

엔진 시동용 소형선 탑재형 파력 발전 시스템

류기수¹·강성진²·유병석^{3,†}
(주)리수엔지니어링¹
옵니센서(주)²
부경대학교 기계조선융합공학과³

The Wave Power Generator on Small Ship for Charging Engine Start-Up Battery

Kisoo Ryu¹·Sungjin Kang²·Byeongseok Yu^{3,†}
LISU ENGINEERING¹
OMNI SENSOR²
Department of Mechanical & Shipbuilding Convergence Engineering, Pukyong National University³

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Efforts to reduce carbon dioxide(CO₂) emissions are being carried out due to climate environmental problems. Eco-friendly ships are also being developed, and various energy saving measures have been developed and applied. In ships, researches have been conducted in various fields such as electric propulsion system and energy saving devices. In addition, the development of ships using various renewable energy, such as kite using wind power and wind power generation, has been carried out. This paper proposes a plan to use renewable energy for ships by applying wave generators to small ships. In 2016, 130 small domestic ships drifted by sea due to discharge of starting storage batteries, and discharge cases accounted for the largest portion of the causes of domestic ship accidents. This is due to the excessive use of storage batteries for starting the main engine by departing in a weak storage battery state for small ships. Accordingly, two type wave power generators – opened flow wave power generator and enclosed vibrator type wave power generator – are developed for charging a starting storage battery when the ships are stationary at sea or port. Opened flow wave power generator utilizes the flow of fluid in the ship by using wave induced ship motion. Enclosed vibrator type wave power generator utilizes the pendulum kinetic energy located in a ship due to wave induced ship motion.

Keywords : Renewable energy(재생에너지), Small boat(소형선), Wave power generation(파력 발전), Opened flow type wave power generator(개방 수류형 파력 발전기), Enclosed vibrator type wave power generator(내재 진동형 파력 발전기)

1. 서론

선박의 에너지 효율을 높이기 위해 에너지 절감 부가물이나 연과 같은 풍력을 이용한 추진 보조 장치 등을 선박 분야에 적용하기 위한 다양한 연구들이 수행되었다. 또한 선박 내의 에너지 절감을 위한 폐열회수장치나 축발전기와 같은 보조 에너지원의 개발도 이루어져 왔고, 현재 선박에 실용화되어 적용되고 있다.

해양에서 파도의 운동에너지와 위치에너지를 전기에너지로 변환하는 발전방식을 사용한 발전 시스템에 대한 연구도 지속적으

로 수행되었으며, 선박에서 파력을 이용한 파력 발전 장치에 대한 연구도 수행되었다. 2013년 파면의 운동을 공기의 운동으로 변환하고 이 공기의 운동에 의해 풍력 터빈을 회전시켜 선박에 사용될 전력을 생산하는 “선박용 파력발전기” (Kim and Lee, 2013) 특허가 등록되었으며, 2017년에는 파력을 이용하여 전력을 생산하고, 이를 선박 운용에 필요한 에너지로 활용하도록 하는 “파력 발전 장치를 구비한 선박” (Choi, 2017)이 특허로 등록되었다. 이 특허에서는 선박 본체에 대하여 상하 방향으로 이동이 가능하도록 수직하게 배치되는 수직 샤프트와 샤프트의 하단부에 수평상으로 마련되어 전후 방향으로 유선 형태인 유체 저항

판, 그리고 샤프트와 선박 본체의 상대운동을 이용하여 발전하는 발전부로 구성되어 있다.

선박의 에너지 절감 및 에너지 효율 상상을 위한 연구는 주로 대형선을 위주로 연구개발 되어 왔으며, 본 논문에서는 소형선에 적용하기 위한 파력 발전기의 개발하여 소형선박의 시동용 배터리 충전용 보조 시스템으로 적용하였다.

Table 1 Distribution by factors of fishing boat accidents in Korea Maritime Safety Tribunal (2016)

Damage item	no.	Ratio (%)
Discharge of starting battery	130	24
Cooling pump and component	104	20
Starting motor	73	14
Pipe system	56	11
etc.	168	31
sum	531	100

Table 1에 보는 바와 같이, 중앙해양안전심판원 2016년 전체 기관손상 사고 743건을 분석한 결과, 소형 선박이 531건으로 71%를 차지했다. 사고 원인은 출항 전 어선과 레저 보트의 관리·점검을 간과하는 것이 기관 손상 사고의 주요 원인이었으며, 축전지의 관리 소홀로 인한 비율이 24%로 가장 높았다. 구체적으로 기관 시동용으로 사용되는 축전지 방전으로 주기관의 재시동이 불발되었으며, 이는 총 방전되는 이차전지인 축전지의 잔량 파악, 필요 조치 소홀 때문이었다. 따라서 해상 정선 시 축전지 방전으로 인한 표류 사고는 원천적으로 방지하여, 소형 선박의 표류 사고가 발생하지 않도록 하는 것이 중요하다. 현재 관련 국내 소형선 시장은 6만여 척 이상이다(Fig. 1).

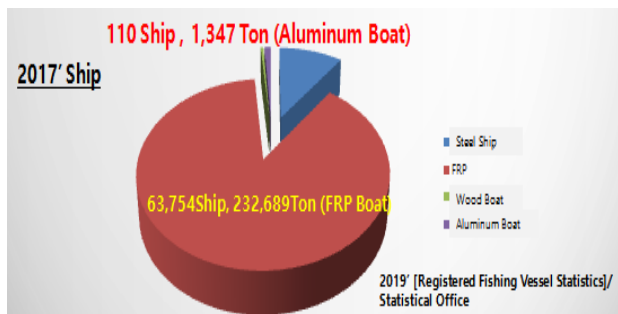


Fig. 1 Registered fishing vessel statistics (Ministry of Oceans and Fisheries, 2017)

본 논문에서는 축전지 방전으로 인한 사고를 원천적으로 방지하기 위하여 총톤수 3톤급 20인승 친환경 알루미늄 다이빙 보트에 설치하기 위한 파력 발전기를 개방 수류형 파력 발전기와 내재 진동형 파력 발전기 2가지를 개발하였고, 개방 수류형 파력 발전기에 대해서는 실증을 완료하였다.

2. 파력 발전 일반

2.1 플레밍의 오른손 법칙

변동하는 도체와 전자기계는 위치에너지가 운동에너지로 바뀌고, 운동에너지는 자기장 속을 움직이는 도체 내에 유발되는 유도전류의 방향, N극에서 S극으로 향하는 자기장의 방향 및 도체의 운동방향 관계에 따라 파력 발전기를 거쳐 전기에너지로 전환된다(Fig. 2).

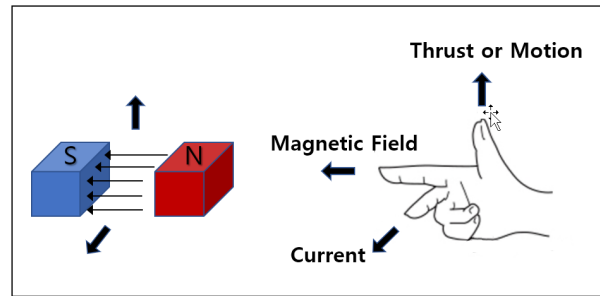


Fig. 2 Fleming's right hand rule.

해양의 재생 가능한 청정에너지를 이용한 발전기술은 화석연료 사용에 따른 환경오염과 자원고갈 문제를 극복할 수 있는 중요한 대체 에너지 기술이며, 또한 국제적 환경 규제에 대응하는 청정기술 확보라는 측면에서 매우 중요하다.

2.2 파력 발전 일반

파력 발전은 파랑의 운동 및 위치에너지를 이용하여 터빈을 구동하거나 기계장치의 운동으로 변환하여 전기를 생산하는 기술로, 파고가 높고 파주기가 긴 해역이 적지로 평가받고 있다. 한편 현재 상용화된 파력 발전의 종류는 운용 방식에 따라 가동 물체형, 진동 수주형 그리고 월파형으로 구분할 수 있으며(Table 2),

Table 2 Types of wave power generation method

Type	Concept	Characteristics
Oscillating body converter		Buoys use the rise and fall of waves to generate electricity in various ways including directly via linear generators.
Oscillating Water Column		With an air chamber integrated into the device, swells compress air in the chambers forcing air through an air turbine to create electricity.
Wave Overtopping		Long structures that use wave velocity to fill a reservoir to a greater water level than the surrounding ocean. The potential energy in the reservoir height is then captured with low-head turbines.

설치 방법에 따라 부유형, 고정형 그리고 파도 전달 집중형으로 구분할 수 있다(Table 3).

Table 3 Types of wave power generation Installation

Type	Characteristics
Floating type	- Electricity can be produced by movement of buoy. - Buoys can be installed at fixed structures or floating structures.
Fixed type	- Electricity can be produced by wave inside of cylindrical structures. - The water column that goes up and down sends a force to the air turbine and puts air into and out of the top of the cylinder.
Wave transmission concentrated type	- Waves collect into a channel which tapers into a large reservoir. - As the wave width decreases, the amplitude increases, enabling the wave travel up a ramp and pour into the reservoir. - Tapered channel system.

파력 발전의 실용화는 기술적인 어려움 극복과 함께 경제성 제고를 통한 발전단계 현실화가 관건이다. 그리고 이를 고려하여 다양한 파력 발전 방식의 실험이 수행되고 있다.

3. 소형선 파력 발전 시스템

3.1 대상 선박

Table 4에 보는 바와 같이 국내 소형 보트 중 1~5톤급 선박의 비중이 가장 높아, 대상 선박의 크기는 3톤급 선박으로 선정하였다. 파력 발전기의 선박 내 설치 위치는 개방형(opened type)과 내재형(enclosed type)으로 구분되며, Table 5에 각각의 특성을 비교하였다.

이에 파력 발전기를 검증하기 위한 대상 선박은 총톤수 3톤급 20인승 친환경 알루미늄 다이빙 보트로 정하였다.

Table 4 Status of domestic ship registration by size (Ministry of Oceans and Fisheries, 2017)

size (ton)	Sum	~1	1~5	5~10	10~50	50~200	200~
units	66,736	15,002	39,932	8,178	2,327	985	312
ratio	100%	22.5%	59.8%	12.3%	3.5%	1.5%	0.5%

Table 5 Comparison by installation location on ship

Opened	Enclosed
<ul style="list-style-type: none"> • Located on the upper deck with equipment. • Flexibility of production process • Flexibility of power generation • Reduced upper deck space utilization • Restricted flexibility of installation • Reduced stability by increased center of buoyancy 	<ul style="list-style-type: none"> • Located under the upper deck • Related process with hull construction • Fixed power generation • Maintain upper deck space utilization • Increased flexibility of installation • Less effect on stability

3.2 시동 축전지 잔량 모니터링

해상과 선적항에서 주기관 정지 시, 파력 발전기 가동에 따른 시동 축전지 상태를 선주에게 주기적으로 전송하여, 필요한 조치를 취할 수 있는 시동 축전지 잔량 모니터링 시스템이 필요하다. Fig. 3에는 시동 축전지 잔량 모니터링 시스템의 전체 흐름도를 나타내었다.

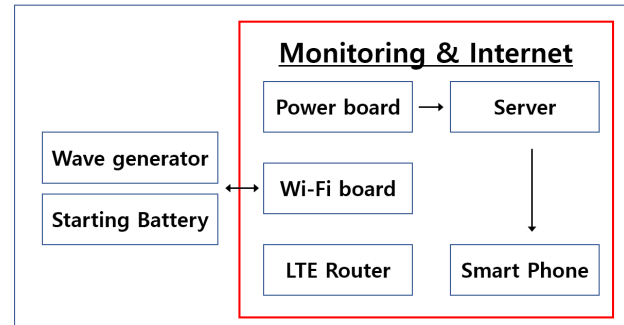


Fig. 3 The flow chart of the monitoring system

우선 스마트폰 등 모바일 장치에 가장 빠른 인터넷 속도를 제공하도록 설계된 4G 무선 통신 표준인 LTE를 통하여, 모니터링 구성품은 전원 보드, 와이파이 보드, LTE Router, 서버 그리고 스마트폰으로 구성된다(Fig. 4).

전체적인 시동 축전지 시스템 구성도는 아래와 같다.

- ① 시동 축전지의 잔량을 측정해서 서버로 측정데이터를 전송한다.
- ② 사용자의 PC와 휴대폰에서, 측정된 시동 축전지의 잔량 상태를 조회한다.
- ③ 사용자용 프로그램은 선박을 특정할 수 있도록 로그인을 한다.

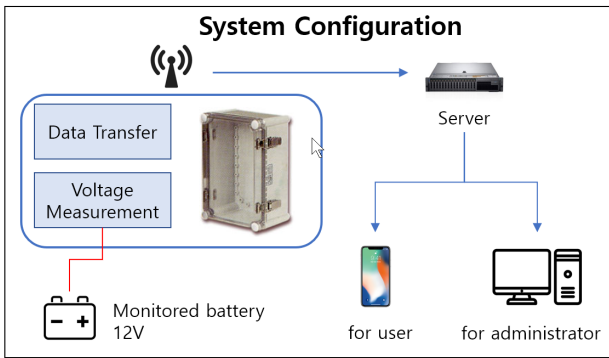


Fig. 4 The diagram of the monitoring system

- ④ 관리자는 여러 선박을 추가 관리 가능하도록 한다.
- ⑤ 관리자는 사용자의 로그인 계정을 관리한다.

시동 축전지 충전 상태 기준표는 Table 6과 같다.

Table 6 The reference table of battery

Voltage [V]	Charging rate [%]
11.66	20
11.96	40
12.24	60
12.50	80
12.73	100

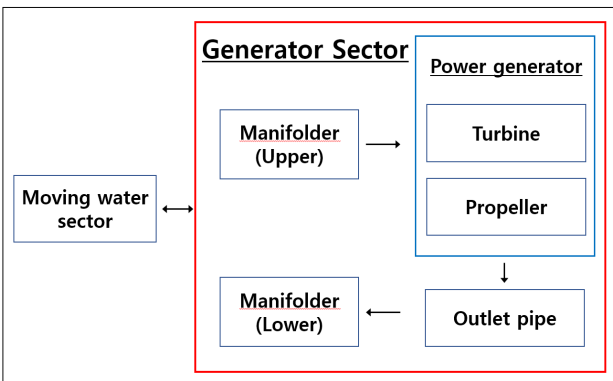


Fig. 5 The diagram of the wave power generator

4. 개방 수류형 파력 발전기 소형 선박

4.1 개방 수류형 파력 발전기 구성도

개방 수류형 파력 발전기를 구성하는 요소는 발전기창과 유동수창 그리고 주변기기로 구성되며, Fig. 5에 파력 발전기의 구성도를 나타내었다.

개방 수류형 파력 발전기의 원리는 선체 운동에 따라 유동수창의 유동수가 발전기창의 상부 매니폴드를 통해 터빈을 통하여 하

부로 이동하면서 중앙에 위치한 터빈을 회전시켜 유도기전력을 발생시키며, 발전기창 하부로 이동한 유동수는 하부매니폴드를 통해 반대편 유동수창으로 이동하게 된다.

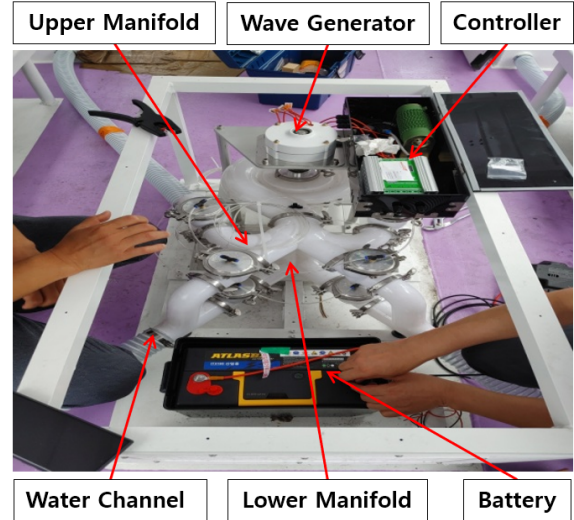


Fig. 6 View of the generator group

- ① 발전기창 : 파력 에너지를 파력 발전기 구동용 회전 동력으로 변환하는 장치이며, 아래 구성 요소가 파력 발전의 핵심 요소이다(Fig. 6).
 - 입수관
 - 상하부 다기관(manifold)
 - 파력발전기
 - 터빈(Turbine) : 파력 발전기 구동 기능
 - 배수관
- ② 유동수창 : 정선 시 해상 파랑에 의한 유동수 적재 공간이며, 아래 사항들을 조정하면 파력발전기 출력을 가감할 수 있다(Fig. 7).
 - 유동수창 크기
 - 유동수창과 발전기창 사이 거리
 - 배관경
- ③ 주변 기기 : AC/DC 컨버터(Converter), 컨트롤러 (Controller) 및 시동 축전지(Fig. 6)

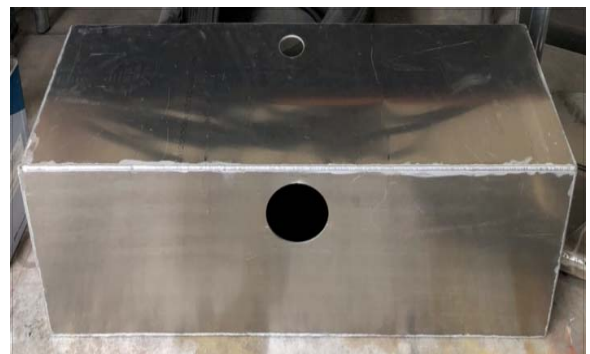


Fig. 7 Water tank

4.2 개방 수류형 파력 발전기 개발 및 설치

개방 수류형 파력 발전기를 구성하는 발전기창과 유동수창 배치는 아래 사항들을 감안하여 결정되었다 (Ryu et al., 2021).

- ① 파력 발전기 설치선 강성
- ② 진동 소음
- ③ 건조 작업성

Fig. 8은 파력 발전기가 설치되는 친환경 알루미늄 소형선박의 일반배치도를 보여주고 있다.

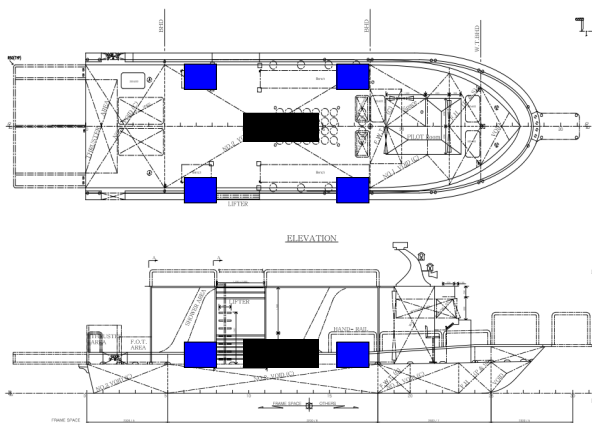


Fig. 8 GT 3.7 General Arrangement of AL Diving Boat (Opened flow type)

■ : Generator sector ■ : Moving water sector

본 파력 발전 시스템은 파력 에너지를 발전기 구동용 회전 동력으로 변환하는 장치이고 소형선박 파력 발전의 핵심 요소이며, 피칭(pitching), 롤링(rolling), 히빙(heaving) 등의 선박의 운동을 이용하는 방식이다.

파력 발전기의 개발 및 설치는 아래와 같이 수행되었다.

- ① 모델링(modeling) 및 초기 설계 ;
 - 설치선의 해상 파도에 의한 선체 운동 데이터 수집
 - 최소 발전 요구치 설정
 - 동력 변환 장치 형식 및 크기 배치
- ② 수치 계산 ; 모델링에 의한 예상 파도 유형의 발전량에 따른 동력변환장치 및 발전기의 최적 용량 계산
- ③ 상세 설계 : 계산 결과로부터 파력 발전기 기본 설계 수행 후, Fig. 9와 같이 모형 시험을 실시
- ④ 시제품 제작 ; 파력 발전기 시제품 형상은 Fig. 10과 같다.
- ⑤ 시제품 검수 ; 시제품 발전기창의 성능 점검
 - 누수 유무, 통수 원활함과 발전기 회전자 성능 점검
- ⑥ 개선 작업 ; 검수 과정에 따른 수정 보완
 - 발전기 회전자 불규칙성 확인 및 수정
 - 선체 지지대 설치 시 고려 사항 점검
- ⑦ 파력 발전 시스템의 설치선 장착 ;
 - 발전기창의 설치선 배치 및 유동수창 연결



Fig. 9 Typical view of Basic Design and Model test

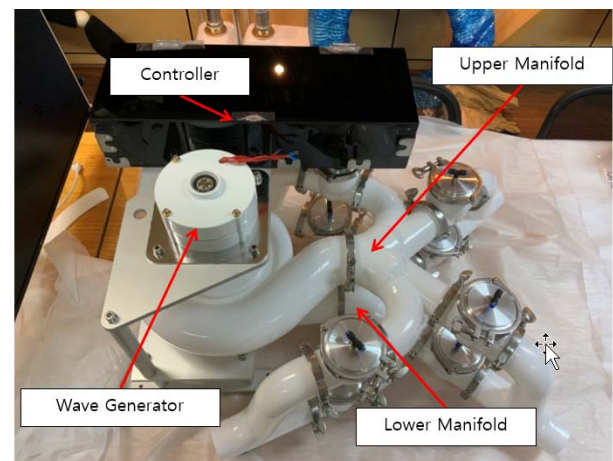


Fig. 10 The opened flow type wave power generator

4.3 개방 수류형 파력 발전기 출력 검증

소형선박에 적용되는 파력 발전기는 선박이 해상에서 주기관 정지 상태로 부유하고 있을 때 시동 축전지가 자연 방전되지 않도록 해야 한다.

개방 수류형 파력 발전기의 기본 원리는 해수 파랑의 유동에 따른 선박의 전후좌우 운동하는 선박에 설치된 유동수창 간의 흐름으로 터빈을 거친 에너지 변환으로부터, 터빈과 연결되는 파력 발전기에서 전류를 생산하여 시동 축전지 자연 방전을 방지하기 위하여 공급한다. 자연 방전은 무부하인 별도 전기 부하가 없는 상태에서 방전되는 것이며, 강제 방전은 기기 사용에 대한 전기 부하로 인하여 방전되는 것을 말한다. 따라서 파력 발전기는 선박의 주기관이 정지되었을 때, 시동 축전지의 완전 방전을 예방하고, 시동 축전지를 충전할 수 있도록 하는 재생 발전기이다.

일반적으로 시동 축전지에서 공급되는 전압이 11.6 V 이하일 경우 주기관은 작동하지 않으므로 시동 축전지는 12 V 이상의 전압을 가지고 있어야 한다. 또한 Fig. 11의 시동 축전지 충전에 대한 도표로부터 20A 공급 시 완전 충전(14.7 V) 이후 전류는 감소하여 시동 축전지 방전을 방지하기 위한 전류는 약 3A가 요구되

는 것을 볼 수 있다. 이를 종합적으로 고려하였을 때 파력 발전기는 최소 3A 이상 전류가 생산되어야 하며, 선박 주기관 정지 시 시동 축전지 방전을 방지하기 위해서는 전기 부하와 최소 1회 시동 시 사용되는 전압을 유지할 수 있도록 전기를 생산하여야 한다.

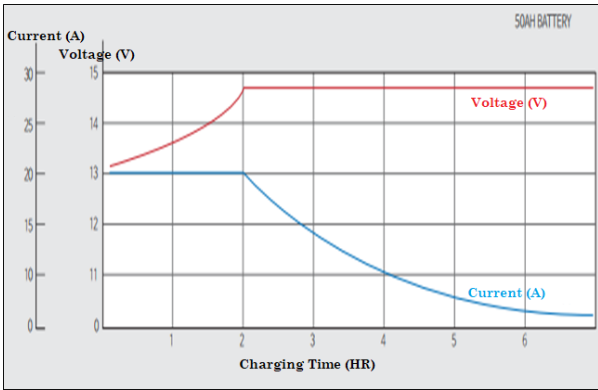


Fig. 11 Charging characteristics (Hankook & Company Co., Ltd., 2022)

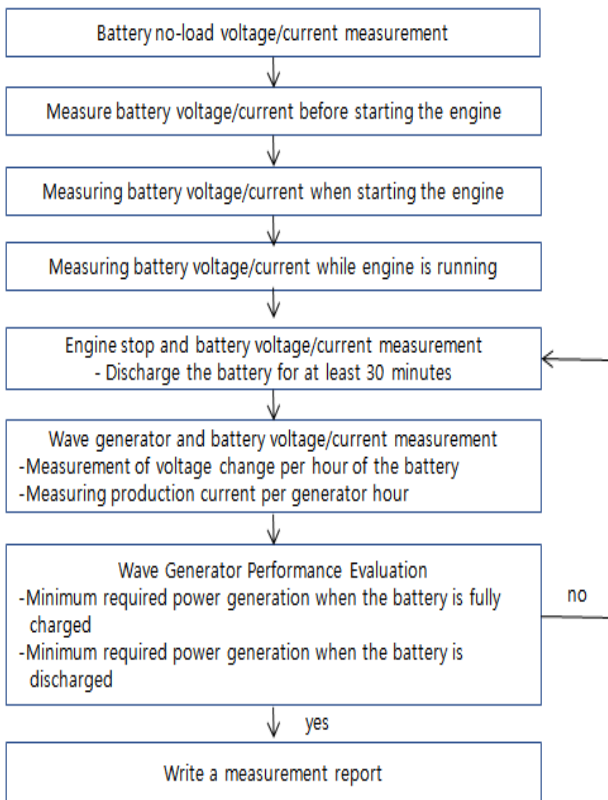


Fig. 12 The generator performance test measurement procedure

Fig. 12에는 성능 검증을 위한 파력 발전기 전류/전압 측정 절차를 나타내었다. 또한 파도 높이에 대한 파력 발전기 출력량 검증 목적으로 파도 높이를 측정하고, 과충전 여부를 판단하기 위해 시동 축전지 온도를 함께 측정한다.

4.4 개방 수류형 파력 발전기 소형 선박 실증

Table 7에는 파력 발전기 설치선 유동수창의 기본 치수를 보여 주고 있으며, Table 8에는 초기 조건을 보여 주고 있다.

Table 7 The characteristics of moving water tank

Unit (mm)	Tank Breadth	Tank Length	Tank Depth	Initial water depth	Width between tank	Distance between tank
	400	1,200	450	225	2,000	4,800

Table 8 The initial condition

Rolling (deg)	Pitching (deg)	Period (초)	Pipe diameter (mm)	Section Area (m ²)
5	3.5	2	60	0.003

외항에서 주기관 정지의 최초 평형 상태에서 정상낙차(H) :

$$H = 0.586 \text{ m}$$

이동 속도는 위치에너지와 운동에너지에 의해 결정됨으로,

$$V = (2gH)^{0.5} = 3.39 \text{ m/s}$$

시간당 유동수의 이동량(Q) :

$$Q = 0.0192 \text{ m}^3/\text{s}$$

이론적으로 발생하는 단위 시간당 출력에너지(P)는 다음과 같다.

$$P = Q \cdot H \cdot \eta_h \cdot \rho \cdot g = 104 \text{ W}$$

Q : Discharge in m³/s

H : Gross head in m

η_h : Hydraulic efficiency

ρ : Water density in kg/m³

g : acceleration of gravity in m/s²

최종적으로 단위 시간당 전기에너지는 P = 104 W 이며, 국내 소형 선박의 시동 축전지 방전을 방지할 수 있음을 확인하였다.

5. 내재 진동형 파력 발전기 소형 선박

5.1 파력 발전기 비교

Table 9에는 개방 수류형 파력 발전기와 내재 진동형 파력 발전기의 특성을 비교하여 보여 주고 있다 (Ryu and Yu, 2022).

내재 진동형 파력 발전기는 원통 형상의 내부에 자유 운동하는 네오디움 자석을 위치시키고, 원통 주변에 코일을 감은 발전기창을 선체에 고정하는 것으로 구성되며, 파도에 의해 선박이 운동

하게 되면 중력에 의해 네오디움 자석이 운동하게 되고, 이로 인해 유도기전력 발생하게 된다.

Fig. 13은 개방 수류형 파력 발전기 설치선으로부터 착안된 내재 진동형 파력 발전기가 설치된 선박의 일반배치를 보여 주고 있고, Fig. 14에는 내재 진동형 파력 발전기장 개념안을 표현한 정면도 형상을 도시하였다.

Table 9 Comparison of two power generation types

Opened flow type	Enclosed vibrator type
<ul style="list-style-type: none"> Power is generated by the turbine rotation induced the water flow between sector. Required minimum water head in tanks 	<ul style="list-style-type: none"> Power is generated by the change of magnetic flux inside generator sector due to the motion of the ship caused by the wave Required minimum distance for oscillation of pendulum

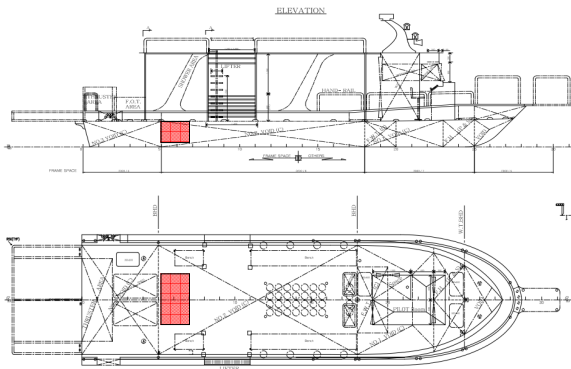


Fig. 13 GT 3.7 General arrangement of AL diving boat (Enclosed type)

■ : Enclosed vibrator type wave generator

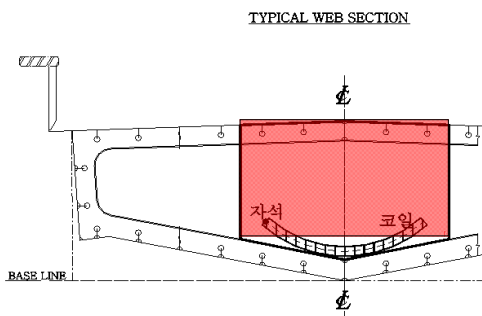


Fig. 14 GT 3.7 Typical web section of AL diving boat

5.2 내재 진동형 파력 발전기 유도 기전력

일괄 진동형 파력발전의 자계에 의한 유도기전력의 ‘크기’와 ‘방향’은 ‘노이만의 법칙’으로 정리된다.

$$de = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

여기서,

de : 유도기전력 발생량

(-) : 유도기전력은 코일 쇠교자속의 변화를 방해하는 방향으로 발생함

N : 코일을 감은 권수, 권수 비례해서 전압 발생함

$d\Phi$: 쇠교자속 변화량

dt : 시간 변화량

파력에 의한 ‘선박의 6 자유도 운동’ 연관된 코일 운동과 중력에 지배받는 코일 내부 자석의 상호 작용으로 쇠교되는 자속 변화에 따라, 식 (2)와 같이 유도기전력(e)이 발생한다.

$$e = -N\omega\Phi \quad (2)$$

N : 코일을 감은 권수

ω : 각속도 ($= 2\pi f$)

$\Phi = BS$: 쇠속자교

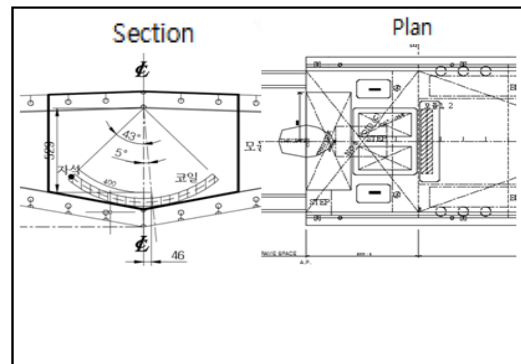


Fig. 15 Overview of the enclosed vibrator type

Fig. 15에는 내재 진동형 발전기장의 기본 치수를 보여주고 있다. 초기 경계 조건은 설치선각과 승선원 동선 및 이동성을 감안하여 Table 10과 같이 설정하였다. 이때 선박의 운동은 롤링만을 고려하였다.

Table 10 The designed values for enclosed vibrator type

r	θ	l	T	f	w
[m]	[rad]	[m]	[s]		
0.6	0.17	0.1	2	0.5	3.14
N	B	a	S	Φ	e
AWG 38, D=0.101mm	[T/m ²]	[m]	[m ²]	[T]	[V]
990	0.35	0.05	0.00785	0.00275	8.5

외항에서 주기관 정지의 최초 평형 상태에서 파랑에 의한 롤링만 고려하면, 네오디움 자석의 진폭(ℓ)은,

$$l = r \times \theta = 0.1m \quad (3)$$

r ; 회전반경
 θ ; 회전각

이 상태에서 주파수에 따른 각속도는,

$$\omega = 2\pi f = 3.14 \tag{4}$$

다음 단계로 네오디움 자속 밀도, 코일을 감은 권수(N), 코일의 반경으로부터,

$$S = \pi a^2 = 0.00785 [m^2] \tag{5}$$

$$\Phi = BS = 0.00275 [T] \tag{6}$$

a ; 코일 반경

식 (2)로부터 Table 10의 일괄 진동형 파력발전기 한 기에서 8.5볼트(V) 유도기전력을 추정할 수 있으며, Fig. 11의 상용화된 시동 축전지에 충전되도록 최소한 직렬 두 개의 발전기 설치 시 17볼트(V) 이상의 유도기전력이 창출되어 시동 축전지의 방전을 방지하며 충전시킬 수 있다.

6. 결론

현재 전 세계적으로 재생에너지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있고, 풍력발전기 뿐 아니라 파력 발전기에 대한 관심도 증대되고 있다. 본 논문에서는 선내 개방형 파력 발전 시스템을 개발하여 다이버 운송용 소형 알루미늄 레저선박에 적용하여 파력 발전 시스템의 활용성을 실증하였고, 이를 바탕으로 소형선 파력 발전기가 실용화되도록 내재형 일괄 진동 파력발전기의 개념설계를 완료하였다.

이처럼 소형선에 파력발전 시스템을 적용함으로써 저 비용으로 부가적인 재생에너지 창출할 수 있는 친환경 선박 건조할 수 있음을 확인하였다.

후 기

이 논문은 2019학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(C-D-2019-1545).

References

Choi, H.S., 2017, Ship with electric power generation device using wave force, *Korea Patent Registration No. 10-1774442*, 2017.08.

Hankook & Company Co., Ltd(2022), *ATLASBX Catalog*, Available at : <https://www.hankook-atlasbx.com/>

Kim, B.C. and Lee, M.Y., 2013, Wave activated generator for ship, *Korea Patent Registration No. 10- 1255728*, 2013. 04.

Korea Maritime Safety Tribunal, 2016, *Distribution by factors of fishing boat accidents in 2016*, Available at : <https://www.kmst.go.kr/>

Ministry of Oceans and Fisheries, 2017, *Registered fishing vessel statistics*, Available at : <https://www.mof.go.kr>

Ministry of Oceans and Fisheries, 2017, *Status of domestic ship registration by size*, Available at : <https://www.mof.go.kr>

Ryu, K.S., Jeong, S.G., Choi, B.K., Nam, S.J., Lee, D.H., Kang, S.J., Kim, J.S., Lee, Y.W., Jang, H., Song, I.C. and Ahn, H.J., 2021, The opened wave power generator on small ship, *2021 Annual Autumn Conference of The Society of Naval Architects of Korea*, Gunsan, Korea, 2021. 11

Ryu, K.S. and Yu, B.S., 2022, The wave power generator of modulated vibration type on small ship, *2022 Joint Conference of The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies*, Jeju, Koera, May 2022.



류기수

강성진

유병석