조를 가지를 가질 수 있다. 위치 센서(130)는 예컨대, 가동자(122)의 일측에 배치되어 부이(110)의 이동에 대응하여 위치가 변경될 경우, 위치 정보를 수집할 수 있다. 또는, 위치 센서(130)는 부이(110) 일측에 배치되거나 샤프트(123)에 배치되어

위치 정보를 수집하고, 수집된 위치 정보를 전력 변환 장치(140)에 전달할 수 있다.

- [36] 전력 변환 장치(140)는 위치 센서(130)가 제공한 위치 정보를 기반으로 파도의 속도를 산출할 수 있다. 전력 변환 장치(140)는 시간에 대한 파도의 속도 변화를 기반으로 파도의 속도 주기를 검출할 수 있다. 한편, 도 1에서 설명한 선형 발전기(120)를 포함하는 파력 발전 시스템(100)은 다음 수학적 식 1과 같은 운동 방정식에 따른 추력을 가질 수 있다.

[37] [수학적 식 1]

$$[38] \quad F_{exc}(t) = (M + m)\ddot{y}(t) + (B_{rad} + B_{vis} + B_{pto})\dot{y}(t) + A\rho gy(t)$$

- [39] 여기서, M: 부이 질량, m: 추가 질량, B_{rad} : radiation damping, B_{vis} : viscous damping, B_{pto} : 발전기 damping (발전량), $A\rho gy(t)$: 부력, $y(t)$: 위치, $y'(t)$: 속도, $y''(t)$: 가속도, F_{ext} : excitation force을 의미할 수 있다. 위 운동 방정식을 기반으로 하는 파도의 주기에 따른 위상 변화는 도 3 내지 도 5와 같이 나타날 수 있다.

- [40] 도 3 내지 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 파력 발전 시스템에 작용하는 추력과 파도의 속도 주기 변화를 나타낸 도면이다.

- [41] 도 3을 참조하면, 파도의 속도 ω 가 다음과 같은 수학적 식 2를 만족하고, 파도의 속도 주기가 출력의 공진 주기보다 앞서는 조건(period > 공진 주기)인 경우, 도시된 바와 같은 형태의 벡터들의 배치에 따라 추력(F)이 표현될 수 있다.

[42] [수학적 식 2]

$$[43] \quad \omega < \sqrt{\frac{A\rho g}{M+m}}$$

- [44] 도시된 도면을 살펴보면, 부이 속도 벡터(Im)와 부이 위치 벡터(Re) 관계가 직각으로 형성된 상태에서, 부력 벡터(Apg)가 부이 위치 벡터(Re)와 나란하게 형성되는 경우, 가속도와 관련한 가속도 항 벡터($-(M+m)\omega^2$)는 부력 벡터(Apg)와 나란하되 벡터의 방향이 반대이고, 크기는 부력 벡터(Apg)의 일부 크기에 대응될 수 있다. 속도와 관련한 속도 항 벡터($-(B_{pto}+B_{vis}+B_{rad})\omega$) 값은 부력 벡터(Apg)의 끝점에서 시작하여 부이 속도 벡터(Im)와 나란하되, 벡터의 끝점이 가속도 항 벡터의 끝점이 될 수 있다. 이에 따라, 추력 벡터(F)는 부이 속도 벡터(Im)와 부이 위치 벡터(Re)의 시작점에서부터 속도 항 벡터의 끝점까지 이어지는 벡터 값을 가질 수 있다. 상술한 벡터들의 배치에 대응하는 추력의 주기는 도시된 바와 같이 시간축에서 파도의 속도 주기보다 뒤에 배치될 수 있다.

- [45] 도 4를 참조하면, 파도의 속도 ω 가 다음과 같은 수학식 3을 만족하고, 파도의 속도 주기가 출력의 공진 주기와 일치되는 조건(period = 공진 주기)인 경우, 도시된 바와 같은 형태의 벡터들의 형성에 따라 추력(F)이 표현될 수 있다.

[46] [수학식 3]

[47]

$$\omega = \sqrt{\frac{A\rho g}{M+m}}$$

- [48] 도시된 도면을 살펴보면, 부이 속도 벡터(Im)와 부이 위치 벡터(Re) 관계가 직각인 상태에서, 부력 벡터(Apg)가 부이 위치 벡터(Re)와 나란하게 형성되고, 가속도와 관련한 가속도 항 벡터(-(M+m) ω^2)는 부력 벡터(Apg)와 나란하되 벡터의 방향이 반대이며, 크기는 부력 벡터(Apg)와 동일한 크기에 대응될 수 있다. 속도와 관련한 속도 항 벡터(-(B_{pto}+B_{vis}+B_{rad}) ω) 값은 부이 속도 벡터(Im)와 나란하되, 부이 속도 벡터(Im)보다 큰 값을 가질 수 있다. 추력 벡터(F)는 부이 속도 벡터(Im)와 동일한 값을 가질 수 있다. 상술한 벡터들의 배치에 대응하는 추력의 주기는 도시된 바와 같이 시간축에서 파도의 속도 주기와 동일한 주기를 가질 수 있다.

- [49] 도 5를 참조하면, 파도의 속도 ω 가 다음과 같은 수학식 4를 만족하고, 파도의 속도 주기가 출력의 공진 주기보다 뒤처지는 조건(period < 공진 주기)인 경우, 도시된 바와 같은 형태의 벡터들의 형성에 따라 추력(F)이 표현될 수 있다.

[50] [수학식 4]

[51]

$$\omega > \sqrt{\frac{A\rho g}{M+m}}$$

- [52] 도시된 도면을 살펴보면, 부이 위치 벡터(Re)가 직하방으로 형성되고, 부이 속도 벡터(Im)가 부이 위치 벡터(Re)와 직각으로 형성된 상태에서, 부력 벡터(Apg)는 부이 위치 벡터(Re)와 나란하게 형성되는데 크기는 부력 벡터(Apg)의 일정 크기를 가질 수 있다. 가속도와 관련한 가속도 항 벡터(-(M+m) ω^2)는 부력 벡터(Apg)의 끝점에서 부력 벡터(Apg)와 반대 방향으로 형성되고, 속도와 관련한 속도 항 벡터(-(B_{pto}+B_{vis}+B_{rad}) ω) 값은 부력 벡터(Apg)의 끝점에서 시작하여 부이 속도 벡터(Im)와 방향 및 크기가 유사하게 형성될 수 있다. 여기서, 추력 벡터(F)는 부이 속도 벡터(Im)와 부이 위치 벡터(Re)의 시작점으로부터 속도 항 벡터(-(B_{pto}+B_{vis}+B_{rad}) ω)의 끝점까지 이어지는 벡터 값을

가질 수 있다. 상술한 벡터들의 배치에 대응하는 추력의 주기는 도시된 바와 같이 시간축에서 파도의 속도 주기보다 앞에 배치될 수 있다.

[53] 한편, 파력 발전 시스템(100)에 의하여 출력되는 파워는 다음 수학식 5와 같이, 추력과 속도의 곱으로 표현될 수 있다.

[54] [수학식 5]

[55] $P=Fv$

[56] 수학식 5에 따르면, 파도의 속도 주기 위상과 추력의 주기 위상이 일치할수록 높은 파워를 기대할 수 있다. 여기서, 여기서 P 는 전력, F 는 출력, v 는 파도의 속도에 대응할 수 있다.

[57] 도 3 내지 5에서 설명한 바와 같이, 파도의 주기가 공진주기보다 클 경우 파도 속도의 위상이 공진 주기보다 앞서게 되며, 작을 경우 파도 속도의 위상이 공진 주기보다 뒤처지게 된다. 파도의 속도와 추력의 위상을 보정하기 위하여 파력 발전 시스템(100)은 도 6 내지 도 8에서와 같이 3개의 방식으로 구분하여 발전 제어를 수행할 수 있다.

[58] 도 6 내지 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 위상에 따른 제어를 설명하는 도면이다.

[59] 도 6을 참조하면, 전력 변환 장치(140)는 위상에 따른 제어 구간을 속도의 1/4주기마다 결정되도록 할 수 있다. 도 6은 파도의 주기가 공진주기보다 큰 경우이며, 전력 변환 장치(140)는 처음 1/4주기에서는 최적댐핑값을 적용하여 파도 속도의 주기와 추력의 주기를 일치시키도록 하고, 두 번째 1/4주기에서는 최대댐핑값을 이용하여 부이의 거동을 줄이도록 한다.

[60] 도 7은 파도주기와 공진주기가 일치하는 경우를 나타낸 것이다. 이 경우에서, 전력 변환 장치(140)는 모든 구간에서 최적댐핑을 적용하도록 처리할 수 있다.

[61] 도 8은 파도의 주기가 공진주기보다 작은 경우이다. 전력 변환 장치(140)는 처음 1/4주기에서는 최대댐핑값을 적용하여 부이의 거동을 줄이고, 두 번째 1/4주기에서는 최적댐핑값을 이용하여 전체적인 파도의 속도와 추력의 위상을 일치시키도록 처리할 수 있다.

[62] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 능동 위상 제어 방법을 나타낸 도면이다.

[63] 도 9를 참조하면, 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법과 관련하여, 파력 발전 시스템(100)의 전력 변환 장치(140)는 501 단계에서, 전력 변환 장치(140)는 위치 변화 정보를 수집할 수 있다. 이와 관련하여, 전력 변환 장치(140)는 파력 발전 시스템(100) 중 파도에 의하여 위치가 변화되는 구성(예: 부이, 샤프트, 가동자 등)에 적어도 하나에 배치된 위치 센서로부터 위치 정보를 실시간으로 또는 일정 주기로 수신할 수 있다.

[64] 503 단계에서, 전력 변환 장치(140)는 수신된 위치 정보를 기반으로 파도의 속도 변화를 검출할 수 있다. 예컨대, 전력 변환 장치(140)는 일정 크기의 웨이브 형태로 발생하는 파도에 대응하여 점진적으로 감소하거나 또는 점진적으로 증가하는 속도 변화 값을 검출할 수 있다. 전력 변환 장치(140)는 검출된 파도이

속도 변화를 기반으로 파도 속도 주기를 산출할 수 있다.

[65] 505 단계에서, 전력 변환 장치(140)는 추력의 공진 주기와 파도의 주기 간의 관계 분석을 수행할 수 있다. 예컨대, 전력 변환 장치(140)는 도 1 등에서 설명한 파력 발전 시스템(100)에 적용된 운동 방정식을 기반으로, 추력을 검출할 수 있다. 검출된 추력은 시간축에서 일정 주파수 값을 가지는 형태로 검출될 수 있다. 전력 변환 장치(140)는 산출된 추력의 공진 주기와 파도 속도의 주기를 비교하여 동일한지 또는 어떠한 주기가 큰지를 비교할 수 있다.

[66] 507 단계에서, 전력 변환 장치(140)는 관계에 따라, 최적 댐핑 또는 최대 댐핑 제어 수행하여 발전 제어를 수행할 수 있다. 예컨대, 전력 변환 장치(140)는 파도 속도 주기와 추력의 공진 주기가 일치하지 않는 구역에서는 상태에 따라 최대 댐핑 제어를 수행하여 부이의 거동을 줄이거나, 또는 최적 댐핑 제어를 수행하여 파도 속도의 주기와 추력의 공진 주기를 일치시키는 작업을 수행할 수 있다. 예컨대, 전력 변환 장치(140)는 파도 속도 주기 상승에 대응하여 공진 주기가 상승하는 구간에서는 최적 댐핑 제어를 수행하여 위상 일치에 따라 최대 출력 추종을 수행할 수 있다. 전력 변환 장치(140)는 파도 속도 주기 상승 중에 공진 주기가 하강하거나 또는 공진 주기 상승 중에 파도 속도 주기가 하강하는 구간에서는 부이의 거동을 최소화하도록 파력 발전 시스템(100)을 제어할 수 있다. 전력 변환 장치(140)는 파도 속도 주기와 공진 주기가 계속 일치하는 경우(예: 파도 속도 주기가 상승하는 중에 공진 주기가 상승하고, 파도 속도 주기가 하강하는 동안 공진 주기가 하강하는 경우) 전 주기에 대하여 최적 댐핑 제어를 수행할 수 있다.

[67] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

[68] [부호의 설명]

[69] 100 : 파력 발전 시스템

[70] 110 : 부이

[71] 120 : 선형 발전기

[72] 121 : 고정자

[73] 122 : 가동자

[74] 123 : 샤프트

[75] 125 : 챔버

[76] 130 : 위치 센서

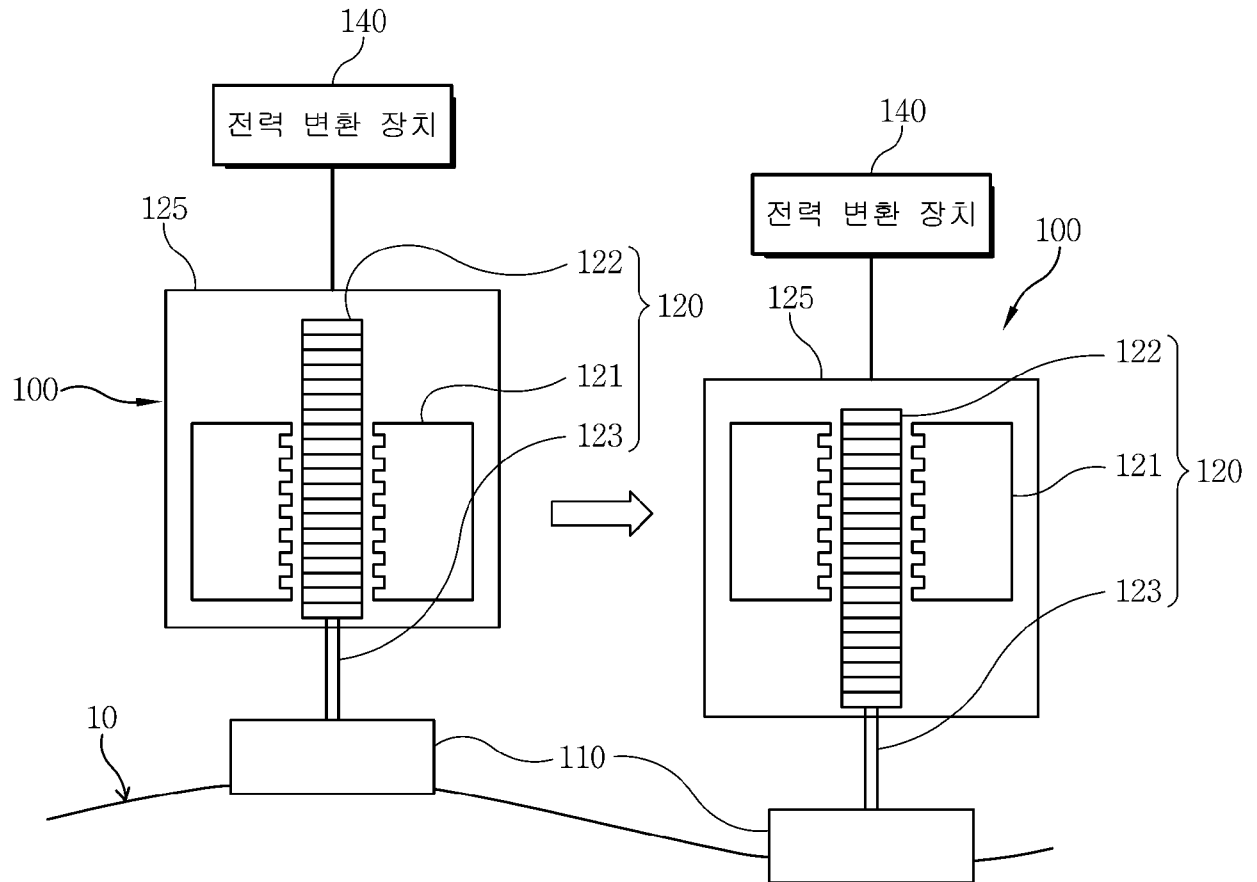
[77] 140 : 전력 변환 장치

청구범위

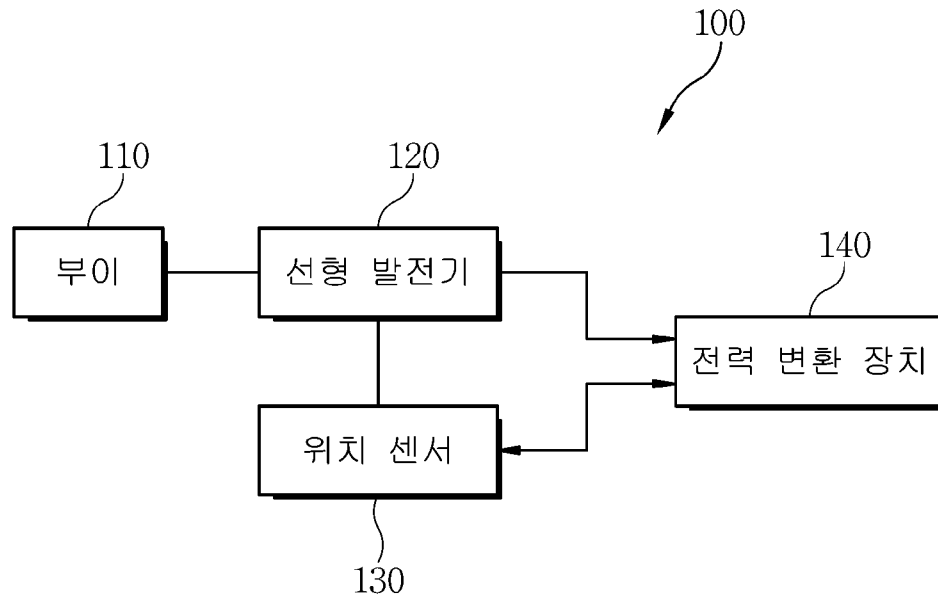
- [청구항 1] 부이에 연결된 선형 발전기;
상기 선형 발전기의 발전 제어를 수행하는 전력 변환 장치;를 포함하고,
상기 전력 변환 장치는
파도의 주기와 상기 선형 발전기의 추력의 공진 주기 사이의 차이를
분석하고, 분석 결과에 따라 최적 댐핑 제어 또는 최대 댐핑 제어 중
적어도 하나를 상기 파도의 주기 중 적어도 일부에 적용하도록 설정된
것을 특징으로 하는 파력 발전 시스템.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 전력 변환 장치는
파도의 주기가 상기 공진 주기보다 앞서는 경우, 4개의 부분 주기로
구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 앞선 일부 1/4주기에서는 최대
댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최적 댐핑 제어를
수행하도록 설정된 것을 특징으로 하는 파력 발전 시스템.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 전력 변환 장치는
상기 파도의 주기와 상기 공진 주기가 일치하는 경우 전 구간에서 최적
댐핑 제어를 수행하도록 설정된 것을 특징으로 하는 파력 발전 시스템.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 전력 변환 장치는
상기 파도의 주기가 상기 공진 주기보다 뒤처지는 경우, 4개의 부분
주기로 구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 뒤쳐진 일부
1/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최대
댐핑 제어를 수행하도록 설정된 것을 특징으로 하는 파력 발전 시스템.
- [청구항 5] 부이가 연결된 선형 발전기에서의 유동체의 움직임과 관련한 위치
정보를 수집하는 단계;
상기 위치 정보를 기반으로 파도의 속도 주기를 산출하는 단계;
상기 선형 발전기와 관련한 추력의 공진 주기와 상기 파도의 속도 주기
간의 위상 차를 분석하고, 분석 결과에 따라 상기 파도의 주기 중 적어도
일부 주기 동안 최대 댐핑 제어 및 최적 댐핑 제어 중 적어도 하나를
적용하여 발전하는 단계;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어
방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 발전하는 단계는
파도의 주기가 상기 공진 주기보다 앞서는 경우, 4개의 부분 주기로
구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 앞선 일부 1/4주기에서는 최대

댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하는 단계;
상기 파도의 주기와 상기 공진 주기가 일치하는 경우 전 구간에서 최적 댐핑 제어를 수행하는 단계;
상기 파도의 주기가 상기 공진 주기보다 뒤처지는 경우, 4개의 부분 주기로 구분된 파도의 주기 중 상기 공진 주기보다 뒤쳐진 일부 1/4주기에서는 최적 댐핑 제어를 수행하고, 이후 일부 2/4주기에서는 최대 댐핑 제어를 수행하는 단계;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 출력 추종을 위한 능동 위상 제어 방법.

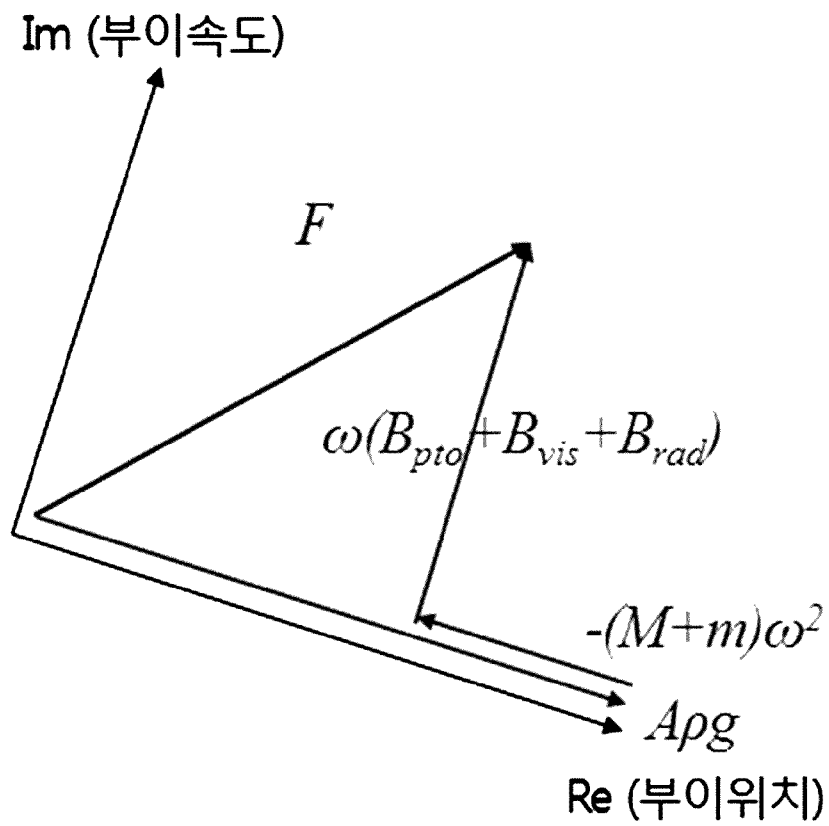
[도1]



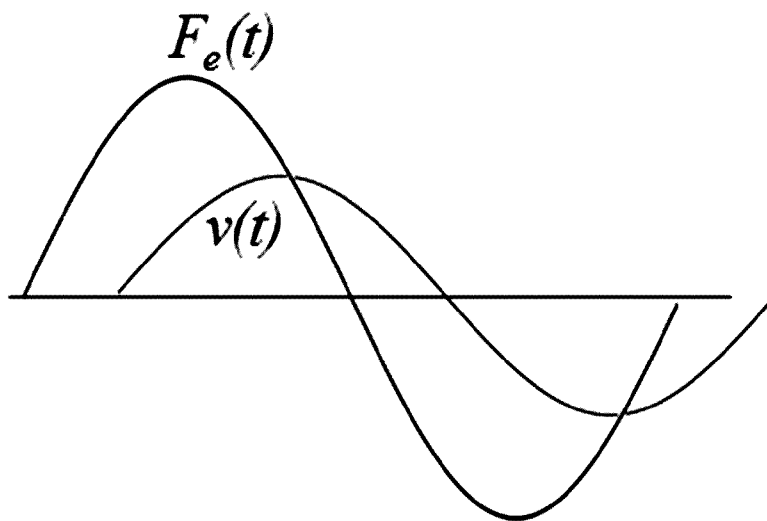
[도2]



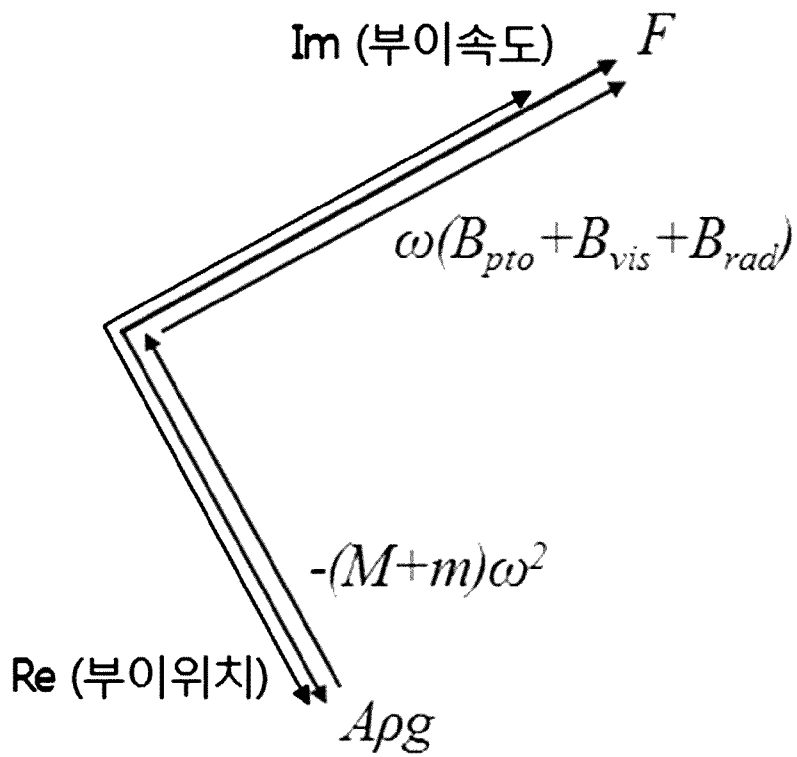
[도3]



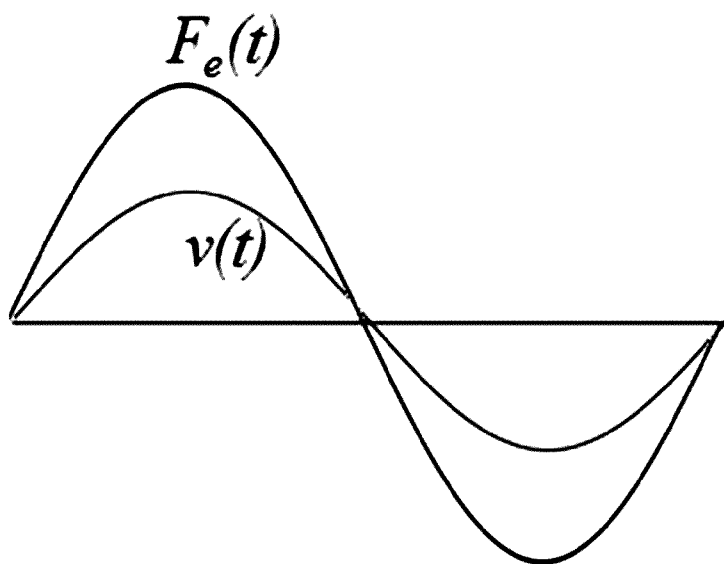
$$\omega < \sqrt{\frac{A\rho g}{M+m}}, \quad period > \text{공진주기}$$



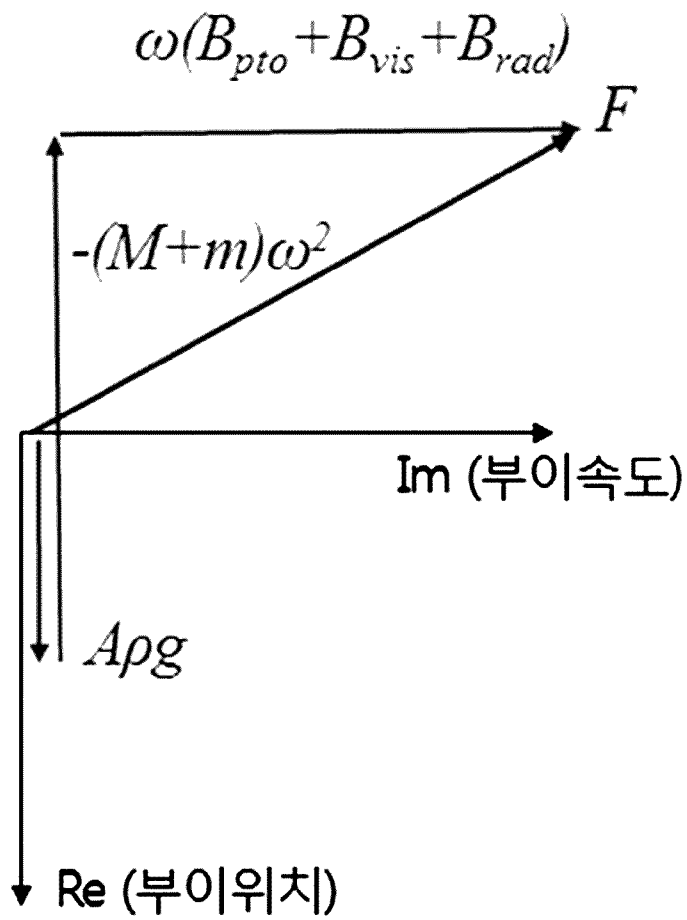
[도4]



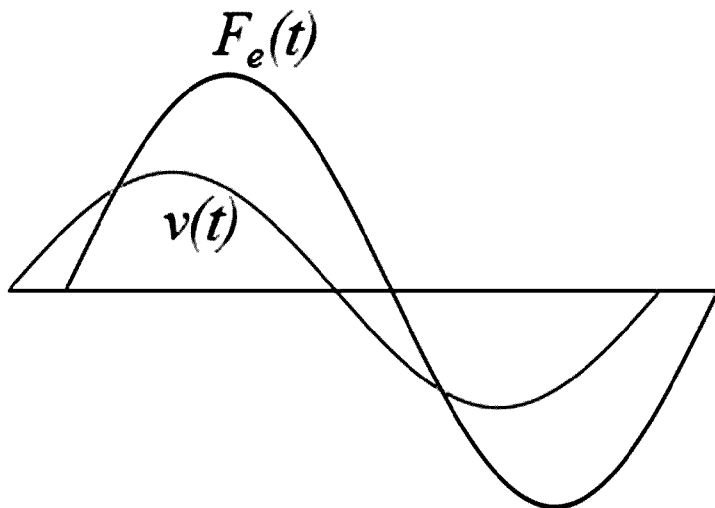
$$\omega = \sqrt{\frac{A\rho g}{M+m}}, \text{ period} = \text{공진주기}$$



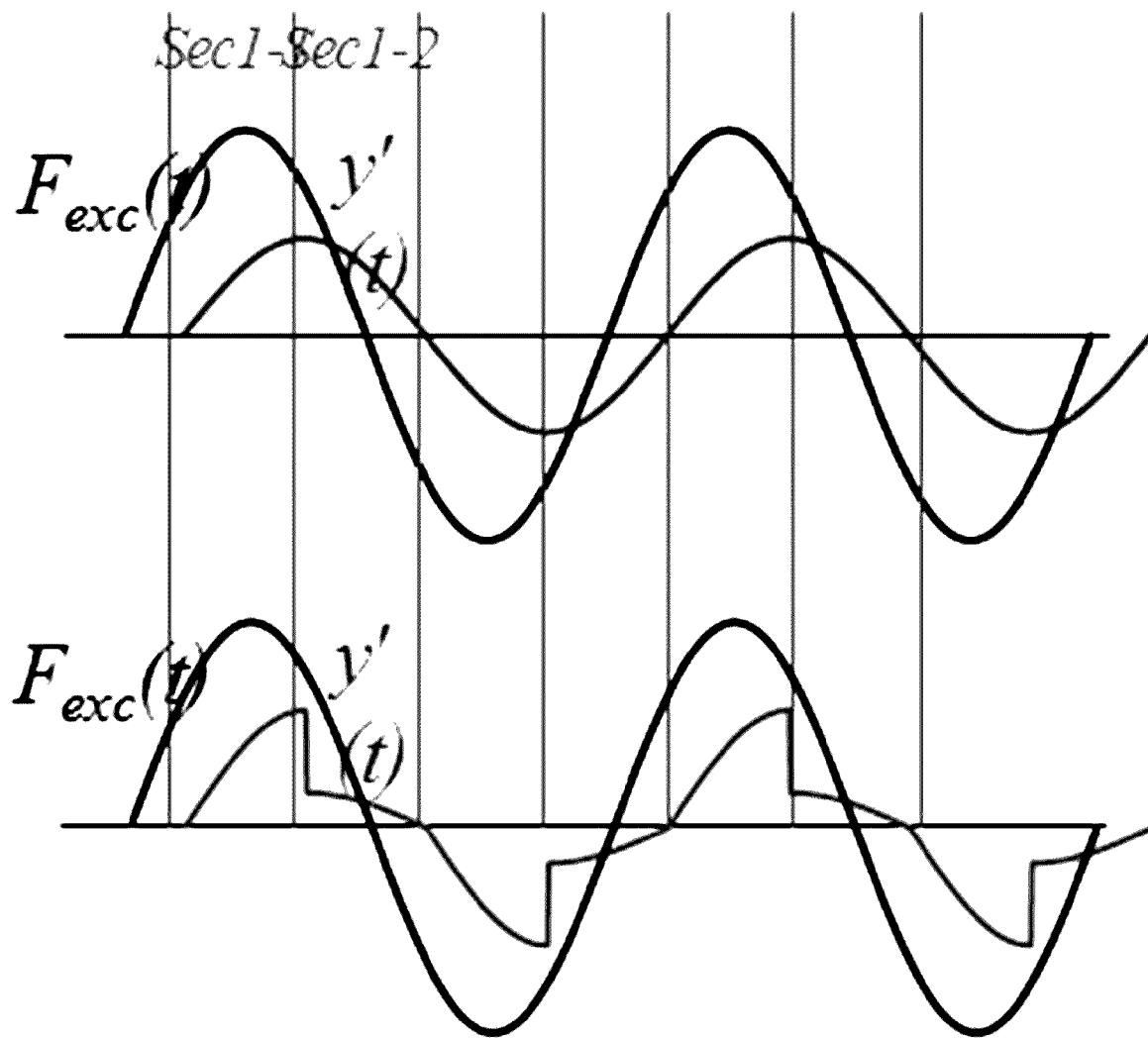
[도5]



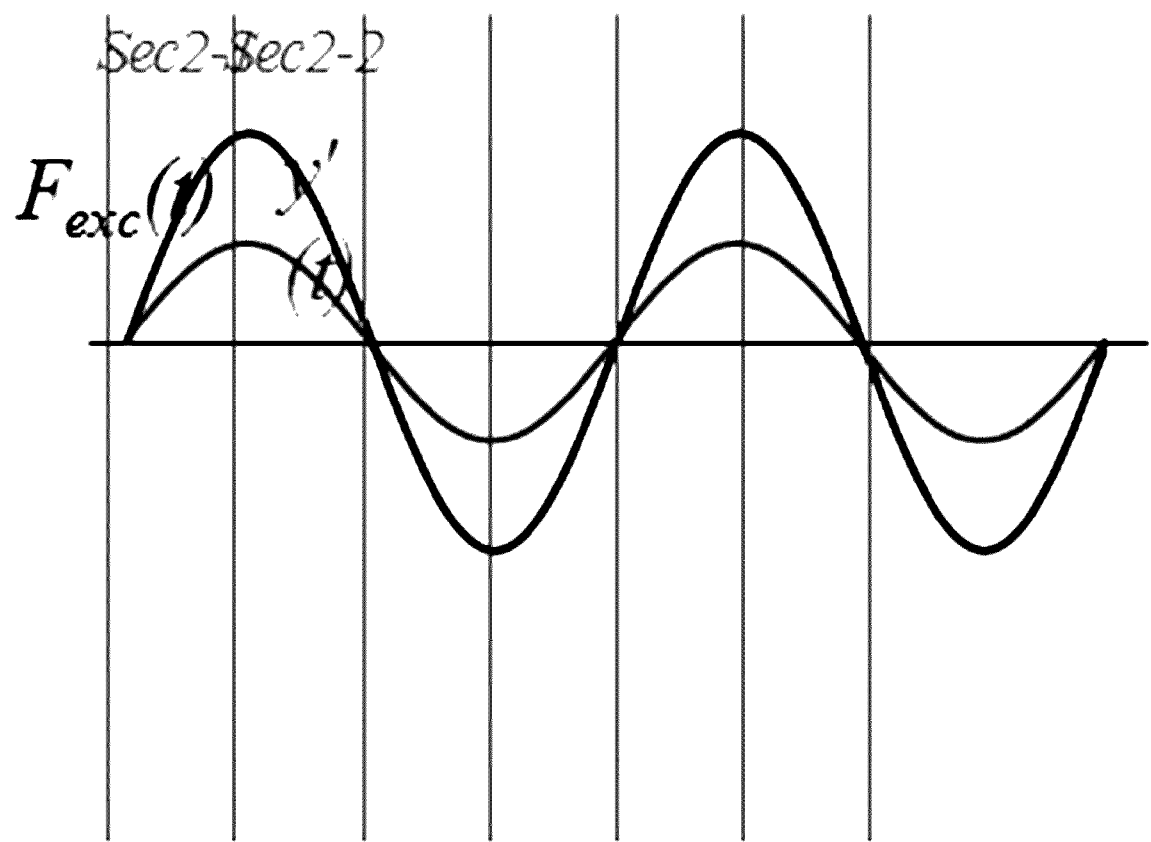
$$\omega > \sqrt{\frac{A\rho g}{M+m}}, \text{ period} < \text{공진주기}$$



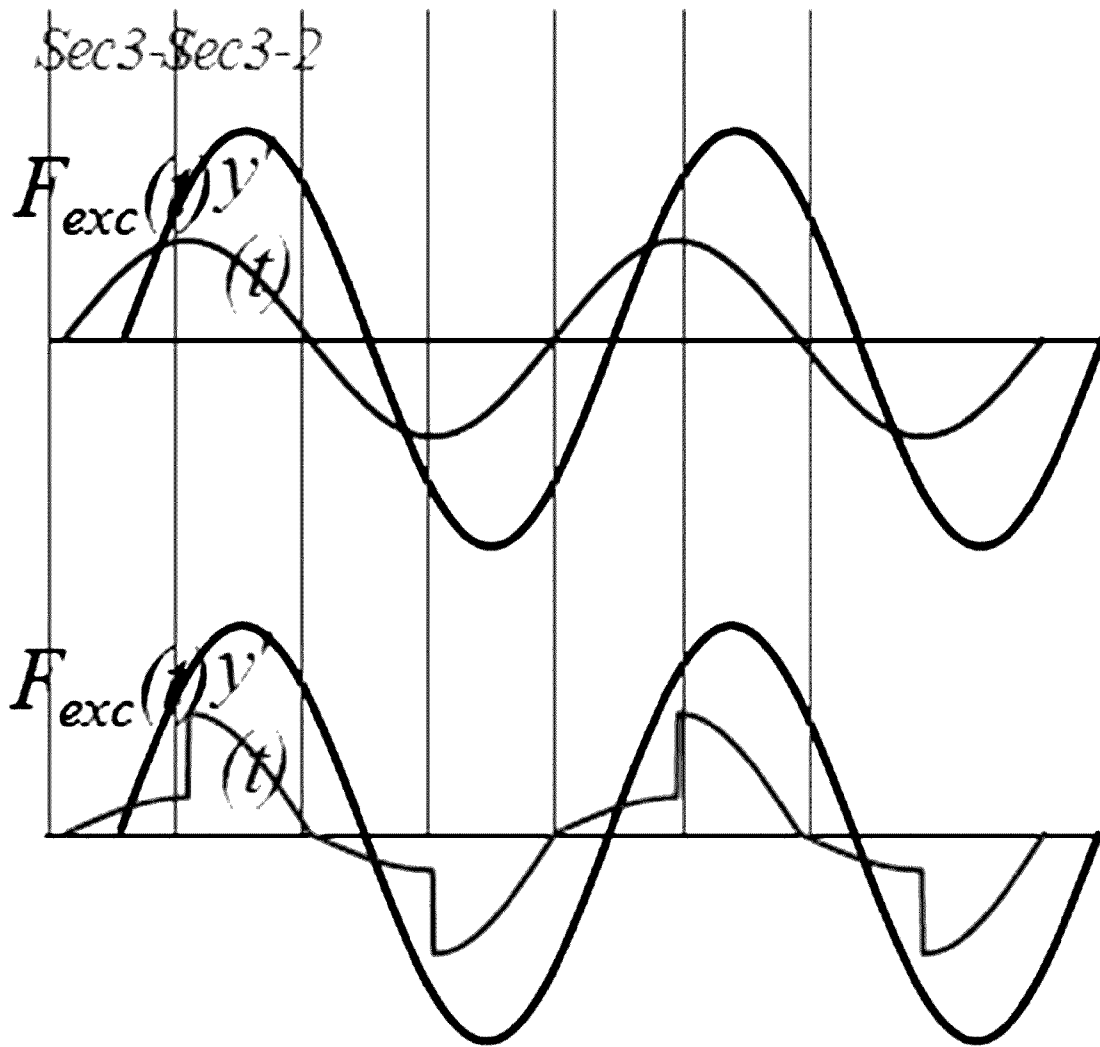
[도6]



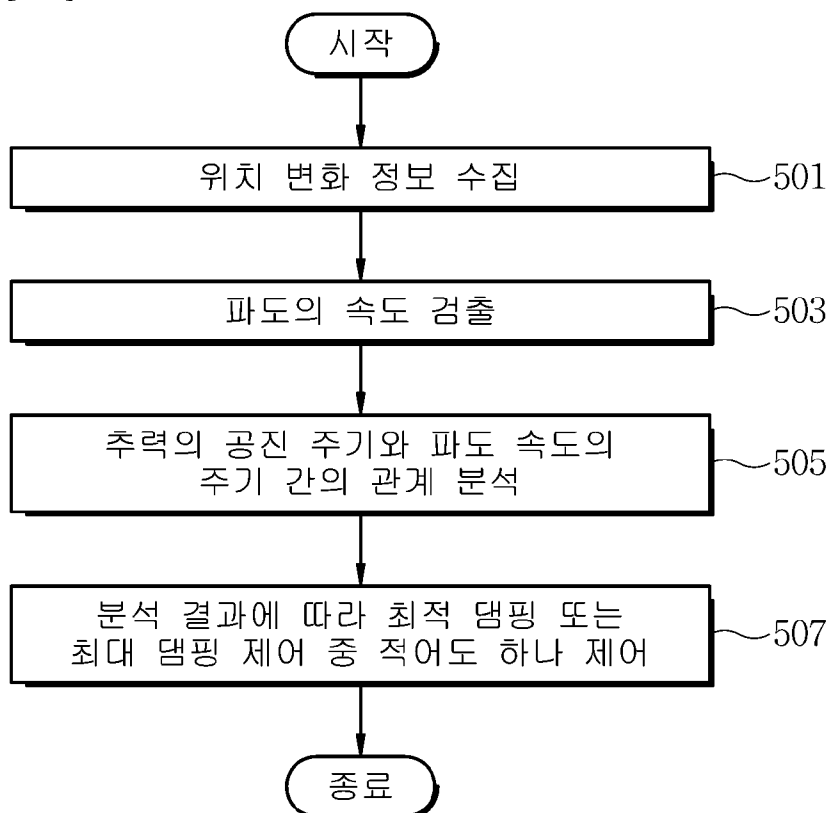
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/003172**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G05F 1/67(2006.01)i, F03B 13/16(2006.01)i, H02K 7/18(2006.01)i, H02M 5/00(2006.01)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)

G05F 1/67; F03B 13/18; F03B 17/02; F03B 13/22; F03B 13/14; F03B 13/16; F03D 9/00; H02K 7/18; H02M 5/00

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: wave power generation system, buoy, linear generator, power conversion device, wave period, resonance period

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2015-0134943 A (KOREA INSTITUTE OF OCEAN SCIENCE & TECHNOLOGY) 02 December 2015 See paragraphs [0025]-[0066] and figures 1-2.	1-6
Y	KR 10-2012-0010101 A (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 02 February 2012 See paragraphs [0047]-[0048] and figures 2-3.	1-6
A	KR 10-1411630 B1 (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 25 June 2014 See abstract, claims 1-2 and figure 1.	1-6
A	KR 10-2015-0008284 A (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) 22 January 2015 See abstract, claims 10-11 and figure 2.	1-6
A	JP 2013-181433 A (MITSUBISHI HEAVY IND. LTD.) 12 September 2013 See paragraphs [0022]-[0024] and figures 1-3.	1-6



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

"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

30 NOVEMBER 2016 (30.11.2016)

Date of mailing of the international search report

30 NOVEMBER 2016 (30.11.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/003172

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2015-0134943 A	02/12/2015	KR 10-1637511 B1	20/07/2016
KR 10-2012-0010101 A	02/02/2012	EP 2597299 A1	29/05/2013
		JP 05612764 B2	22/10/2014
		JP 2013-533419 A	22/08/2013
		KR 10-1225142 B1	22/01/2013
		US 2013-0104538 A1	02/05/2013
		WO 2012-011645 A1	26/01/2012
KR 10-1411630 B1	25/06/2014	NONE	
KR 10-2015-0008284 A	22/01/2015	NONE	
JP 2013-181433 A	12/09/2013	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G05F 1/67(2006.01)i, F03B 13/16(2006.01)i, H02K 7/18(2006.01)i, H02M 5/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G05F 1/67; F03B 13/18; F03B 17/02; F03B 13/22; F03B 13/14; F03B 13/16; F03D 9/00; H02K 7/18; H02M 5/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 파력 발전 시스템, 부이, 선형 발전기, 전력 변환 장치, 파도 주기, 공진 주기

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2015-0134943 A (한국해양과학기술원) 2015.12.02 단락 [0025]-[0066] 및 도면 1-2 참조.	1-6
Y	KR 10-2012-0010101 A (삼성중공업 주식회사) 2012.02.02 단락 [0047]-[0048] 및 도면 2-3 참조.	1-6
A	KR 10-1411630 B1 (삼성중공업 주식회사) 2014.06.25 요약, 청구항 1-2 및 도면 1 참조.	1-6
A	KR 10-2015-0008284 A (한국전력공사) 2015.01.22 요약, 청구항 10-11 및 도면 2 참조.	1-6
A	JP 2013-181433 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD.) 2013.09.12 단락 [0022]-[0024] 및 도면 1-3 참조.	1-6

☐ 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

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 11월 30일 (30.11.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 11월 30일 (30.11.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

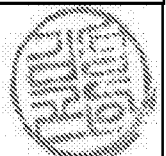
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김성곤

전화번호 +82-42-481-8746



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2015-0134943 A	2015/12/02	KR 10-1637511 B1	2016/07/20
KR 10-2012-0010101 A	2012/02/02	EP 2597299 A1	2013/05/29
		JP 05612764 B2	2014/10/22
		JP 2013-533419 A	2013/08/22
		KR 10-1225142 B1	2013/01/22
		US 2013-0104538 A1	2013/05/02
		WO 2012-011645 A1	2012/01/26
KR 10-1411630 B1	2014/06/25	없음	
KR 10-2015-0008284 A	2015/01/22	없음	
JP 2013-181433 A	2013/09/12	없음	