

무동력 수평 제어 알고리즘 기술 개발완료

Completed development of non-powered horizontal control algorithm technology

Marine Energy Technology



창이테크(주)
CHANGI TECH CO., LTD.

동조질량댐퍼(Tuned Mass Damper, TMD)기술이 적용된 창이테크(주)의 타워-부유체
조인트 분리 하이브리드형(Tower-Floater joint separation hybrid type)
부유식 해상풍력발전 플랫폼

CHANGI Tech's Tower-Floater joint separation hybrid type of floating offshore
wind-power generation platform with Tuned Mass Damper(TMD) technology

“Non-powered horizontal control”

“Dose not Crack”

기술주관사
Principal technology company

창이테크(주)
CHANGI TECH CO., LTD.

www.ocean-tech.co.kr

부유식 해상풍력 발전플랜트는 제2의 조선·해양플랜트 산업입니다.

Floating Wind Power Generation Plant is the second shipbuilding & Marine plant industry.

기존 경쟁기술 타워-부유체 일체형(Tower-Floater integrated type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼 Current Competitive Technology, Tower-Floater integrated type of floating offshore wind-power generation platform



Semi-Submersible Type



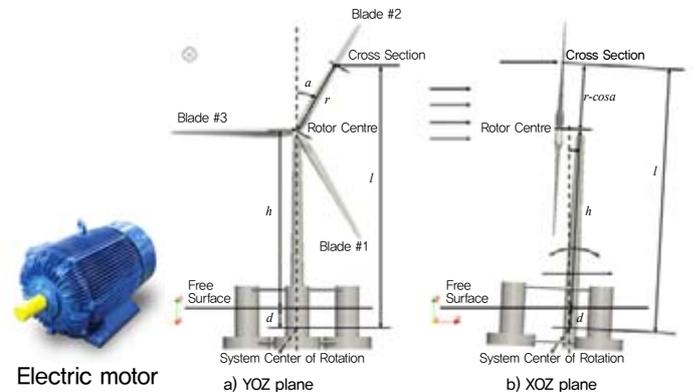
Spar Buoy Type



Barge Type
France/Ideol

타워-부유체 일체형(Tower-Floater integrated type) 플랫폼 피치제어 방법 Tower-Floater integrated type of platform pitch control method

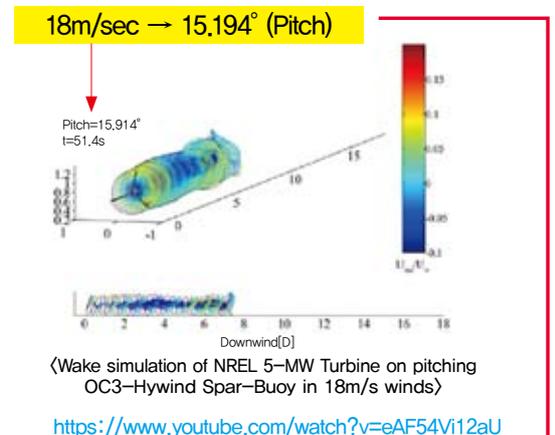
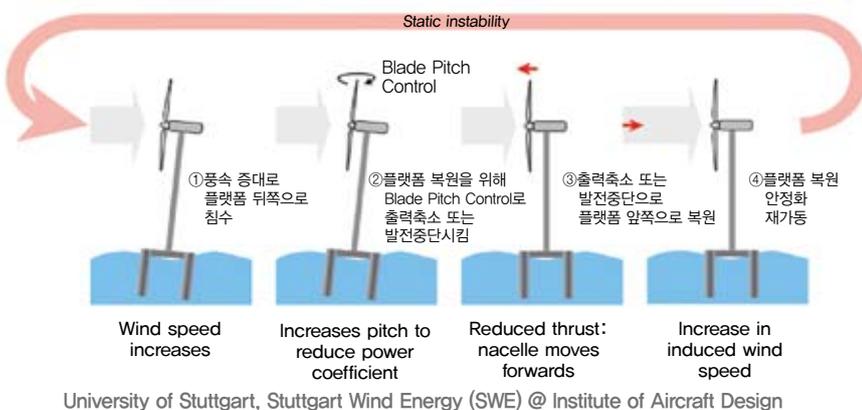
① Active Pitch Control Algorithm



①②③ 발란서 탱크에 해수를 펌핑(Pumping)하기 위해 해저 케이블로 플랫폼 내부 11기 모터펌프에 동력을 투입해야 되기 때문에 경제성 확보가 어렵고, 해수의 발란서 탱크 이동시간 지연으로 수시로 변화되는 바람방향 제어에 어려움 있음 또한 기울기 14° (Wind Speed 17m/s)부터 플랫폼에 균열발생 (일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

①②③ It doesn't secure the economic feasibility on the grounds that power should be supplied to 11 pumps inside the platform by using a submarine cable in order to pump seawater in the balancer, and the direction of the wind is uncontrollable due to its frequent change caused by seawater balancer travel time delay, and in addition, cracks occurred in the platform from a slope of 14° at 17m/s wind speed. (Annex: Refer to 2 result reports attached on Generating efficiency TSR 4~12 and structural stability by the integrated platform's tilt angle)

② Passive Pitch Control Algorithm

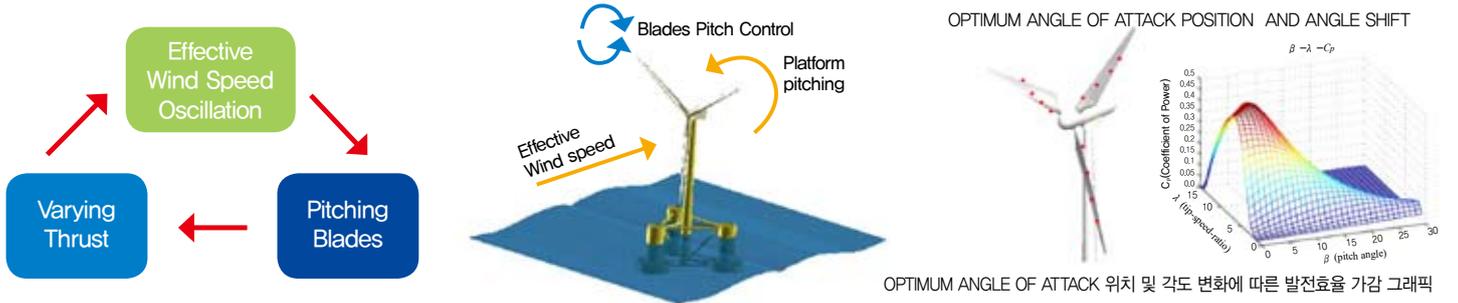


Blade Pitch Control시 출력감소 또는 발전중단 되어 이용률이 급속하게 감소됨 또한 기울기 14° (Wind Speed 17m/s)부터 플랫폼에 균열 발생 (일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

The operation rate rapidly declined due to output reduction or generation shutdown in Blade Pitch Control and cracks occurred in the platform from a slope of 14° at 17m/s wind speed. (Annex: Refer to 2 result reports attached on Generating efficiency TSR 4~12 and structural stability by the integrated platform's tilt angle)

기존 경쟁기술 타워-부유체 일체형 주요 플랫폼 수평제어 알고리즘 기술개발 현황

Current Competitive Technology, Tower-Floater integrated type Main Platform Horizontal Control Algorithm Technology Development Status



- 블레이드 피치제어에 따른 발전효율 감소로 경제성 확보가 어려움
Difficult to secure economic feasibility by reducing power generation efficiency by blade pitch control
- 태풍 및 >17m/s 부터 플랫폼에 균열이 발생하여 상용화가 어려움
Difficult to commercialize due to cracks on the platform from typhoons and >17m/s

경쟁기술 타워-부유체 일체형 Spar Type에 적용된 NREL 5MW급 블레이드 피치 각(Blade Pitch Angle) 변화에 따른 발전효율 가감표 샘플-TSR 7
Competitive Technology Sample of power generation efficiency according to changes in NREL 5MW class Blade Pitch Angle applied to Tower-Floater integrated Spar Type (TSR 7)
[CHANGi Tech Co., Ltd's Flow Analysis Result Report]

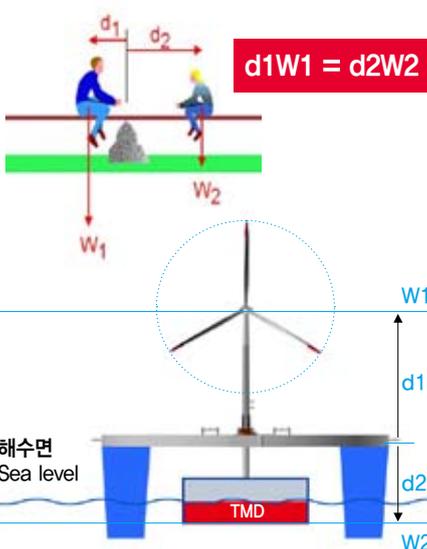
TSR (ramda)	beta(°) (ANGLE OF ATTACK)	beta(rad)	c1	c2	c3	c4	c5	c6	ramda_i	Cpmax	generating efficiency(%)
7	0	0	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	9.271523	0.451282393	100
7	1	0.017444444	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.081269	0.392316245	86.9336474
7	2	0.034888889	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.365076	0.345120072	76.47541251
7	3	0.052333333	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.30612	0.330378094	73.2087267
7	4	0.069777778	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.348966	0.320520038	71.0242727
7	5	0.087222222	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.415242	0.311086056	68.93378965
7	6	0.104666667	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.489035	0.301171759	66.7368734
7	7	0.122111111	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.56582	0.290521224	64.37681332
7	8	0.139555556	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.643984	0.279040841	61.8328668
7	9	0.157	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.722859	0.26668816	59.09562712
7	10	0.174444444	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.802128	0.253439901	56.15993542
7	11	0.191888889	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.881632	0.239281064	53.0224683
7	12	0.209333333	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	7.961283	0.224200725	49.68080488
7	13	0.226777778	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.041029	0.20819023	46.13302747
7	14	0.244222222	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.120841	0.191242357	42.37753553
7	15	0.261666667	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.200697	0.17335089	38.41295223
7	16	0.279111111	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.280586	0.1545104	34.23807414
7	17	0.296555556	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.360498	0.134716108	29.85184218
7	18	0.314	0.5176	116	0.4	5	21	0.0068	8.440427	0.113963803	25.25222257

Blade Pitch Angle 1° 변화시 발전효율 13% 감소됨
13% reduction in power generation efficiency when blade pitch angle changes by 1°

창이테크(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형 플랫폼 수평제어 알고리즘 기술개발 완료

Completed development of CHANGi Tech's Tower-Floater joint separation hybrid platform horizontal control algorithm technology

$$\text{POWER IN THE WIND} = \rho (\text{DENSITY OF AIR}) \times D^2 (\text{TURBINE BLADE DIAMETER}) \times V^3 (\text{VELOCITY OF WIND})^3 \times C (\text{A CONSTANT})$$

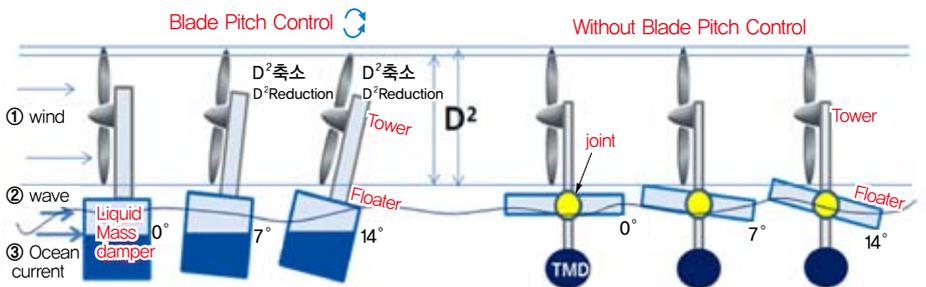


• 해상외력 ①②③에 의한 플랫폼 경사각도 비교 변화도

Comparison of the angle of inclination of the platform by the external force ①②③ offshore

기존의 경쟁기술 타워-부유체 일체형
Tower-Floater integrated type competing technology

창이테크(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형
Tower-Floater joint separation hybrid type TMD Self Balancing System of CHANGi Tech's in South Korea



- 플랫폼 경사각도에 의해서 D²가 축소되어
①발전효율이 축소되고 ②플랫폼에 균열이 발생한다.
D² is reduced according to platform angles, resulting in ①reduced power generation efficiency and ②platform cracks

• 태풍 발생시 평균풍속 35m/s
Typhoons have an average wind speed of over 35m/s

기존 경쟁기술 타워-부유체 일체형(Tower-Floater integrated type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼 경사각도에 따른 구조 안전성 해석 보고서 샘플

(일체형 플랫폼 경사각도에 따른 발전효율 TSR 4~12 및 구조 안정성 결과보고서 2건 별도 첨부 참조)

Analysis report sample of structural stability on the existing competing technology, Tower-Floater integrated type of floating offshore wind-power generation platform's tilt-angle.

(Annex: Refer to 2 result reports attached on Generating efficiency TSR 4~12 and structural stability by the integrated platform's tilt angle)

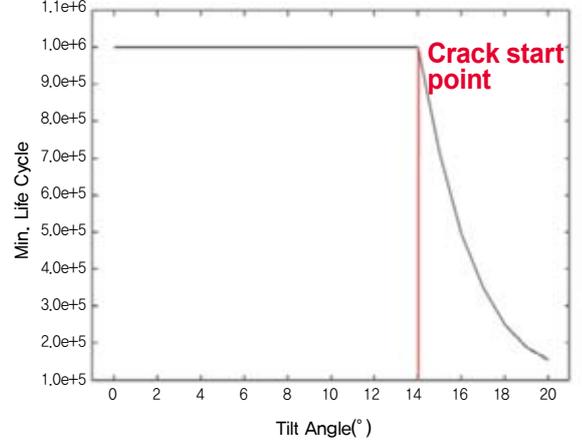
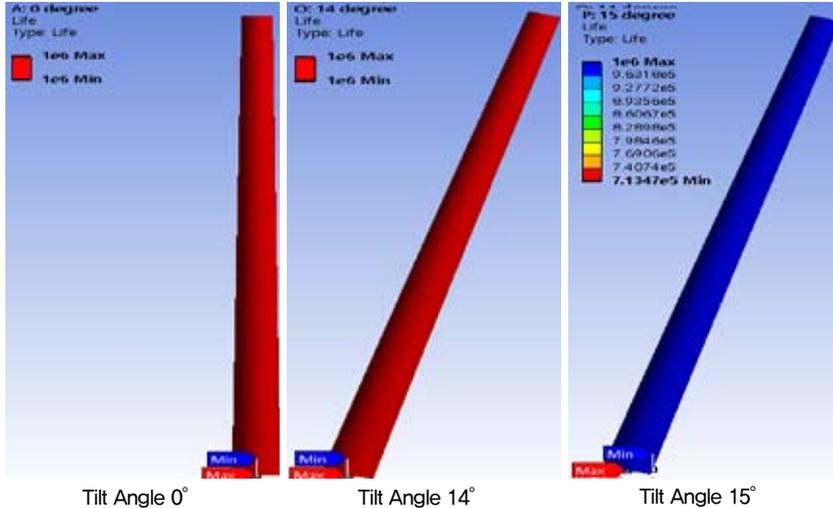


그림. Tower 경사각도에 따른 최소 사용수명
[Figure] Min. life cycle according to tower tilt angle

경쟁기술 타워-부유체 일체형 플랫폼 14° 이후 급격하게 사용수명 감소됨 (타워 균열 발생/보고서24Page 참조)

The existing competing technology, Tower-Floater integrated platform's service life declined rapidly after 14° of slope (Tower's crack generated/Refer to page 24 in the report)

Wind Speed(m/s)	경사각도 (Tilt angle, X, °)
6 m/s	1.749°
7 m/s	2.869416667°
8 m/s	3.989833333°
9 m/s	5.11025°
10 m/s	6.23066667°
11 m/s	7.351083333°
12 m/s	8.4715°
13 m/s	9.591916667°
14 m/s	10.71233333°
15 m/s	11.83275°
16 m/s	12.95316667°

Gross Properties Chosen for the NREL 5-MW Baseline Wind Turbine

Rating	5MW
Rotor Orientation, Configuration	Upwind, 3 Blades
Control	Variable Speed, Collective Pitch
Drivetrain	High Speed, Multiple-Stage Gearbox
Rotor, Hub Diameter	126m, 3m
Hub Height	90m
Cut-In, Rated, Cut-Out Wind Speed	3m/s 11.4m/s 25m/s
Cut-In, Rated Rotor Speed	6.9rpm, 12.1rpm
Rated Tip Speed	80m/s
Overhang, Shaft Tilt, Precone	5m, 5°, 2.5°
Rotor Mass	110,000kg
Nacelle Mass	240,000kg
Tower Mass	347,460kg
Coordinate Location of Overall CM	(0.2m, 0.0m, 64.0m)

균열 시작점

Crack start point

17m/s	14.07358333°
18 m/s	15.194°
19 m/s	?
20 m/s	?
21 m/s	?
22 m/s	?
23 m/s	?
24 m/s	?
25 m/s	Cut-Out Wind Speed

기존의 경쟁기술 타워-부유체 일체형(Tower-Floater integrated type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼은 고진동(High Vibration)에 의한 플랫폼 균열을 방지하기 위해서 Cut-Out Wind Speed 25m/s까지 정상가동 가능한 발전기를 17m/s에서 블레이드 피치제어(Blade Pitch Control)로 Cut-Out 시켜야 되는 기술적 난제를 물리적으로 극복할 수가 없습니다. 상기 이유로 동일 해상 위치에 설치 비교시 해상고정식 및 창이테크(주)의 초저진동(Ultra low vibration Min1° ~Max2°) 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형(Tower-Floater joint separation hybrid type) 플랫폼 대비 이용률이 현저히 낮습니다. ●일본 2018년 실증기 균열발생으로 실증 중단됨

The existing competing technology, Tower-Floater integrated type of floating offshore wind-power generation platform faces technical challenges that the generator should be cut out to the Blade Pitch Control at 17m/s, which allows its normal operation up to 25m/s of Cut-out Wind Speed to avoid the platform cracks due to High Vibration.

For this reason, it shows well below the operation rate compared to Offshore fixed type and CHANGI Tech's Ultra-low vibration (Min1° ~Max2°) Tower-Floater joint separation hybrid type platform regarding an identical offshore installation.

● Japan failed the demonstration caused by demonstrator cracks in 2018.

동조질량댐퍼(Tuned Mass Damper, TMD)기술이 적용된 창이테크(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형(Tower-Floater joint separation hybrid type) 부유식 해상풍력발전 플랫폼

CHANGI Tech's Tower-Floater joint separation hybrid type of floating offshore wind-power generation platform with Tuned Mass Damper(TMD) technology



- 별도의 외부동력이 필요한 Electric Motor가 필요 없습니다.

No need for an electric motor requiring a separate external power.

- 플랫폼 기울기 복원 블레이드 피치 제어가 필요 없어 출력감소 또는 발전중단이 되지 않아 풍력 발전기 발전효율 이론적 최대치 (Theoretical maximum of wind power generation efficiency) C_{pmax} 0.45(Betz Law) 까지 증대시킬 수 있는 국내외 유일의 부유식 해상풍력발전 플랫폼입니다. 상기 이유로 플랫폼 기울기 복원 블레이드 피치제어 알고리즘 설계 개발(Blade pitch control algorithm design development)이 필요 없어 상용화 완료 기간을 2~3년으로 단축할 수 있습니다.

It is the only floating offshore wind-power generation platform around the country and the world that can increase up to the theoretical maximum of wind power generation efficiency, C_{pmax} 0.45(Betz Law), enabling no output reduction or generation shutdown without requiring Platform slope restoration blade pitch control. For this reason, a completion period for commercialization can be shortened 2 to 3 years without Blade pitch control algorithm design development for Platform slope restoration.

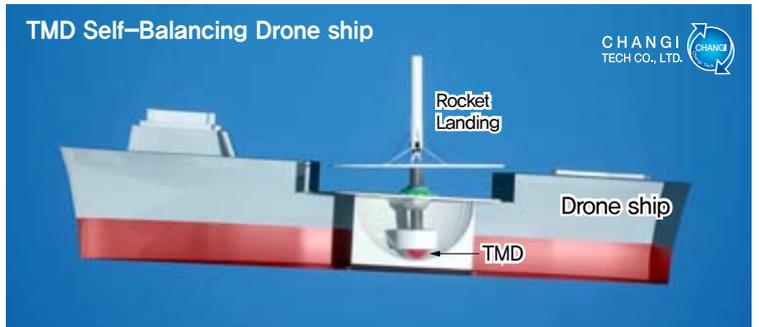
- 타워가 2° 이상 기울지 않는 초저진동 $Min1^\circ \sim Max2^\circ$ (Ultra low vibration $Min1^\circ \sim Max2^\circ$) 에 의해서 초강력 태풍(Super Typhoon)에도 플랫폼 균열을 방지할 수 있습니다. 상기 이유로 사이클론(Cyclone), 허리케인(Hurricane) 발생지역 한국, 중국, 일본, 대만... 등 동아시아와 동남아시아, 서남아시아, 인도, 미국 등에서 안정적으로 운용·유지관리 될 수 있는 국내외 유일 부유식 해상풍력발전 플랫폼입니다.

It prevents the platform from cracking by Super Typhoon due to Ultra-low vibration $Min1^\circ \sim Max2^\circ$ unsloping no more than 2°. For this reason, It is the only floating offshore wind-power generation platform around the country and the world, enabling a stable operation and maintenance in the East Asia, Southeast Asia, Southwest Asia, India, USA including South Korea, China, Japan, Taiwan where a Cyclone, Hurricane form.

● 응용사업 Application business



[그림 1] 창이테크(주)의 타워-부유체 조인트 분리 하이브리드형 부유식 해상풍력 발전기 모델
[Figure 1] CHANGI Tech's Tower-Floater joint separation hybrid type of floating offshore wind-power generator model



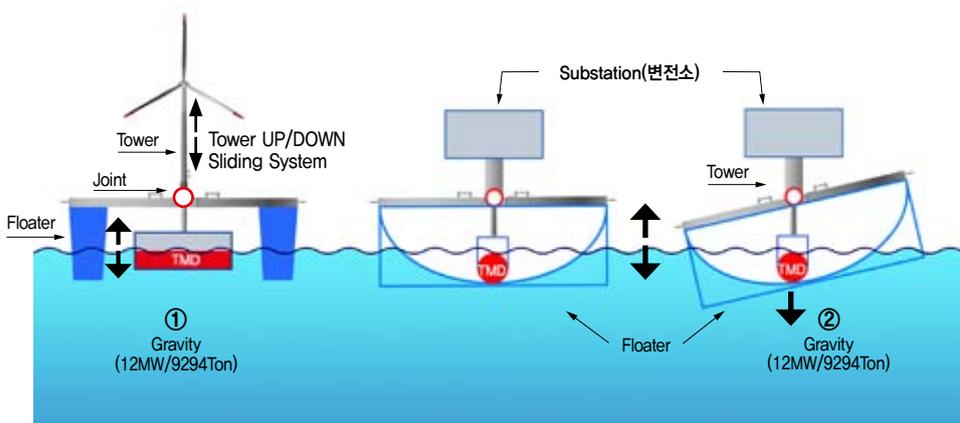
[그림 2] 미국 VL Offshore 社(www.vloffshore.com)와 공동기술개발 및 기술이전 계약체결 (2021년 2월 13일)
[Figure 2] Joint technology development and technology transfer contract signed with VL Offshore (www.vloffshore.com) February 13, 2021

TMD Self Balancing System Tower-Floater joint separation Hybrid-Type

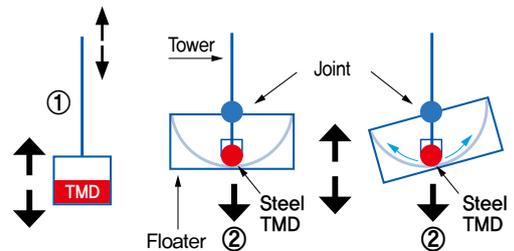


Commercialization Model(A-1 Type)

Substation(변전소)(B Type)



Tower UP/DOWN Sliding System



① ② 타워 수평제어 포스 방향

① ② Tower horizontal control force direction

① Neutral buoyancy (12MW/9294Ton) TMD

② TMD Gravity (12MW/9294Ton) TMD

부유식 해상풍력 발전플랜트는 제2의 조선·해양플랜트 산업이다.

Floating Wind Power Generation Plant is
the second shipbuilding & Marine plant industry.



미래 해양에너지기술의 선도기업
Company leading the future marine energy technology

CHANGI
TECH CO., LTD.



부유식 해상풍력 발전플랜트
Floating Wind Power Generation Plant



www.ocean-tech.co.kr

본사 (51242) 경남 창원시 마산회원구 내서읍 중리공단로 122 (중리 1250-1번지)
전화 070-4237-6606 팩스 055-231-6829 휴대폰 010-3268-5687 이메일 keun9221@naver.com

ADD. 122, Jungnigongdan-ro, Naeseo-eup, Masanhoewon-gu, Changwon-si, Gyeongnam, Republic of KOREA
PHONE +82-70-4237-6606 FAX +82-55-231-6829 Mobile +82-10-3268-5687 E-mail keun9221@naver.com

