등부표 전력 시스템 설계에 관한 연구

조관준* · † 오진석

* 한국해양대학교 메카트로닉스공학과 대학원, † 한국해양대학교 기관 공학부 교수

A Study on the Design of Power System for Buoy

Kwan-Jun, Jo* · † Jin-Seok, Oh

† Professor, Division of Marine Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

* Division of Mechatronics Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 등부표의 등명기에 안정적으로 전력을 공급하는 것은 매우 중요하며 전력공급이 안정적이지 못하면 해난 사고를 발생시킨다. 태양광 발전 환경은 해상에서 큰 차이가 있음에도 불구하고, 등부표의 태양광 발전 시스템은 육상의 독립 발전 시스템의 설계 기준에 따라 설계되고 있다. 또한 등부표가 갖는 구조적인 특성을 반영하지 않고 태양광 발전 설비의 용량을 설계하고 있다. 그러므로 해상 환경에 맞지 않는 잘못된 설계로 인하여 발전량이 부족하게 되어 축전지가 과방전하게 된다. 축전지가 과방전하면 등명기에 안정적인 전력을 공급하지 못한다. 본 논문은 태양광 기반의 등부표의 설계 기준을 나타내었다. 3개월 동안 등부표 전력 시스템의 태양광 발전 전력, 소비 전력, 축전지 전압을 측정하였다. 또한 수집한 자료를 바탕으로 해상 등부표 전력운용을 분석하였다. 분석 결과 육상 설계 기준의 태양광 발전 전력과 등부표의 실제 태양광 발전 전력이 다르다는 것을 확인하였다. 분석 결과를 바탕으로 등부표의 전력 시스템 설계 기준을 제안한다.

핵심용어 : 태양광, 등부표, 전력 시스템, 설계 기준, 독립 전원 시스템, 해양 구조물

Abstract : Stable power supply to a light mounted on a navigational buoy is indispensable factor because unstable power can lead to fatal marine accident. Despite the difference lies between onshore and offshore environment, as well as the power output characteristics, the PV(Photovoltaic) power generation system is designed by the independent onshore power generation system standards. Furthermore, the capacity of PV power generation system does not take into account the structural characteristics of the buoy in the sea. Therefore, the faulty design makes battery over-discharge owing to lack of the power generation and the battery can not supply stable power to the light. This paper introduces a design method for a power system of the PV powered buoy. The data has been acquired for 3 months period, which includes PV-generated electricity, power consumption and battery voltage from experimental buoy. Further, a power management features of the buoy has been analyzed based on the acquired data. From the analysis of the acquired data, it was evident that PV power generation system produces different electric power output depend on its installed environment - land and sea. Based on the analytical result, a design criterion has been proposed for the power system in the navigational buoy.

Key words : PV power system, Buoy, Power system, Design criterion, Independent power system, Ocean facility

1. 서 론

선박의 안전한 항해를 위해서는 항상 선박의 위치를 확인해야 한다. 주간에는 항만이나 항로 등을 항해사가 육안으로 직접 확인할 수 있으나, 야간에는 불가능하여 각종 항로표지 등이 사용되고 있다. 이중 야간에 불빛으로 항로를 표시하는 항로표지를 광파표지라고 한다. 광파표지는 전원공급 시스템으로 외부에서 전원을 공급하는 방법과 태양광 발전을 이용하여 전원을 공급하는 방법 등으로 나뉘어진다. 외부 전원을 이용한 방식이 안정적이다. 그러나 내부 전원 방식은 축전지를 이용하여 공급하기 때문에 안정적이지 못하다.

태양광 발전을 이용한 등부표는 낮 시간에 축전지를 충전하고 야간에 축전지의 전원을 이용하여 등명기에 전원을 공

급한다. 현재 해상에서는 납축전지를 사용하고 있으며 부조일수와 경험적인 요소 등을 고려하여 축전지의 용량을 결정하여 설치하고 있다. 그러므로 일정 기간 마다 축전지를 점검하고 비중을 조정하는 것으로 유지 보수를 하고 있다.(정, 2005)

해상에서의 태양광 발전은 육상의 태양광 발전과 발전량에서 큰 차이를 갖는다. 대부분의 등부표의 태양광 발전은 태양전지판과 축전지를 직결 연결하는 방식을 사용하고 있다. 최근에 들어서 육상에서 사용되는 고효율 충전기법인 MPPT(Maximum Power Point Tracking)기법을 해상에 적용하는 것에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 이러한 상황에서도 등부표용 태양광 발전 시스템의 생산 전력에 대한 연구는 전무한 실정이다. 해상에서의 태양광 발전량, 부하의 사용 특성

* 연회원, 119sky1004@naver.com 051)410-4866

† 교신저자 : 종신회원, Ojs@hhu.ac.kr 051)410-4283

등을 알지 못하는 상황에서 등부표에 사용되는 축전지의 용량을 결정할 수 없다. 본 논문은 3개월 동안 해상에서의 전력 생산량과 부하 사용량 등을 수집하여 이를 바탕으로 등부표의 전력 생산량 및 부하 전력 사용 특성을 알아보았다. 이를 바탕으로 해상용 등부표의 축전지 용량 및 태양광 발전 용량을 산출하여 등부표 전력시스템을 효율적으로 설계 방안을 제시하고자 한다.

2. 등부표 전력 시스템

육상에서의 태양광 발전시스템은 소용량에서 대용량까지 많은 연구가 진행되어 있다. 그러나 육상과 해상의 태양광 발전은 많은 차이가 있다. 특히 해상 등부표에 있는 태양광 발전의 경우 등부표의 움직임에 따라 태양전지판과 태양의 각도가 지속적으로 변하여 육상과 특성이 다르다. 육상에서 개발되고 있는 태양광발전은 제어 알고리즘으로 MPPT 기반의 태양광 발전시스템을 사용하고 있다. 해상 등부표에서도 현재 MPPT 제어 시스템을 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 등부표의 태양광 발전 시스템은 독립 전원 기반으로 태양광 발전에서 생성되는 발전 전력을 축전지에 충전하고 등명기 등 각종 제어기를 이용하여 소비하는 방식을 취하고 있다.

Fig. 1 Power controller for buoy

현재 대부분 연구는 태양광 발전량을 많이 하는 것에 초점이 되어 진행되고 있다. 태양전지판 한 장의 개방전압은 20V 정도이며 두 장을 직렬로 연결하면 40V가 유지된다. MPPT 제어 시스템으로 태양 전지판을 두 장을 직렬로 하고 buck converter를 이용하여 태양광 발전 전압을 축전지 전압으로 낮추어 충전하는 전압 강압형으로 충전한다. 태양전지판 두 장을 직렬 연결함으로써 낮은 광량에서도 유지전압이 높기 때문에 축전지에 충전이 가능하다. 본 논문에서는 등부표의 전력 소비량을 측정하기 위해 등부표용 전력제어기를 설치하여 무선으로 일정 시간 간격으로 데이터를 수집하였다. Fig. 1은 등부표용 전력제어기의 구성 및 특성을 나타낸 것이다.

등부표용 전력제어기는 태양광 발전 전력을 측정하고 축전지로 충전되는 전력, 등명기와 통신 장비들로 소비되는 전력을 측정할 수 있도록 되어 있다. 측정할 때의 손실 전력을 최소화하기 위해 홀센서를 이용하여 측정하였다. 측정 데이

터를 무선 모뎀을 이용하여 육상으로 전송하여 데이터를 수집하였다. 이를 통하여 등부표의 전력 운용 특성을 알아보고자 하였다.

3. 등부표 전력 특성

3.1 태양광 발전 특성

(a) Output voltage

(b) Output power

Fig. 2 PV panel output on buoy(rainy day)

태양전지판은 약간의 빛만 존재하더라도 10V이상의 전압이 유지된다. 태양광 발전의 효율을 높이기 위해 태양전지판 2개를 직렬로 연결하고 축전지의 충전을 전력제어기를 이용하여 충전한다. 태양전지판 두 장을 직렬로 연결하면 발전량이 적지만 우천 시에도 발전이 가능하다. 우천 시에도 약간의 빛이 유지 되므로 태양전지판 한 장에서 출력되는 전압은 7V 이상이 된다. 그러므로 두 장을 직렬 연결하면 13.5V이상의 전압이 태양전지판에 유지 되어 충전이 가능하다. Fig. 2는 우천 시의 태양전지판 출력 전압과 출력 전력을 나타낸 것이다. 이때 그림 2는 0시부터 24시까지 1분 간격으로 데이터를 수집한 것이다. 태양 전지판의 출력 전압이 높더라도 우천으로 인하여 발전량이 낮기 때문에 전력 생산량이 적은 것을 알 수 있다.

Fig. 3 Solar generation system for buoy

Fig. 3은 등부표의 태양전지판 설치 구조를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 등부표를 계류할 때 한 개의 지점으로 계류하기 때문에 등부표가 회전하게 된다. 그러므로 등부표가 회전하더라도 어느 정도의 일정한 전력을 생산하기 위해 태양 전지판은 서로 반대쪽에 위치한다. 이때 태양 전지판의 설치 각도는 45~60도 정도가 좋다는 연구 결과가 있다.[조, 2007] 태양 전지판의 설치 경사를 0도로 할 경우 염분이나 조류의 배설물로 태양 전지판의 효율이 급감한다.

육상에서 통상적으로 태양광 발전의 효율은 70~80% 정도 이므로 80W 태양 전지판의 출력은 56~64W 정도이다. 출력이 56~64W가 되는 경우는 태양 전지판이 한쪽 방향을 바라보고 있을 경우이다. 현재와 같이 서로 다른 방향을 바라보고 지속적으로 움직이는 경우에는 정확한 태양광 발전의 효율은 알 수 없으며, 기존의 70~80%이하일 것으로 예상된다. Fig. 4는 맑은 날의 등부표에서의 태양광 발전에서의 발전량을 나타낸 것이다. 태양광 전지판은 80W 두 장을 직렬 연결한 것이다. 육상 기준으로 하면 최대 전력은 112~128W가 되어야 하

Fig. 4 PV output power on buoy (sunny day)

지만 실험 결과, 태양전지판 두 장을 직렬 연결하더라도 최대 전력은 70W로 전력이 적게 생산되는 것을 알 수 있다.

3.2 부하 특성 분석

현재 등부표는 등명기로 야간에 항로를 표시하는 것 외에 통신 장비 등을 이용하여 위치를 표시하거나 데이터 로깅을 통한 항해, 기상 데이터 수집 등을 수행한다. 현재 대부분의 등부표는 등명기만을 이용하지만 앞으로 차세대 등부표는 여러 통신장비나 로깅 장비 등을 사용하게 될 것이다. 등명기는 야간에만 전력을 사용하고 여러 통신장비들은 대기 전력을 사용하고 있다가 임의 시간이나 일정 시간 간격으로 높은 전력을 사용하게 된다.

Fig. 5 Battery voltage drop

항로 표시물의 전력 소비는 임의적인 전력 소비와 일정한 전력소비량으로 구분된다. 임의적인 전력 소비는 통신 시스템의 데이터 송수신, 등명기의 점등 등이며 일정한 전력 소비는 통신 장비와 등명기의 대기 전력이다. 전력 사용을 분석하기 위해 시설물의 전력 소비량을 측정하였다. Fig. 5는 등부표 전력 시스템에서 측정한 등명기와 통신장비 및 제어기의 소비 전력 소비에 따른 축전지의 전압 강하를 나타낸 것이다. 통신 장비 및 제어기의 전력 소비량은 1일 평균으로 일정하고 등명기의 전력 소비량은 시간에 따라 차이가 있지만 그 전력 소비량은 유사한 것을 알 수 있다. 등명기는 일정 시간으로 볼 때 등명주기에 따라 전력 소비량이 차이가 갖는다.

4. 등부표용 전력 시스템 설계

4.1 등부표의 전력 운용 특성

태양광 발전은 환경 요인에 따라 태양광 발전량이 달라진다. 주간에는 태양광 발전으로 축전지에 전력을 충전하고 야간에는 축전지를 이용하여 등명기에 전원을 공급한다. 그러므로 축전지 전원은 주간에는 충전되어 상승하게 되고 야간에는 방전되어 하강하게 되는 일정한 사이클로 움직이게 된다. Fig. 6은 이들 동안의 축전지 전압의 변동 모습을 나타낸 것이다. 이때 시간은 0시부터 다음날 24시까지 2일간의 데이터를 나타

낸 것이다.

Fig. 6 Battery voltage of the buoy

Fig. 7 Charging and discharging power on battery

실제적인 축전지 전압은 충전하고 있을 때의 전압이 아닌 무부하시 또는 방전하고 있을 때이다. 야간에 축전지 전압은 등명기 부하에 따라 변화하게 된다. 등명기는 일시적으로 큰 전력을 요구하기 때문에 축전지 용량의 문제로 인하여 일시적으로 축전지 전압이 감소하게 된다. 그러므로 실제적인 축전지 전압은 등명기를 사용하지 않을 경우의 전압이다.

4.2 기존 등부표의 전력 시스템

등부표 전력 시스템의 설계는 부하의 사용 전력량이 정해졌을 때 이에 따라 축전지 용량 및 태양광 발전 용량을 선정한다. 앞서 등부표의 실험 결과에서 등부표 부하 용량은 일정한 값을 갖는 것을 알 수 있다. 발전 용량의 경우에는 육상 설비와 달리 발전 용량이 차이가 나는 것을 알 수 있다. 육상에서 독립형 태양광 발전 시스템의 설계는 다음과 같이 이루어진다. 평균 사용 전력량을 P_Q 로 할 때 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_Q = L_T \times P_L \times C_{CL} \times C_{BL} \quad (1)$$

L_T 는 부하사용시간(hr), P_L 은 부하 사용 시간에서의 평균 소비 전력(W), C_{CL} 은 전력 제어기 변환 손실 계수(1.1), C_{BL} 은 배터리 손실 계수(1.25)를 나타낸다. 이때 전력 제어기 변환 손실 계수 및 배터리 손실 계수는 무차원수이다. 태양전지판 필요 생산 전력량(P_{EG})는 식(2)로 표현할 수 있다.

$$P_{EG} = \frac{P_Q}{S_T} \times C_{PV} \quad (2)$$

S_T 는 태양광 일조시간(3.3hr), C_{PV} 는 태양전지 출력 보정 계수(태양전지판 표면 상태:1.15)로 무차원수이다. 태양광 일조 시간은 지역, 계절별에 따라 다르지만 한국의 평균적인 일조 시간은 1일에 3.3시간이다. 축전지 용량은 식(3)으로 이루어진다.

$$B_{Ah} = \frac{P_Q \times C_{SL}}{V_{com} \times C_{ds}} \quad (3)$$

B_{Ah} 는 축전지 용량, V_{com} 은 축전지 전압(평균전압 12V), C_{SL} 은 충전 불가 일수 상수(일주일간 부조 일수:4일), C_{ds} 는 방전 허용량(0.8)이다. 이러한 방식으로 등부표의 전력 시스템의 용량을 결정하면 등부표에서의 태양광 발전의 출력은 육상의 출력과 같지 않는 문제를 갖는다. 현재 식에서 발전량은 단순 먼지나 열에 의한 전력 생산량 차이만 나타내었다. 즉 설치 구조에 따른 전력 생산량의 차이는 무시하였다.(권, 2002; S.bailey, 2002;; K.Ohwnia, 1986;Trenblay, O, 2007)

또한 현재의 시스템 설계에는 축전지의 전압을 일정하다고 가정하고 단순히 축전지 용량을 계산하였다. 그러나 축전지 전압은 전력 생산량 및 부하의 소비량에 따라 변화한다. 그러므로 축전지의 용량에서 축전지의 전압 변동율을 고려해야만 한다.

4.3 등부표 시스템 설계

제안하는 등부표 전력 시스템 설계는 등부표의 부하 사용 패턴과 전력 생산량 형태 등을 도시하고 해상의 실정에 맞는 전력 시스템을 설계하고자 한다. 기존의 태양광 발전량은 필요 부하량을 일조시간으로 나누고 출력계수를 곱하는 형태로 하여 전력생산량(wh)을 표시하였다. 이때 출력 계수는 열, 표면 오염에 의한 출력 저하를 보정한 것이다. 태양광 발전 전력량은 특정 조건(25℃1000Wm²)에서의 전력 생산량을 나타낸 것이다. 또한 가정에서 일조 시간을 3.3시간으로 가정하였다. 일조 시간 3.3시간동안 일정 기온과 광량이 유지 되는 것이 아니므로 태양전지판은 최대 출력을 낼 수 없다. 또한 등부표에서는 태양 전지판이 서로 반대 방향을 바라보고 있으므로 출력이 낮게 나오게 된다. 그러므로 해상 등부표의 실제적인 출력 전력량을 알기 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 방법으로 발전량 및 소비 전력량을 계산하였다. 일일 전력 생산량을 계산하기 위하여 하루 동안의 평균 전력량을 산출하였다.

$$P_{sv} = \frac{\int_0^{1440} P_{gsv}(t) dt}{1440} \quad (4)$$

P_{gsv} 는 태양광 발전 순간의 전력(W)을 나타낸 것이다. 현재 1분 단위로 데이터를 수집하였다. 수집한 데이터를 일일 간의 산술 평균으로 나타내면 일일 평균 전력 생산량(Wh)이 된다. 실험 기간은 10월 말부터 2월 초까지 약 3개월간 수행하였다. 일일 평균 전력량으로 산출할 때 평균 전력 생산량은 Fig. 8과 같다. 일조 시간과 전력 생산량은 큰 영향 관계를 갖지 못한다. 이것은 일조시간 보다는 구름 및 기상에 의한 광량의 변화가 더 큰 영향을 미치기 때문이다. 여기서 일조시간은 태양광 발전 전압이 2.5V 이상을 일조시간으로 산정하였다.

(a) Sunshine hours

(b) Generation power of PV

Fig. 8. Sunshine hours and daily average generation power on buoy

태양광 발전 전력량은 우천이나 구름으로 인하여 광량이 부족한 경우에 변화하게 된다. 맑은 날의 경우 일일 평균 전력 생산량은 약 15Wh의 전력 생산이 이루어지고 흐리고 비오는 날의 경우 일일 평균 전력 생산량은 약 4Wh로 발전된다. 3개월간의 태양광 평균 전력량을 생산하였을 때 일일 평균 생산 전력량은 10.15Wh 이다.

등부표의 부하 중 가장 큰 부하는 등명기의 부하이며 그림 9에 보는 것과 같이 점등과 소등을 반복하며 전력을 소비한다.

등명기 외 부하로 통신 장비들의 부하의 경우에는 대기 전력과 사용 전력으로 나누어져 그 값을 추산할 수 있다. 제어 기기의 경우 소비 전력량이 거의 일정하므로 전력 소비량을 유추할 수 있다.

(a) Night hours

(b) Power consumption of a lamp

Fig. 9 Night hours and daily average power consumption on buoy

등명기의 소비 전력량은 야간시간에 따라 변화하게 된다. 또한 1분당 전력 소비량을 측정하였기 때문에 전력 소비량은 차이를 갖는다. 등명기의 시간당 소비 전력량을 계산하면 약 5.7Wh이다. (LED-200) 등부표의 등명기는 각 기능별로 점등 주기가 다르다 그러므로 등명기의 주기에 따라 등명기의 평균 소비 전력량은 변화하게 된다.

현재 실험 기간 중의 야간 시간이 약 12.6시간이므로 이를 24시간으로 계산하였다. 실험을 통하여 일일 평균 전력 소비량을 나타내면 2.57Wh이다. 계산상으로는 12시간이 켜지고 12시간이 꺼지는 것으로 가정하면 등명기 부하의 일일 평균 전력 소비량은 5.7Wh의 절반인 2.85Wh가 된다. 이러한 오차는 1분당 측정에서의 문제라고 생각된다. 고정 부하로 통신 시스템과 전력 시스템의 전력 소비량은 주·야간 및 환경에 따라 변화하지 않는다. 그러므로 해상용 독립 전원 시스템의 태양전지판 수량은 다음과 같이 계산된다.

$$P_{PQ} \geq P_{TL}(P_{LL} + P_{CL}) \times C_{safe} \quad (\text{if: } C_{safe} > 1) \quad (5)$$

$$N_{pv} \geq \frac{P_{PQ} \times C_{pv}}{P_{pv} \times C_{str}} \quad (6)$$

이때 P_{PQ} 는 태양광 발전 전력량, P_{TL} 은 전체 부하 소비 전력량, P_{LL} 은 등명기 소비 전력량, P_{CL} 은 부하 고정 소비 전력량, C_{safe} (1.2~1.4)는 충전 안전율이다. 충전 안전율이 너무 커지게 되면 1일에 남는 전력량이 늘게 되어 남는 전력이 증가하게 된다. 독립 전원 시스템에서 전력량이 남게 되면 더미

회로등을 통하여 소비하거나 발전 전원을 차단하므로 전체 전력 시스템의 효율을 떨어뜨린다. 충전 안전율이 1에 근접한 값이 되면 방전 후 다시 완전 충전 시점까지의 시간이 늘어나게 된다. N_{pv} 는 태양전지판 수량, P_{pv} 는 단일 태양전지판 이론적 최대 전력량, C_{str} 은 구조 및 해양 특성에 따른 출력 계수(0.072)이다.

축전지의 용량은 태양광 발전량 보다는 부하의 소비량 및 부조 일수에 따라 결정된다. 현재 해상에서 사용되는 축전지는 납축전지를 사용하며 축전지의 전압은 12V를 사용한다. 축전지는 13.5V-11.5V사이의 전원을 유지해야 하며 축전지의 용량은 축전지가 완전히 충전되어 있을 경우, 부조 일수가 되더라도 부하에 전원을 공급할 수 있어야 한다. 이러한 점을 고려하여 축전지는 다음과 같이 계산되어야 한다.

$$V_{db} \geq P_{TL} \times \frac{T_{day}}{2} \times \frac{C_{dep}}{B_{Ah}} \quad (7)$$

V_{db} 축전지의 최대 전압 강하량, T_{day} 는 부조 일수, C_{dep} 는 축전지 방전 상수이다. 부조 일수는 한국의 경우 4일, 축전지 방전 상수는 축전지가 부하의 소비 전력량에 따라 변화하는 상수이다. 이를 통하여 부조일수가 지속되더라도 축전지가 과방전하여 축전지 수명이 단축되지 않도록 하였다. 수식 7을 통하여 부하 사용량과 부조 일수가 정해지면 축전지 용량을 산정할 수 있다.

5. 결 론

현재 항로표지 등부표는 육상의 독립 발전 시스템으로 설계되었다. 이것은 해상 등부표의 전력 운용 특성을 알 수 없었기 때문이다. 그러므로 전체 시스템의 전력 생산량 및 안정성이 맞지 않아 과방전 되거나 과충전되었다. 또한 축전지 산정에서도 축전지 전압 변화에 초점이 되지 않고 단순히 발전량으로 축전지 용량을 계산하였다. 이렇게 축전지 용량을 산정하게 되면 충전 부족으로 축전지가 과 방전하게 된다. 그러므로 축전지를 해상에서 자주 점검해야 했다.

본 논문은 실제 해상의 태양광 발전 등부표의 전력을 3개월간 모니터링 하여 그 출력 특성을 확인하였다. 해상의 출력 모니터링 결과를 바탕으로 하여 실제 해상 특성이 반영된 등부표 전력 시스템을 설계하였다. 또한 축전지 용량 설계에서 축전지 전압 변동 폭에 초점을 맞추어 설계함으로써 축전지의 과방전이 일어나 수명이 단축되지 않도록 하였다.

앞으로 본 설계치를 반영한 등부표 전력 시스템을 해상 실험에 적용하여 설계내용의 안정성을 테스트 하고자 한다.

후 기

본 연구는 국토해양부의 “해양 시설물용 Hybrid 전력생산 시스템 기술 개발” 사업과 교육과학기술부의 “방과제 겸용 파

력발전 시스템의 성능향상을 위한 연구” 사업으로 수행된 연구결과임.

참 고 문 헌

- [1] 강신영(2002), “бат터리 개별 제어 방식에 의한 소규모 독립형 태양광 발전 시스템의 특성 개선”, 전력전자학회, Vol 5, pp. 482-489
- [2] 권병욱(2002) “태양광 풍력 복합발전시스템의 축전지 용량 산정에 관한 연구”, 대한전기학회 EMECS학회 추계학술대회, pp. 297-299
- [3] 정재훈(2005), “항로표지용 전원 공급 시스템 실태 조사”, 한국 조명 전기 설비학회 추계 학술 대회 논문집, pp. 137-140
- [4] 조관준(2007). “브이용 전력 시스템 설계 및 분석”, 한국항해항만학회지 제 31권 3호, pp. 229-233
- [5] Katsumi Ohwnia(1986), “A simplified maximum power tracking method for photovoltaic solar system”, TIEE Japan, Vol. 106-B, No.7
- [6] S.bailey(2002), Handbook of Photovoltaic science and engineering part I
- [7] Trenblay, O(2007), “A generic battery model for the dynamic simulation of hybrid electric vehicles” Vehicle Power and Propulsion Conference, IEEE pp. 284-289

원고접수일 : 2011년 6월 20일

심사완료일 : 2011년 9월 5일

원고채택일 : 2011년 9월 30일