

접이식 풍력 Sail 돛 제어장치를 적용한 친환경 태양광 레저보트의 성능평가

문병영¹ · 이성범² · 이기열[†]

(Received October 1, 2015 ; Revised January 14, 2016 ; Accepted March 15, 2016)

A study on the performance evaluation and technical development of an eco-environmental photovoltaic solar leisure boat with applied sail control device

Byung-Young Moon¹ · Sung-Bum Lee² · Ki-Yeol Lee[†]

요약: 본 기술개발의 목적은 선박제조에 적용되는 태양광 발전시스템 및 풍력 Sail 돛 제어장치 설비를 이용하여 친환경 레저보트인 ‘풍력 Sail 돛 제어장치를 이용한 태양광 레저보트’ 시제품을 제작 및 개발하는데 주안점이 있으며, 이 과정에서 제작된 시제품에 대한 성능평가를 수행하여 제반 평가항목에 대한 정량적 수치 및 개발 목표치를 확보하고자 함에 있다. 특히, 평가항목 중 중요 항목에 해당되는 Sail Up/Down System 및 Mast Turning System과 관련하여 최적의 풍향 및 풍속을 적용할 수 있는 돛 제어장치의 특성(시간, 각도 등)을 평가하는데 신중한 검토를 하였으며, 기타 평가항목 중 주요 항목에 해당하는 풍향 감지 정도(%), 순간 충전 최대 전력(W) 및 최대 운항 시간(hr) 등에 대해서도 최적의 정량적 수치를 획득하는데 그 중요성을 두었다.

주제어: 태양광 발전시스템, 세일 돛 제어장치, 성능시험, 순간 최대 충전 전력, 마스트 회전 각도, 돛 상승/하강 속도

Abstract: As a new technical approach, the achievement of an eco-environmental leisure boat with a photovoltaic system is attempted by simultaneously actuating nine photovoltaic solar panels, in association with an applied sail control system by use of wind. In this approach, the photovoltaic system consists of a solar module, an inverter, a battery, and relevant components, while the sail control device is equipped with a sail up/down and mast-turning instrument. Furthermore, this research conducts a performance evaluation of the manufactured prototype and acquires the purposed quantity value and the development purpose items. The significant items-sail up/down speed (seconds) and mast turning angle (degrees)-are evaluated during the performance test. In the process of the performance evaluation, a wind direction sensitivity of 90% and a maximum instant charging power of 900 W were also obtained. In addition, the maximum sail time is evaluated in order to acquire the optimum quantity.

Keywords: Photovoltaic generating system, Sail controlling device, Performance evaluation, Maximum instant charging power

1. 서론

현재 세계적으로 신재생에너지 개발 현황을 살펴보면, 풍력발전의 경우 풍속 미달로 인해 풍력발전에너지의 발전효율은 한계성에 직면해 있는 반면, 신재생에너지에 해당하는 풍력을 동력원으로 이용하는 점에 있어서는 미국, 일본 등의 선진국을 위주로 하여 상당히 빠른 속도로 기술개발이 이루어지고 있는 추세이다. Figure 1에서 보는 바와 같이 순풍을 동력원으로 하면서 운항하는 요트(yacht)의 경우에도 디자인, 선형, 성능, 재질 등에 있어서 나라별로 상당히 기술적 격차가 존재하고 있으며 그 경쟁력의 중요성은 크게 증가하고 있는 실정이다[1].

태양광 발전시스템의 경우 태양광 집광판 모듈을 포함하

여 인버터, 배터리 등 제반 전기설비 등으로 구성되는 시스템을 말하며, 발전 시스템에는 크게 고정식과 추적식이 있다. 고정식의 경우 시시각각 변화하는 태양의 발전량에 따른 전류의 변화를 지상 혹은 선상에 고정된 상태에서 감지하며, 태양광 에너지를 전기(산업용, 가정용)로 변환시켜주게 된다. 추적식 태양광 발전장치는 태양광의 위치 및 방향을 추적하는 구동설비를 장착하여 태양을 추적하는 장치에 해당되며 비용이 상당히 고가인 반면, 고정식 대비 130~150%의 높은 발전효율을 보여준다[2].

태양광 발전시스템의 경우에도 다른 신재생에너지와 비교 시 상대적으로 발전량이 다소 저조하며, 설치시 고가의 설비가 요한다 단점이 있는 반면, 일조량 및 지역적 환경을 충분

† Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6824-9409>): Shipbuilding and Ocean Technical Manpower Agency, Kunsan National University, E-mail: kimhynhe1@naver.com, Tel: 063-469-1858

1 Department of Naval Architecture, Kunsan National University, E-mail: moonby20@hanmail.net, Tel: 063-469-1854

2 Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University, E-mail: space489@naver.com, Tel: 051-510-1424

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.

히 활용할 경우 신재생에너지 발전 효율성은 그다지 저조하지 않으며 향후 지속적으로 적용이 검토되고 있는 추세이다.

아울러 근래 해상 물동량 증가로 인하여 선박의 에너지 수요는 점점 늘어나고 있으나, 이러한 에너지 수요는 유한 자원인 화석연료의 소모와 함께 지구온난화, 환경오염 등으로 인해 지구환경에 전반적으로 나쁜 영향을 주고 있다. 따라서 화석연료를 사용하는 에너지 사용량을 감소시키는 유도가 필수적이며 신재생에너지, 무공해 그린 에너지원(여기서는 풍력, 태양광을 포함)을 선박에서도 활용하는 연구가 필요한 실정이다(Figure 1 과 2 참조 요망).

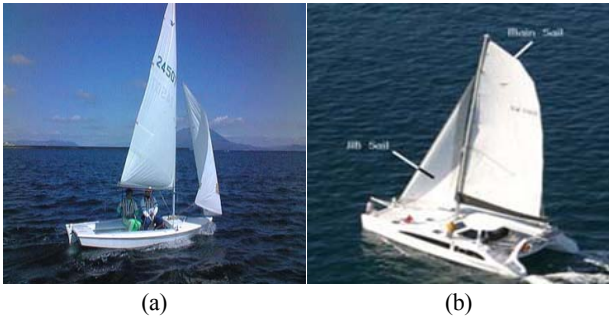


Figure 1: Actual view of an eco-environmental sailboat with sail and mast itself (a), (b)

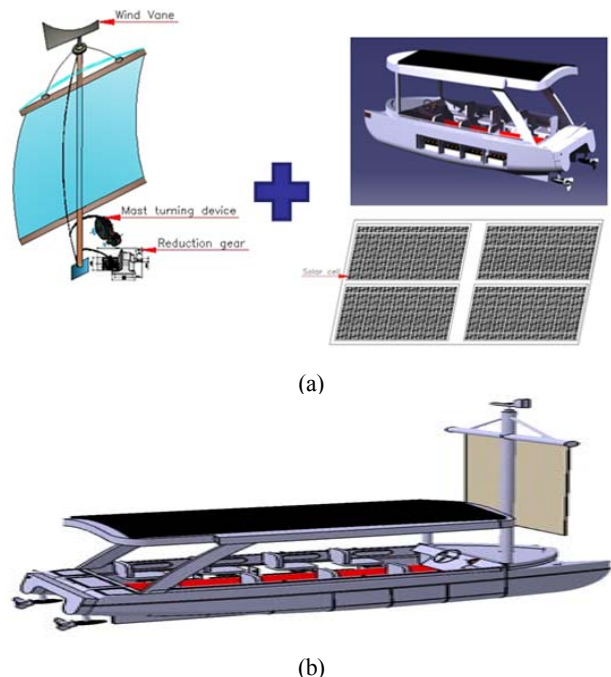


Figure 2: Schematic diagram showing a photovoltaic hybrid generating system (wind + solar energy)(a), eco-environmental leisure boat with same system(b)

본 기술개발에서는 태양광 발전시스템을 통해 얻어진 발전량을 이용하여 선미 후위에 설치된 전기모터(2EA)를 구동시키면서 자체 추진력(driving force)을 얻도록 친환경 레저보트를 구상하였다. 이 과정에서 Sail 돛 제어장치를 이용하여

풍력을 추진원으로 동시에 이용하면서 전기엔진을 사용하지 않는 상태에서 풍력 및 태양광 등의 신재생에너지를 이용하여 레저보트를 운항시키는 친환경 신재생에너지 융합시스템을 도출하고자 하였다.

아울러 본 개발에서는 태양광 레저보트에 풍력 Sail 돛을 장착하여 그린에너지를 이용한 레저보트를 제작 후 성능검증 및 범용성을 확보하여 상용화하고자 하였다. 여기서 풍력 Sail 돛은 모터구동을 통하여 상승 및 하강이 가능한 구조로서 ‘접이식 Sail 돛’으로 제작하고자 목표를 설정하였다는 점은 특기사항에 해당된다. 풍력 추진장치의 핵심기술을 확보하고 태양광 레저 보트에 소비되는 에너지를 절감하는 태양광 하이브리드 발전시스템을 개발하여, 이를 육상 모의시험과 컴퓨터 시뮬레이션을 거쳐 안전성을 평가한 후, 선박에 장착하여 선박의 연료 절감 효과와 배출 오염 감소, 해양관광에 기여할 수 있는 레저보트를 개발하는데 본 기술개발의 추진 배경이 있다[3][4].

본 기술개발의 목적은 선박제조에 적용되는 태양광 발전시스템 및 풍력 Sail 돛 제어장치 설비를 이용하여 친환경 레저보트인 ‘풍력 Sail 돛 제어장치를 이용한 태양광 레저보트’ 시제품을 제작 및 개발하는데 주안점이 있으며, 이 과정에서 제작된 시제품에 대한 성능평가를 수행하여 제반 평가항목에 대한 정량적 수치 및 개발 목표치를 확보하고자 함에 있다. 특히, 평가항목 중 Sail Up/Down 및 Mast Turning System과 관련하여 최적의 풍향 및 풍속을 적용할 수 있는 돛 제어장치의 특성(시간, 각도 등)을 평가하는데 신중한 검토를 하였으며, 기타 평가항목 중 주요 항목에 해당하는 풍향 감지 정도(%), 순간 충전 최대 전력(W) 및 최대 운항 시간(hr) 등에 대해서도 최적의 정량적 수치를 획득하는데 중요성을 두었다.

2. 레저보트의 모델링 및 시제품의 제원

본 개발에서는 소모성 연료를 이용하는 전기엔진을 이용하지 않고 재생에너지에 해당되는 풍력 및 태양광을 이용하면서 친환경 레저보트를 자체 제작하고자 하였다. 특히, 기존의 단순한 신재생에너지의 범주를 벗어나, 풍력 Sail 돛 제어장치 + 태양광 발전장치로 크게 구성되는 태양광 하이브리드 발전시스템을 적용하면서 풍력 + 태양광을 동시에 이용하는 신개념의 친환경 레저보트 시제품을 제작하고자 하였다[5][6].

먼저 ‘풍력 Sail 돛 제어장치를 이용한 태양광 레저보트’ 시제품의 구현에 대한 설계작업을 수행하였으며 초기 개념설계 및 점진적인 상세설계 작업공정을 통해 시제품을 가시화하고자 하였다. Figure 3에 본 기술개발에서 목표로 하는 시제품에 대한 상세설계 도면을 나타내었다. 친환경 레저보트와 관련, 설계도면의 측면도(a), 정면도(b) 및 평면도(c)에 대한 설계도면 형상이 보여진다. 설계작업 후, 구조적 안정성 (Structural stability)을 검증하기 위해 자체적으로 구조해석을 수행하였으며, 검토 결과 특이사항은 나타나지 않았다 (Figure 4 참조).

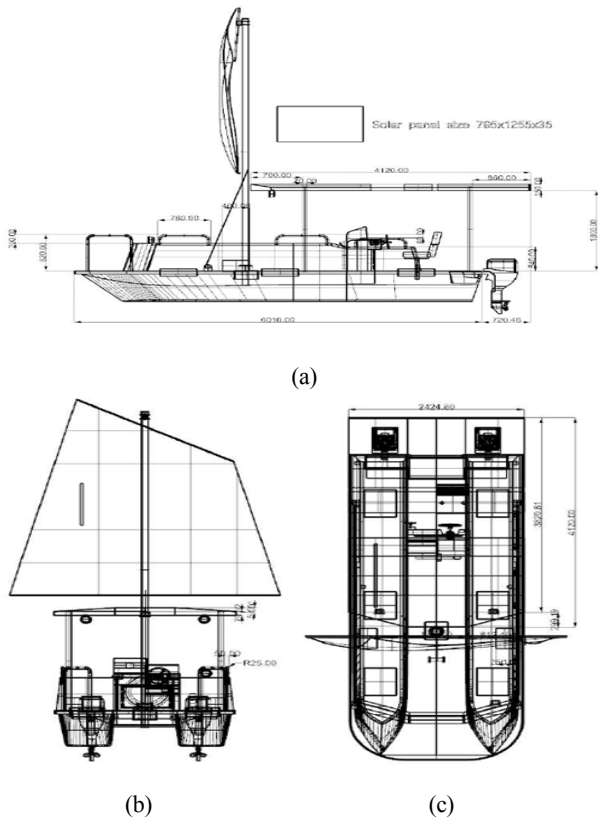


Figure 3: Drawing image with respect to eco-environmental leisure boat with a photovoltaic hybrid generating system ; (a) elevation, (b) section and (c) plan

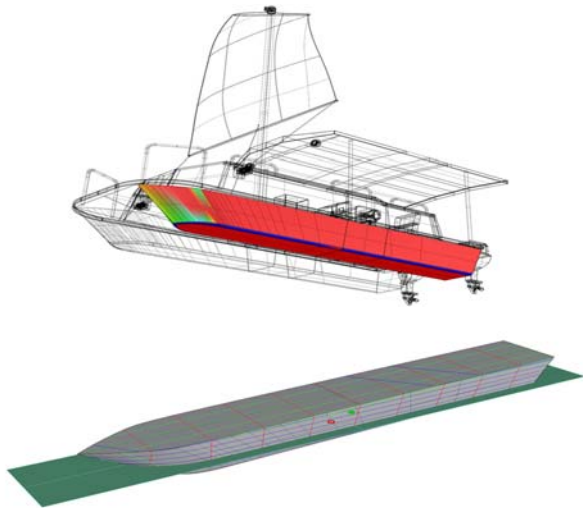


Figure 4: Several schematic modelling image for structural analysis as to the prototype with a photovoltaic hybrid generating system

3차원 모델링의 경우 3D-Modelling Tool(3D-MAX)를 활용하여, ‘풍력과 태양광’ 등의 신재생에너지를 적용한 친환경 레저보트의 3차원적인 개략도를 Figure 5에 도시하여 친환경 레저보트 설비의 가시화 및 구현에 대한 모델링 작업을 하였다. 본 기술개발의 목표물에 해당하는 ‘풍력과 태양

광’ 등의 신재생에너지를 이용하여 운항하는 친환경 레저보트의 제원 등에 대해 설계작업시 사전에 신중한 검토를 하였으며, Table 1에 레저보트에 대한 제원이 나타나 있다.

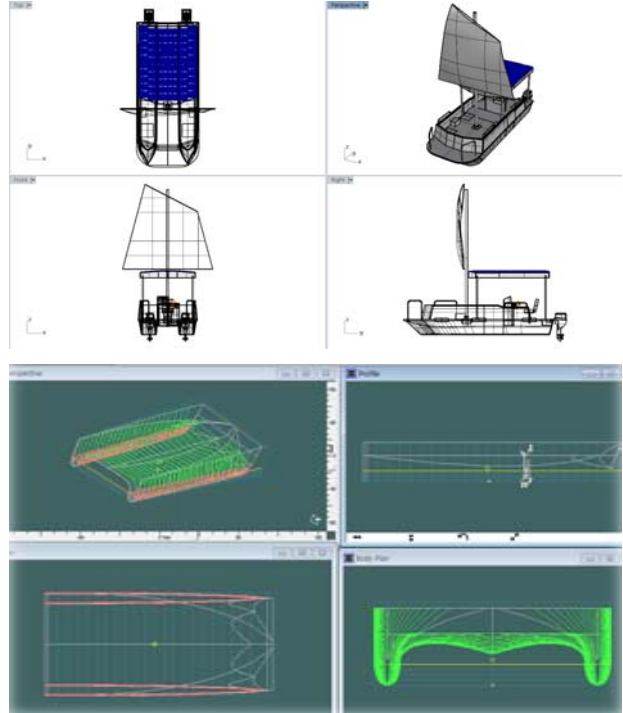


Figure 5: 3D-Modelling image as to the prototype with a hybrid generating system (wind + solar energy)

Table 1: The specific dimensions of the eco-environmental leisure boat used for this study

Prototype	FRP Leisure Boat
Length(mm)	5800
Width(mm)	2300
Height(mm)	3000
Weight(kg)	700~800
Material	FRP
Noise(db)	50~55
Main Engine	24V(DC) Motor * 2
Main Fuel	Photovoltaic
Battery Capacity	24V(DC) * 150AH * 2
Maximum Crew	8
Battery Charging Hr	8.5

풍력 Sail 돛 제어장치를 이용한 태양광 레저보트 기술개발과 관련, 태양광 집광판(solar cell panel, module)의 경우 총 9개의 판넬을 사용하였으며 Figure 6에 본 기술개발 과제에서 친환경 태양광 레저보트에 적용된 태양광 집광판의 실제 제품 사진 전경이 보여진다. 집광판과 연계하여 중요한 충전 제어 모듈에 해당하는 인버터(inverter)의 경우에는 모델명 TS-45 제품을 이용하였으며 최대 24V/45A(=1,080W)의 용량을 가지고 있다. 인버터와 연계하여 설치되

는 전원공급용 축전지의 경우, 24V(DC)/150AH에 해당되는 용량을 가진 구성품에 해당된다.

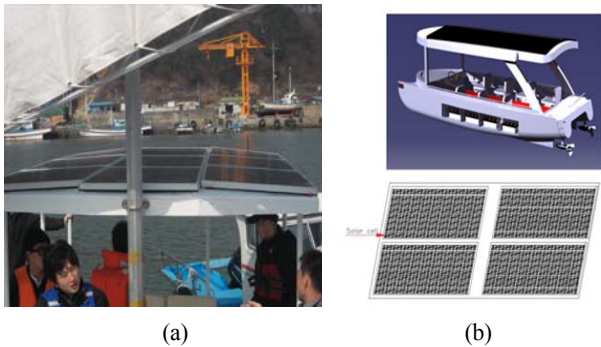


Figure 6: Actual image to show the photovoltaic panels used for photovoltaic generating system (a), its schematic assembled modelling image (b)

기술개발의 성능 목표수치와 관련, **Table 2**에 각 제반 평가항목에 대한 정량적인 수치 및 목표치가 명시되어 있다. **Table 2**에 있는 평가항목을 검토해 보면, Sail Up/Down Speed(120 sec.) 및 Mast Turning 각도(45 degree)가 많은 비중(각각 30%)을 차지하면서 중요한 평가항목에 해당된다는 것을 알 수가 있다. 이를 위해 Sail 및 Mast에 대한 구조해석을 외부 전문기관에 위탁하여 성능시험시 필요한 기초자료로 활용하였다. 특히, 높은 태양광 발전 효율을 얻는데 필요한 최적의 일조량, 풍력 구동에 영향을 주는 풍향 및 풍속 조건 등의 여러 변수 등을 감안하여 Sail 상하이동 및 Mast 회전각도 등을 사전에 검토해 보기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 자체적으로 수행하였다.

풍향 감지 정도(%)의 경우 기존과 비교시, 개발목표치를 상향조정하였으며(60% < 100%), 순간 최대 충전 전력(W)의 경우 기존 수치(600W)보다 증가된 1,000W의 수치를 개발 목표로 하였다. 특히 성능평가지 운항 시간과 관련하여, 사업성과의 신뢰성(reliability) 확보를 위해 개발목표치(3hr)에 거의 근접한 최대 운항 시간을 확보하고자 풍력 및 태양광을 최대한 활용하면서 태양광 하이브리드 발전시스템을 시제품에 적용하고자 하였다. 최종평가 시에는 KOLAS 공인인증기관 감독관 임회하에 본 연구에서 제작된 시제품에 대한 성능평가를 시행하였다.

Table 2: Several performance evaluation items for this study

Item	Unit	Perc. (%)	Domestic	R&D Purpose
1. Wind Direction Sensitivity	%	15	60	100
2. Sail Up/Down Speed	sec	30	150	120
3. Mast Turning Angle	degree	30	30	45
4. Maximum Instant Charge Power	W	15	600	1,000
5. Maximum Sail Time	hr	10	2	3

3. 시험분석 및 고찰

3.1 풍력, 태양광 레저보트 시제품 제작

본 기술개발에서 태양광 집광판 (9개에 해당) 및 인버터의 경우 사업비의 경제성을 감안하여 국내 태양광 발전 관련 전문업체를 통해 구매하는 경로를 통해 준비하였다. 신재생에너지에 해당되는 풍력, 태양광을 동력원으로 한 친환경 레저보트에 적용되는 각종 개별 구성품들의 전경이 **Figure 7**에 제시되어 있다.

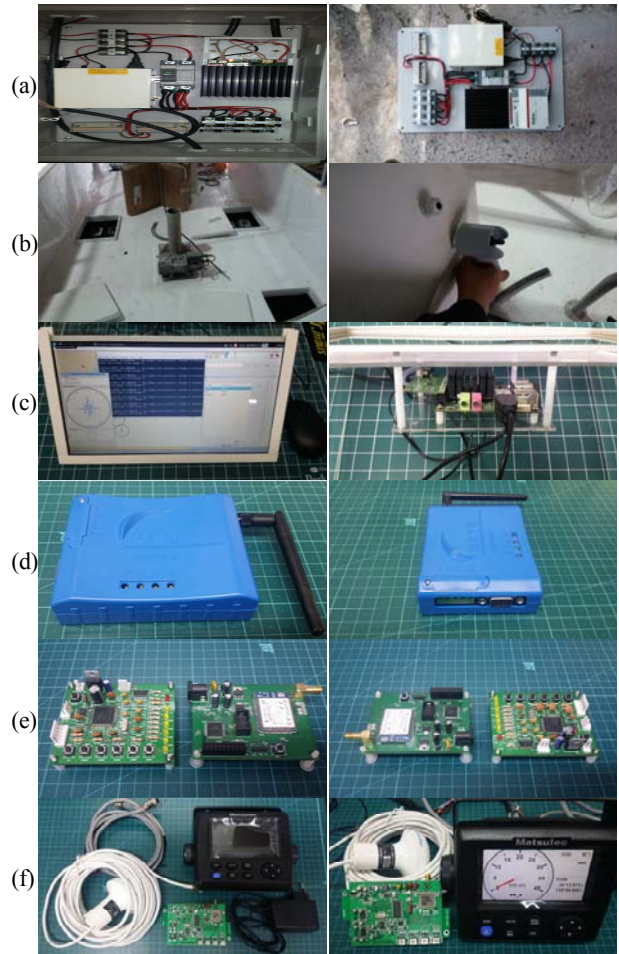


Figure 7: Image of individual components used for eco-environmental leisure boat for this study ;

- (a) charge controlling module (inverter)
- (b) sail controlling module
- (c) leisure boat monitoring system
- (d) METS
- (e) device (black box) for registering boat sailing
- (f) device for ship's location and identification

Figure 7에서 보는 바와 같이 친환경 레저보트의 핵심 구성품에는 충전 제어 모듈인 인버터를 포함하여 Sail 돛 제어 모듈, 선박 모니터링 시스템, 선박 비상 전송장치(METS), 선박 주행상태 기록장치(여기서는 black box를 의미), 선박 위치 측위 및 선박 식별장치, 속도계, 각종 시험설비 및 선

박 내항성 모듈 등이 해당되어진다. 아울러 인버터와 연계하여 설치되는 전원공급용 축전지, Sail 상승 및 강하용 윈치, 축전지로부터 전원을 공급받아 작동되는 전기모터(24V DC, 2EA), 프로펠러 제어부, 전기모터를 통해 작동되는 프로펠러(2EA) 등의 내부 구성품 전경이 Figure 8에 보여진다.

선체 Hull은 FRP재질을 이용하였으며, 초기 제작한 상세 설계 도면에 준해 모든 공정준비를 하였고 각종 FRP 소재의 구성 부분들은 CP(Cutting Plan)에 준해 절단, 준비 및 조립을 하였다. 특히 오작 및 치수불량 등을 사전에 예방하기 위해 제작 공정시 자주검사, 품질검사 등을 통해 치수 및 공정관리를 하도록 하였다. 이를 위해 주관 및 참여기관 간에 사전 협의 및 자체 검사 등을 통해 공정관리를 하였으며, Figure 9에 본 개발에서 목표로 하는 친환경 레저보트 시제품 제작공정 전경이 보여진다.

상기 FRP 선체 Hull의 골격을 토대로 하여 태양광 집광판, 인버터, 축전기, 전기모터, 프로펠러 추진부 등의 각종 구성품을 연결하여 친환경 레저보트 시제품을 조립하였으며, Sail 돛 제어부, 관련 구성품 및 각종 모니터링 시스템 등을 연계하여 설치함으로써 본 기술개발에서 목표로 하는 ‘풍력 Sail 돛 제어장치를 이용한 태양광 레저보트 시제품’을 제조하였으며 Figure 10에 완성된 최종 시제품의 전경이 보여진다.

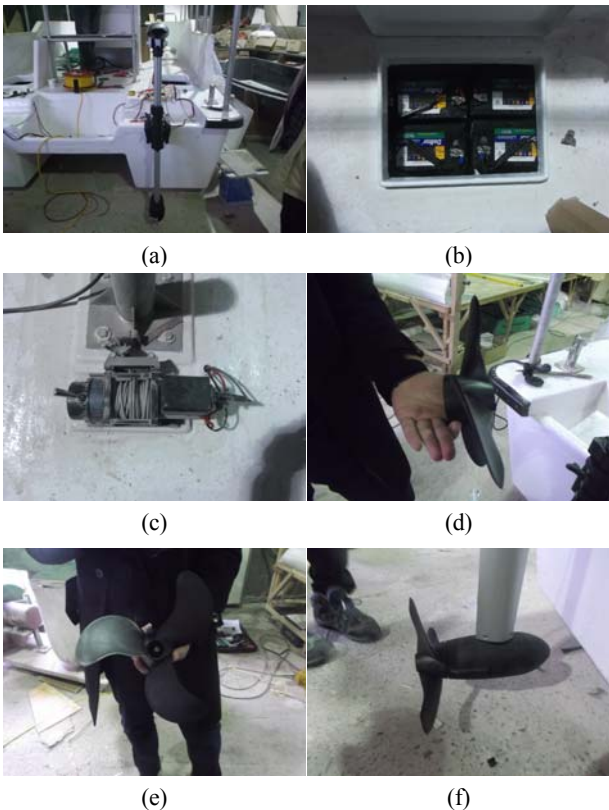


Figure 8: Image to show the main components as to the eco-environmental leisure boat ;

- (a) propeller controller, (b) battery to charge
- (c) winch for sail up/down, (d) propeller/side
- (e) propeller/front, (f) assembled propeller



(a)



(b)

Figure 9: Image of main frame of leisure boat hull(a), Image of Internal components leisure boat hull in the process of the fabrication (b)



Figure 10: Image to show the manufactured prototype of eco-environmental leisure boat with wind and solar energy

3.2 성능시험 수행 및 평가시 정량적 수치 확보

시제품을 제작한 후에는 정상적으로 작동되는 여부를 확인하고자 제반 주요 구성품을 시험 대상으로 하여 시운전(test operation)을 수행하였다. 이 과정에서 태양광 집광판, 인버터 및 배터리의 정상 작동여부, 풍력 Sail 돛 제어장치의 작동상태, Sail Up/Down 및 Mast Turning 시 밸런싱(balancing) 동작상태, 안정성 및 선박 복원성 상태 등 각종 변수를 고려하여 내부 점검 및 수정작업을 시행하였다. 이후 본 과제에서 최종 목표로 하는 성능평가를 외부 전문 시험기관(KOLAS 인증기관) 감독관 회의를 통해 2장에서 언급한 5개의 평가항목에 대해 시행하였다.

성능평가 시 목표로 하는 5개의 평가항목(풍향 감지 정도, Sail Up/Down Speed, Mast Turning 각도, 순간 최대 충전 파워, 최대 운항 시간 등)에 대해 개별적으로 시험평가를 시행하였다. Figure 11에 성능시험을 수행하고 있는 친환경 레저보트의 전경이 보여진다. Figure 12의 경우 성능시험

시 친환경 레저보트의 운항 속도를 자체적으로 가감하면서 운항한 레저보트의 이동경로를 나타낸 자료이다. 운항속도는 보트 주행 시 평균 4~5knot를 유지하면서 성능시험을 수행하도록 하였다[7].

우선, 풍향 감지 정도(%)의 경우 평가하고자 하는 풍향, 풍속에 대한 감지 및 민감도 정도 등을 해양용 풍향/풍속계(디지털식 계측장비)를 이용하여 측정하였으며, 디지털식 풍향풍속표시기를 이용하여 목표치에 거의 근접하는 90%에 해당하는 감지 결과를 획득하였다. Sail Up/Down시 소요시간(sec)의 경우 2.2M의 Sail을 상승 및 하강 하면서 왕복하는데 소요되는 시간을 stop watch로 측정하였다. Sail Up/Down시 왕복 소요시간은 1min 40sec(100sec)를 기록하였으며 목표치(120sec) 시간을 단축하는 데이터를 기록하였다. Mast Turning 각도(degree)의 경우 좌향 및 우향으로 Mast Sail을 회전시 최대 회전각도를 측정하였으며 목표치에 근접한 45 degree의 수치를 획득하였다.

순간 최대 충전 전력(W)과 관련, 통상 실제 실험할 경우, 시간당 0.797~ 0.897Kw 정도에 해당 됨을 감안하여 순간적인 충전시 최대전력을 측정하고자 하였으며, 목표치(1000W)보다 조금 낮은 900W의 수치를 확보하였다. 마지막으로 최대 운항 시간(hr)의 경우 본 친환경 레저보트가 신재생에너지인 풍력과 태양광을 이용하여 구동 및 운항하는 점을 감안하여, 일조량이 풍부하면서 순풍을 얻을 수 있는 청명한 날씨를 택하였으며 목표치에 근접한 3시간의 운항시간을 기록하는 성능시험을 수행하였다.

Table 3: Results as to performance evaluation items

Item	Unit	Perc. (%)	R&D Purpose	Result
1. Wind Direction Sensitivity	%	15	100	90
2. Sail Up/Down Speed	sec	30	120	100
3. Mast Turning Angle	degree	30	45	45
4. Maximum Instant Charge Power	W	15	1,000	900
5. Maximum Sail Time	hr	10	3	3



Figure 11: Image to show the manufactured prototype of eco-environmental leisure boat under the performance evaluation

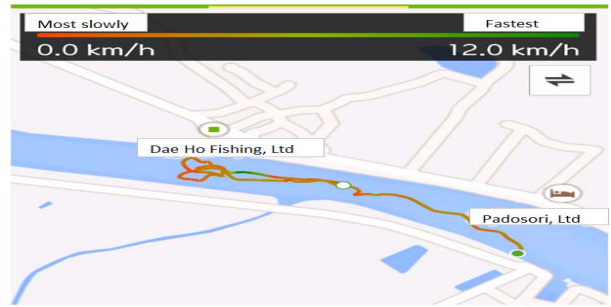


Figure 12: Image to show the test root of the manufactured prototype under the performance evaluation

3.3 성능시험 관련 개별특성에 대한 고찰

3.3.1 풍향 감지 정도 및 순간 최대 충전 전력

성능시험의 평가항목인 풍향 감지 정도를 측정시에는 해양용 풍향풍속계(선박용 풍향풍속 표시기)를 이용하여 풍향(wind direction), 풍속(wind speed)의 상태를 측정하였다. Figure 13에 본 기술개발의 성능시험시 실제 적용하여 이용한 풍향풍속계 계측장비 전경이 보여진다[8][9].

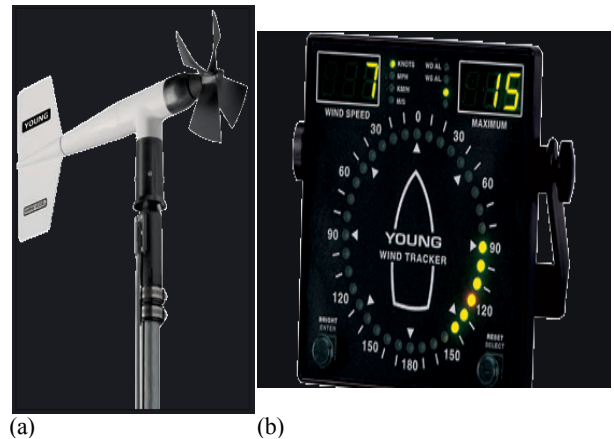


Figure 13: The view of calibration instrument for measuring wind direction and speed; (a) view of instrument, (b) digital type of indicator for wind direction and speed

디지털식 풍향풍속계(해양용 디지털식 Type)는 친환경 레저보트에 고정식으로 장착하여 풍향, 풍속의 감지정도를 디지털 수치화하여 검토하고자 하였다. 성능시험 관련, 풍향 감지 정도에 대한 디지털 수치를 분석한 결과 개발목표치(목표치 : 100%) 대비 90%에 달하는 결과치를 확보하였으며, Figure 14에 디지털 계측장비를 통해 데이터를 확보한 다음 도표상으로 작성한 풍향 및 풍속 민감도 자료가 제시되어 있다.

본 태양광 발전시스템의 경우, 집광판을 포함하여 인버터, 배터리 등 제반 전기설비 등으로 구성된 시스템을 말하며, 핵심설비인 집광판 모듈의 경우 수시로 변화하는 태양의 발전량에 따른 전류의 변화를 고정된 상태에서 감지하도록 하였다. 특히 고정식 대비, 높은 발전효율을 보여주는

추적식 발전장치를 초기에 검토하였으나, 태양광의 위치 및 방향을 추적하는 추적식 구동설비 비용이 상당히 고가이며 고장이 빈번하게 발생한다는 점을 감안하여 여기서는 고정식 태양광 발전장치로 제한하였다.

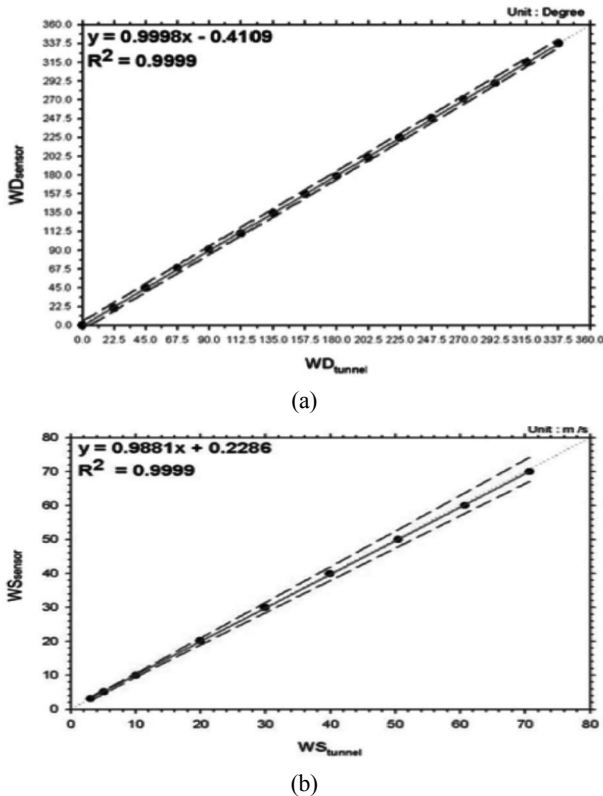


Figure 14: The graph showing the state of sensitivity of wind direction(a), wind speed(b)

태양광 집광판(solar panel, module)은 총 9개의 판넬을 사용하였으며 이론적으로 판넬 1개당 150W/h이므로 150W/h * 9장 = 1,350W/h의 계산식이 가능하였다. 그러나 상기 이론식은 최적의 여건 및 주변 환경을 고려한 경우에 해당되므로 실질적으로는 불규칙한 일사량 및 주변 여건 등의 변수를 감안할 경우 시간당 1.35Kw보다 낮은 발전량이 일반적으로 얻어지게 된다.

충전제어용 인버터 (모델명 : TS-45)의 경우 전압 24V/45A 용량을 가지며 최대 1,080W/h의 충전이 가능하였다 (24V x 45A = 1,080W/h). 친환경 레저보트에서 상기 인버터를 적용하여 성능시험 시 순간 최대 충전 전력(maximum instant charging power)의 실제 실험결과는 약 897.5W로서 대략 900W의 결과치를 나타내었다. 이는 성능시험의 목표치(1000W) 대비 근접한 결과치를 확보한 경우에 해당된다. 성능시험 시 적용된 충전제어용 인버터(TS-45) 및 전원 공급용 축전지(용량 : 24V(DC)/150AH) 구성품 전경이 Figure 15에 제시되어 있으며, 축전지에서 공급되는 전원은 추진을 담당하는 프로펠러(2EA) 구동용 전기모터 및 ‘접이식 Sail 돛’의 상승 및 하강용에 이용되는 구동모터에 공급되

어지도록 되어있다[10].

본 연구에서 적용된 충전제어용 인버터(24V)의 경우 발전 전력(W) 대비 발전효율(%)을 도표상으로 비교하여 검토해보면 Figure 16과 같다.

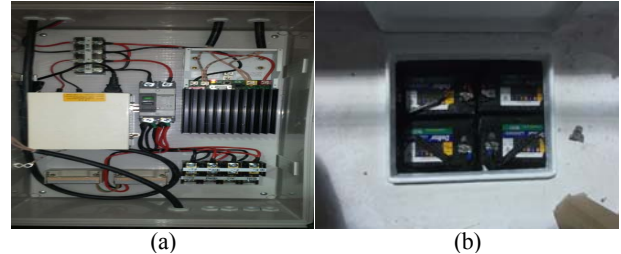


Figure 15: The view of charging inverter component (a), battery for supplying electro-motive force (b)

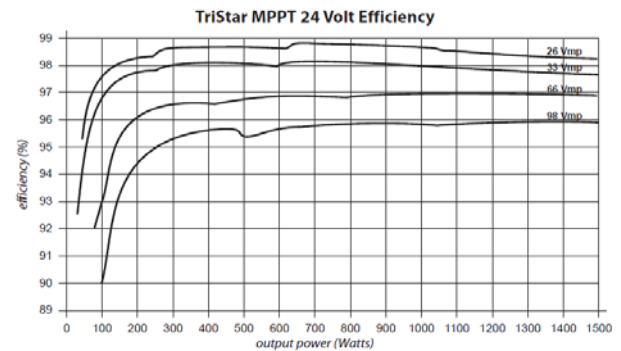


Figure 16: The relationship between generating output power (W) and generating efficiency (%)

3.3.2 Sail Up/Down Speed and Mast Turning Angle

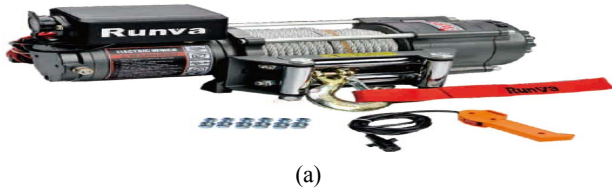
전술한 바와 같이 풍력 Sail 돛은 모터구동을 통하여 상승 및 하강이 가능한 구조로서 ‘접이식 Sail 돛’으로 제작하고자 하였다. 풍력 Sail 돛 Up/Down 시스템의 경우 전동원치를 이용하여 자동으로 돛을 올리고 내리는 시스템 설계가 되었으며 원치는 UDT사의 DC 전동원치를 사용하였다. 전동원치의 모델 형상 및 제원이 Figure 17에 나타나 있다.

친환경 레저보트의 Sail 돛의 실제 높이가 2.2m임을 감안하여 실제 성능시험 시 Sail Up/Down 시간은 100초로 측정되었으며, 성능시험에서 목표로 하는 시간을 단축함으로써 평가항목을 충족하였다.(Sail Up 작동시 소요시간 : 50초, 2.2m 돛 높이 기준) 친환경 레저보트에서 Sail 높이(m) 및 Sail 상승시간(초)과의 관계식을 Figure 18에 나타내었다.

아울러 성능시험 이전단계로서 풍력 Sail Up&Down 시 물레이션을 자체적으로 수행하였고, 영상 작동 시 소요되는 시간도 성능시험과 거의 비슷한 수치를 보여줌으로써 시물레이션의 신뢰성을 확보할 수 있었다. Sail Up/Down에 대한 시물레이션 실험결과를 Figure 19에 나타내었다.

Mast Turning 시스템의 경우, 전동모터를 이용해 자동으로 Mast turning을 시행하였다. 이는 마스트의 상부에 풍향 감지 센서를 부착하여 풍향을 감지하면 자동으로 마스트

각도를 조절하는 시스템으로 Mast turning 각도는 최대 45° 까지 조절이 가능하였다(결과치 : 0° ~ 45°). Mast Turning에 대한 시뮬레이션 실행결과를 Figure 20에 나타내었다.



EWP-4500U	
Rated line pull	4500lbs/2041kgs
Motor	3.2HP
Cable(Dia×L)	φ6.44mm×14.5m
Net weight	12.6kgs
Gear reduction ratio	172:1
Pull Speed	2.64m/min

(b)

Figure 17: The view of winch motor and its specification

본 개발에서는 신재생에너지에 해당하는 풍력 및 태양광을 이용한 친환경 레저보트를 제작하기 위한 목표로로서, ‘접이식 Sail 돛 제어장치를 이용한 태양광 레저보트 시제품’을 제작하는데 주안점을 두었으며, 이 과정에서 시제품에 대한 성능평가를 수행하여 제반 평가항목에 대한 개발 목표치를 확보하고자 하였다. 특히, 태양광 발전 시스템과 연계하여, 선박 주행 시 접이식 Sail 돛 제어장치의 Sail Up/Down System 및 Mast Turning System을 효율적으로 작동하기 위한 메커니즘을 확보한 태양광 레저보트 시제품을 제작하고자 하였다.

향후, 국내 신재생에너지 사업분야에서 풍력 및 태양광과 같은 신재생에너지를 활용하여 친환경 레저선박에 접목시키면서 ‘친환경 신재생에너지 융합시스템’을 도입할 경우, 본 개발에서 제시한 최신 공법은 관련 산업분야의 기술 개발 및 생산성 향상에도 일부 기여할 것으로 예상된다.

특히, 전술한 바와 같이 풍력 추진 장치의 핵심기술을 확보하고 태양광 레저 보트에 소비되는 에너지를 절감하는 태양광 하이브리드 발전시스템을 개발하여, 선박에 장착할 경우 선박의 연료 절감 효과와 배출 오염 감소, 해양관광에 크게 일조할 수 있을 것으로 예상된다[11][12].

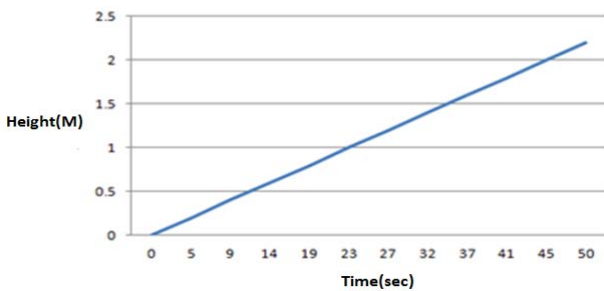


Figure 18: The relationship between sail lifting time and sail height in the eco-environmental leisure boat

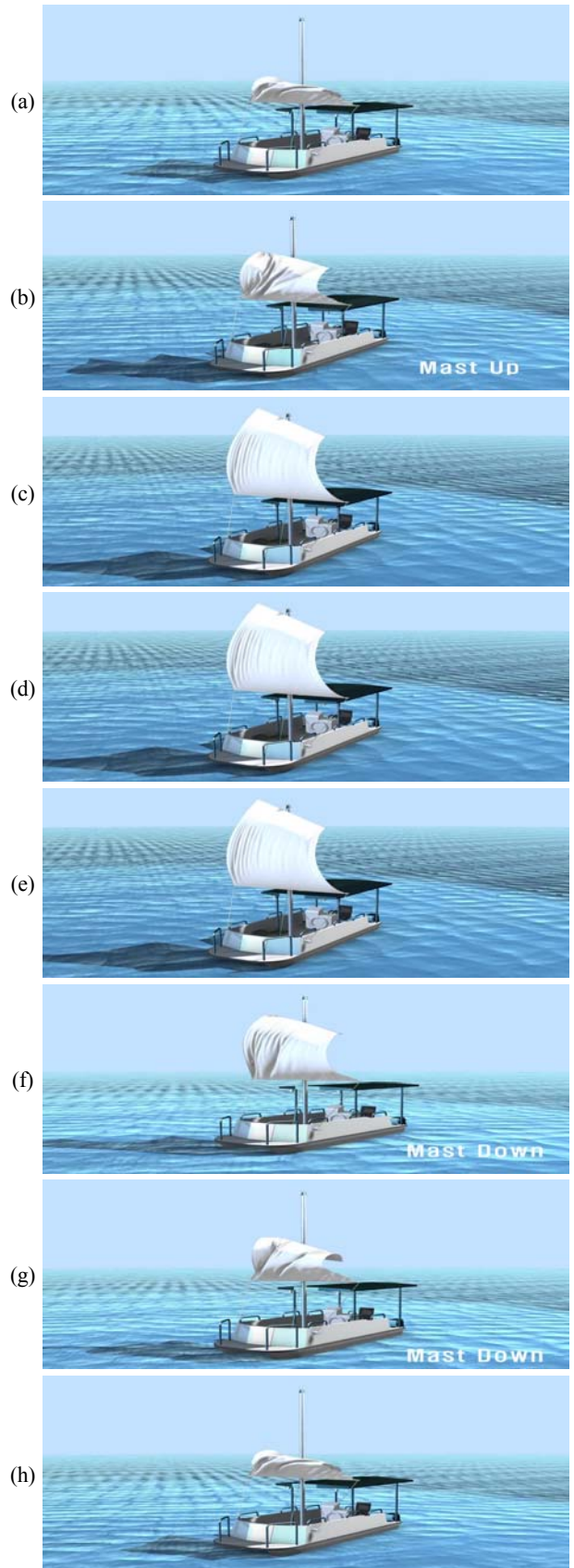


Figure 19: The simulation view of sail up/down system during actual operation; (a) 10%, (b) 50%, (c) 80%, (d) 100% (as sail-up operation state), (e) 10%, (f) 30%, (g) 50%, (h) 100% (as sail-down operation state)

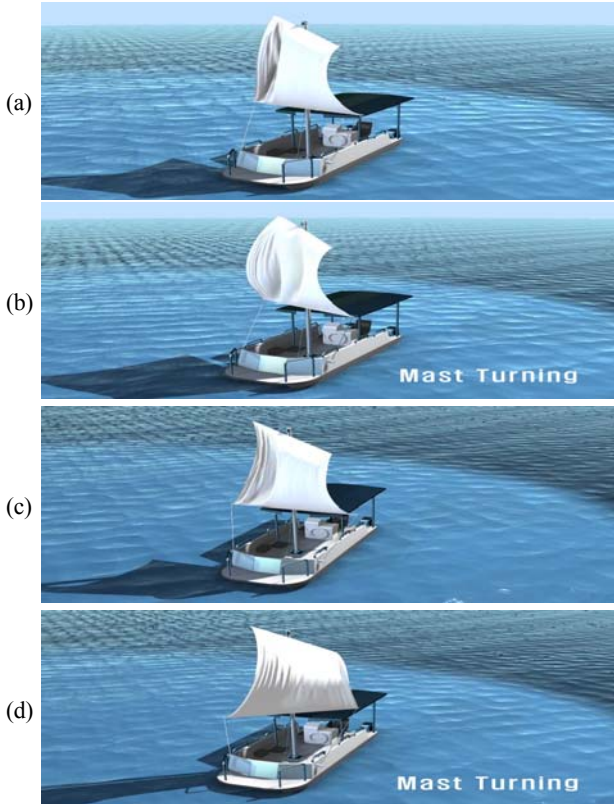


Figure 20: The simulation view of mast turning operation; (a) 0 degree, (b) 15 degree, (c) 30 degree, (d) 45 degree

4. 결 론

1. 본 시제품의 경우 태양광 하이브리드 발전시스템(고정식)을 적용하였으며, 태양의 발전량에 따른 전류의 변화를 감지하여 인버터를 거쳐 확보된 전원이 프로펠러(2EA) 구동용 전기모터 및 ‘접이식 Sail 돛’의 상승 및 하강용에 이용되는 구동모터에 공급되어지도록 제작을 하였다.

2. 접이식 풍력 Sail 돛 제어장치와 관련, Sail Up/Down 시간의 경우 목표시간(120초)를 단축하면서 왕복시간 100sec를 확보하였으며, Mast Turning 각도(degree)의 경우 45degree를 얻었으며 목표수치에 근접하는 정량수치를 보여 주었다.

3. 풍력 및 태양광의 신재생에너지를 추진원으로 한 친환경 레저보트 시제품을 이용하여 실행한 성능시험과 관련, 90%의 풍향 감지 정도, 900W의 최대 순간 충전 전력을 획득하였고 대략 3시간에 해당하는 최대 운항 시간을 얻었으며 개발 목표치의 성능수치를 충족하였다.

4. 본 시제품의 경우 태양광 발전시스템 및 접이식 풍력 Sail 돛 제어장치를 접목하여 제작되었으며, 풍력 및 태양광 신재생에너지를 이용한 친환경 레저선박으로 적합한 것으로 판정되었으며, 향후 관련 분야에 다양하게 적용 가능할 것으로 검토되었다.

후 기

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과 (No. 2013H1B8A2023237)에 대한 사업비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] R. H. Bube, Photoconductivity of Solids, Wiley, New York, USA, 1960.
- [2] J. H. Lee, D. G. Lim, and J. S. Lee, Principles of Solar Cell, Hong Reung Science Publish, Korea, 2005.
- [3] M. A. Green, Solar cells, Prentice Hall Inco., New Jersey, USA, 1982.
- [4] J. H. Jang, Fundamentals of Wind Turbine, GS Intervision, Korea, 2010.
- [5] S. C. Hong, H. J. Jeon, and Y. S. Yoon, Power Electronics, McGraw-Hill Korea, Korea, 2011.
- [6] J. N. Newman, Marine Hydrodynamics, The MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1997.
- [7] The Society of Naval Architects of Korea, Introduction to Naval Architecture and Ocean Engineering, GS Intervision, Korea, 2012.
- [8] A. R. Hwang, Y. S. Joo, and H. S. Yoo, Principles of Offshore Plant and Equipment, GS Intervision, Korea, 2013.
- [9] T. Markvart and L. Castaner, Solar Cells : Materials, Manufacture and Operation, Elsevier Oxford, UK., 2005.
- [10] C. S. Yoon, Alternative Energy Wind Turbine Technology, Intervision, Korea, 2004.
- [11] S. H. Lee, E. C. Cho, D. S. Kim, Y. H. Cho, and Y. S. Min, “Recent trends in photovoltaic industries,” Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, vol. 7, no. 1, pp 93-107, 1997.
- [12] J. J. Song, Y. S. Jung, and S. H. Lee, “Analysis of prediction model for solar generation,” The Society of Digital Policy and Management, vol. 12, no 3, pp 243-248, 2014.