가변안내표지판의 운영 전력 예측을 통한 독립형 태양광 발전 시스템용 전력 관리 기술

A Power Management Technology for Stand-alone PV System Using Estimation of Operating Power for Variable Message Sign

임 세 미* · 이 지 훈** · 박 준 석†
(Se-Mi Lim · Ji-Hoon Lee · Jun-Seok Park)

Abstract - This paper proposes the power management technology for stand-alone PV system to extend installation environment and coverage. The proposed power management technology in this paper can protect battery safeness from overcharge/discharge with keeping the proper SOC(State of Charge) and extend using time of system through estimation of operating power. The proposed power management technology in this paper is applied to Infra-free Variable Message Sign. And performance of power management technology in this paper was verified using simulation scenario.

Key Words : Stand-alone PV system, Battery management technology, Infra-free variable message sign

1. 서 론

세계는 현재 전력 소비의 급격한 증가로 인한 에너지 자원 고갈 및 환경오염 문제에 직면해있다. 따라서 최근 석탄 및 석유 연료의 의존도와 환경오염 물질을 줄이고 지속 가능한 발전을 위한 노력의 일환으로써 다양한 친환경 에너지원 활용의 중요성이 부각되고 있다.[1-3] 수많은 친환경 에너지 중 효율성과 보편성 및 에너지의 무한성을 고려하여 태양광 발전이 가장 유망한 친환경 에너지원으로 인정받고 있으며 그림 1과 같이 태양광 에너지를 가로등, 교통 시스템 등 다양한 어플리케이션에 적용하고자 하는 시도 등 다양한 응용 분야가 급속히 증가하고 있다[4], [5].

하지만 이러한 노력에도 불구하고 태양광 발전 시스템에는 몇 가지 한계가 있다. 첫 번째로 태양광 발전 시스템의 발전량을 조절하기 어렵다는 것이다. 태양광 발전 시스템은 눈, 비, 구름 등 자연 조건에 따라 발전량이 변동되기 때문에 발전량의 조절, 전력의 분배 및 활용이 어렵다. 두 번째로 발전 전력을 축전시키는 배터리의 전압 및 수명에 따라 전체 시스템의 성능이 영향을 받는다는 것이다. 대부분의 독립형 태양광 발전 시스템의 배터리 관리 방법은 과충전 및 과방전을 막아주는 단순한 방법이다. 하지만 이 방법은 부하의 운영 시간과 상관없이 배터리가 동작 전압 범위 이상, 또는 이하가 되면 배터리의 전력을 차단하는 방식이므로 부하를 운영시키고 싶어도 전력을 사용할 수 없게 되므로 독립형 태양광 발전의 설치 환경 및 적용 범위에 한계를 발생시킨다. 따라서 본 논문에서는 전력 측면에서의 독립형

태양광 발전 시스템의 제약을 분석하고 이를 극복하기 위하여 과충전 및 과방전으로부터 배터리를 보호하면서도 배터리의 운영 전력 예측을 통해 시스템의 사용 시간을 연장시킬 수 있는 독립형 태양광 발전 시스템용 전력 관리 기술을 제안하였다. 또한 본 논문에서 제안한 전력 관리 기술을 인프라 독립형 가변안내표지판에 적용시켰으며, 시스템 검증을 위하여 시뮬레이션 시나리오를 작성하고, 그 결과를 분석하여 본 논문에서 제안한 시스템의 타당성을 검증하였다.

* 정 회 원 : 국민대학교 전자공학과 박사과정

** 준 회 원 : 국민대학교 전자공학과 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 국민대학교 전자공학과 교수

E-mail : jspark@kookmin.ac.kr

접수일자 : 2012년 6월 15일

최종완료 : 2012년 7월 12일

그림 1 태양광 에너지원의 활용

Fig. 1 The application of photovoltaic energy

2. 독립형 태양광 발전 시스템 성능 분석

2.1 가변안내표지판의 평균 소모 전력

최근 들어 도로 시설물의 전력 공급 방안으로서 독립형 태양광 발전 시스템을 활용하기 위한 다양한 시도와 연구가 이루어지고 있다. 하지만 앞서 고려한 독립형 태양광 발전 시스템의 발전량 조절 및 배터리 성능의 제약과 적용하고자 하는 시스템의 전력 운영 체계의 제약으로 인해 전력 공급 원으로의 적용이 어렵다. 일례로 도로 상의 주요 지점에 설치되어 운전자들의 경로 변경에 대한 실시간 의사 결정을 지원하는 도로 부속시설인 가변안내표지판의 평균 소모 전력을 분석하였다.

표 1 2단 10열 가변안내표지판의 1일 평균 소모 전력
Table 1 The average power consumption of the 2 columns and 10 rows Variable Message Sign

전력 소모 부품	시간당 소모 전력 [Wh]	1일 소모 전력 [Wh]	비고
감시 카메라	38.4	921.6	
제어기	50	1,200	
서브 컨트롤러	50	1,200	
히터	150	300	1일 2시간 사용
팬	200	400	1일 2시간 사용
PC	450	10,800	
점검 모니터	36	864	
LED 모듈	202.94	4,870.56	휘도 50%로 문자 표출 시
형광등	288	288	1일 1시간 사용
합계	1,465.34	20,844.16	

표 1에서와 같이 2단 10열의 가변안내표지판의 경우 감시 카메라, 제어기, 서브 컨트롤러, 히터 및 팬, PC, 점검 모니터, LED 모듈, 형광등 등으로 이루어져있다. 가변안내표지판의 적정 온도 유지를 위한 히터 및 팬을 1일 2시간 사용, LED 모듈을 휘도 50 %로 문자 표출, 유지보수를 위한 형광등을 1일 1시간 사용, 나머지 구성품은 24시간 동안 구동시켰다고 가정하였을 때 2단 10열의 가변안내표지판을 운영하기 위해서는 1일 평균 약 20.8 kWh의 전력이 필요하다. 이를 독립형 태양광 발전 시스템으로부터 공급받은 전력으로 운영하기 위해서는 일조시간 4시간을 기준으로 5,993 Wp의 태양광 패널이 필요하다. 또한 1일 운영을 위해서는

12V/200Ah의 배터리가 13개 필요하며, 부조일수 5일 동안 운영하기 위해서는 12V/200Ah의 배터리 63개가 필요하다. 이는 실제 가변안내표지판 운영 시 적용하기 어려운 조건이므로 이를 개선하기 위해서는 적용하고자 하는 시스템의 전력 운영 체계와 전력을 공급할 독립형 태양광 발전 시스템의 전력 분배 및 활용 방법이 바뀌어야한다. 따라서 본 논문에서는 독립형 태양광 발전 시스템을 오랜 시간 안정적으로 운영하기 위한 전력 관리 시스템 설계를 위하여 독립형 태양광 발전 시스템의 성능을 분석하였다.

2.2 온도 및 부하 특성에 따른 배터리 성능 분석

배터리는 온도에 따라 배터리 내부 전해액의 비중이 변하며, 이에 따라 배터리의 용량이 달라진다[6]. 따라서 정확한 배터리 관리를 위해서는 배터리의 온도를 고려하여 배터리의 전압을 보정 해주어야 한다. 그림 2는 온도에 따른 배터리의 용량 변화 그래프이다. 배터리는 ATRAS BX社의 KB200-12를 사용하였으며, 상온에서의 배터리 용량을 100 %라고 하였을 때 온도에 따른 상대적 용량 변화를 나타내었다. 배터리의 온도가 낮아질수록 배터리의 보존 용량도 함께 적어짐을 확인할 수 있다. 그림 2와 같이 온도에 따라 배터리의 전압을 보정해준다.

그림 2 온도에 따른 배터리 용량 변화

Fig. 2 The variation of battery capacity according to temperature

본 논문에서 제안한 전력 관리 시스템은 배터리 상태 및 일기 예보에 따라 배터리에 연결되어있는 부하의 소모 전력을 조절하여 배터리를 관리하고 시스템의 운영 시간을 효율적으로 연장시켜주는 시스템이므로, 배터리에 연결되는 부하별 전력 소모 특성을 분석하였다. 부하별 전력 소모 특성을 측정하기 위해 표 2에 나타난 사양의 배터리 2개를 병렬 연결하여 사용하였다. 5°C 조건에서 2.5A에서 4.5A까지 0.5A 단위로 소모 전류를 조절하고 배터리 전압을 측정하여 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 기온기가 가장 낮은 그래프부터 순서대로 1단계(2.5A), 2단계(3.0A), 3단계(3.5A), 4단계(4.0A), 5단계(4.5A)의 소모 전력 그래프이다.

표 2 배터리 사양

Table 2 The specifications of Battery

System Components	Specification
Battery	<ul style="list-style-type: none"> - 용량 : 12 V/200 Ah $\times$ 2ea - 동작 온도 : -40 °C to 45 °C - 단위 면적 : 519$\times$269$\times$224 mm³ - 단위 무게 : 67 kg

그림 3 부하 변화에 따른 배터리 전압

Fig. 3 The battery voltage according to load

본 논문에서 제안한 배터리 운영 영향 요인 분석의 타당성을 검증하기 위하여 온도 및 부하 특성에 따른 배터리 특성 분석을 바탕으로 배터리 전압을 예측하고 실제 배터리 전압 변화와 비교하여 그림 4에 나타내었다. 그림 4(b)와 같이 온도 변화의 폭이 적고 영하의 온도 조건인 경우, 그림 4(d)와 같이 온도 변화의 폭이 크고 영상의 온도 조건에서 동작하는 경우로 온도 조건을 설정하였다. 그림 4(b)와 같이 배터리 온도를 가변시키며 5단계의 부하로 배터리를 방전시켰을 때 부하의 변화만 고려한 경우의 배터리 전압 예측, 부하와 온도의 변화를 모두 고려한 경우의 배터리 전압 예측, 실제 측정된 배터리 전압을 그림 4(a)에 나타내었다. 배터리의 부하 변화만 고려한 경우보다 온도의 변화를 함께 고려한 경우, 예측 결과의 정확도가 더 높음을 확인할 수 있다. 이때 배터리의 부하 변화만 고려한 경우에는 1차 함수 그래프 형태로 나타나지만 온도의 변화를 함께 고려한 경우는 실제 측정된 배터리 전압과 같이 온도 변화에 따라 미세한 곡선 그래프 형태가 된다. 또한 그림 4(d)와 같이 배터리 온도를 가변시키며 2단계의 부하로 배터리를 방전시켰을 때 부하의 변화만 고려한 경우의 배터리 전압 예측, 부하와 온도의 변화를 모두 고려한 경우의 배터리 전압 예측, 실제 측정된 배터리 전압을 그림 4(c)에 나타내었다. 최고 온도와 최저 온도의 차이가 15°C로 온도차가 크므로 실제 배터리 전압과 배터리 전압 예측 간 오차가 있긴 하지만 배터리의 부하 변화만 고려한 경우보다 온도의 변화를 함께 고려한 경우, 예측 결과의 정확도가 더 높음을 확인할 수 있다. 온

(a) 온도 및 부하 특성에 따른 배터리 전압 예측

(온도 : -4~0°C, 부하 : 5단계)

(a) The estimation of battery voltage according to temperature and load (Temperature : -4~0°C, Load : Level 5)

(b) (a) 실험 시 배터리 온도

(b) The battery temperature during the experiment (a)

(c) 온도 및 부하 특성에 따른 배터리 전압 예측

(온도 : 4~19°C, 부하 : 2단계)

(c) The estimation of battery voltage according to temperature and load (Temperature : 4~19°C, Load : Level 2)

(d) (c) 실험 시 배터리 온도

(d) The battery temperature during the experiment (c)

그림 4 온도 및 부하 변화에 따른 배터리 전압 예측**Fig. 4** The estimation of battery voltage according to temperature and load

도가 4°C에서 19°C로 급격히 증가하면서 실측 배터리 전압에 변곡이 발생하였다. 부하의 변화만 고려한 경우의 배터리 전압 예측 결과는 기울기에 변화가 없지만 부하와 온도의 변화를 모두 고려한 경우의 배터리 전압 예측 결과는 12.7 V에서 12.57 V까지는 부하의 변화만 고려한 배터리 전압 예측 결과보다 높은 기울기로 전류가 감소하다가 12.57V 이후부터 부하의 변화만 고려한 배터리 전압 예측 결과보다 낮은 기울기로 변환되어 미세하게 변곡이 발생하였다.

2.3 기상 요인에 따른 발전 전력 분석

서울의 기상 정보 중 태양광 발전 시스템에 영향을 발생시킬 수 있는 기상 예보인 안개, 강수, 강설 등에 대한 평균 지속시간 및 평균 발전량을 분석하였다. 일기예보를 고려하여 전력 수요를 예측하고 전력 운영 방법을 가변시켜주기 위해서는 독립형 태양광 발전 시스템이 설치될 지역의 각 기상 요소별로 1일 평균 지속 시간과 1일 발전량의 예상 값이 필요하다. 따라서 2007년 7월부터 2010년 6월까지 3년

표 3 기상 예보별 평균 지속시간 및 평균 발전 전력**Table 3** The duration and generated power according to weather

기상요소	평균 지속 시간 [min]	평균 일사량 [W/m ²]	평균 발전 전력 [W/m ²]
안개	240	3,534	339
비	276	1,016	98
결빙	480	3,534	339
눈	270	485	47
적설	90	485	47
비, 안개	930	171	16
눈, 안개	270	485	47
없음	-	3,534	339

동안 한국, 서울의 기상 정보를 정리하였다[7-10]. 이때 기상요소 별 평균 일사량을 분석할 때는 태양광 패널로 발전 가능한 최저 일사량인 400 W/m² 이상인 경우에만 취합하여 평균값을 계산하였다. 각 기상 예보 별 평균 지속시간과 평균 일사량을 바탕으로 평균 발전량을 정리하여 표 3에 나타내었다.

3. 독립형 태양광 발전 시스템용 전력 관리 시스템

3.1 전력 관리 기술

배터리는 충전과 방전을 반복하는 횟수와 방전 심도에 따라 수명이 크게 차이 나므로 매일 충전을 반복하는 태양광 발전의 경우 특히나 전력 관리가 중요하다[11], [12]. 또한 배터리의 전압 및 수명에 따라 부하의 운영에 영향을 주게 되므로 전력 관리를 해주어야만 전체 시스템을 안전하게 오랜 기간 동안 사용할 수 있다. 앞서 분석한 온도에 따른 배터리 상태, 부하 특성 분석, 기상 정보 분석을 바탕으로 배터리의 상태와 기상 예보를 고려하여 부하 시스템을 운영할 수 있도록 독립형 태양광 발전용 전력 관리 기술을 설계하였다. 본 논문에서 제안하는 독립형 태양광 발전용 전력 관리 기술은 그림 5의 절차로 동작한다. 배터리 전압을 측정하여 배터리가 동작 범위인 12.0 V 이상에서 동작할 수 있도록 12.0 V 이하일 경우에는 방전 경로를 조절한 후 관리자에게 전력이 부족함을 알려준다. 또한 배터리의 온도를 감지하여 배터리의 전압을 보정해주고, 2일부터 5일까지의 일기예보를 확인 및 분석하여 부조일수 5일 동안 부하 시스템을 운영할 수 있도록 전력을 배분하고 현재 소모 전력을 결정한다. 이 때 부조일수 5일 동안 사용할 전력이 부족하면 관리자에게 전력이 부족함을 알려준다.

그림 5 독립형 태양광 발전용 전력 관리 기술의 절차**Fig. 5** The process of power management technology for stand alone PV system

3.2 전력 관리 기술의 적용

본 논문에서 제안한 전력 관리 기술은 배터리 상태와 일기예보를 바탕으로 전력 수요를 예측하여 부하의 소모 전력을 조절하는 방식이므로 LED와 같이 부하의 소모 전력을 가변시킬 수 있는 시스템에 적용할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 전력 관리 기술을 인프라 독립형 가변안내표지판에 적용하였다. 인프라 독립형 가변안내표지판이란 인프라 취약지역에서도 도로상황 및 기상상태 정보를 제공하기 위해 전력 인프라와 유선 통신 인프라에 독립적으로 운영 가능한 가변안내표지판이다. 인프라 독립형 가변안내표지판의 구성을 그림 6에 나타내었다. 교통상황 검지부에서 검지한 환경 정보를 센터로 보내고 센터에서는 이를 가공하여 교통적 의미가 있는 정보가 있는 경우 인프라 독립형 가변안내표지판으로 정보를 전송하여 표출하도록 한다. 그림 7은 시범운행 중인 인프라 독립형 가변안내표지판 시작품이며 실험의 편의성을 위하여 지상에 내려놓은 형태로 설치하였다.

앞서 분석한 온도에 따른 배터리 상태, 배터리에 연결되는 부하별 전력 소모 특성, 기상 정보 분석을 바탕으로 배터리의 상태와 발생 예정인 기상 예보를 고려하여 부조일수 5일 동안 인프라 독립형 가변안내표지판을 운영할 수 있도록 독립형 태양광 발전 시스템용 전력 관리 시스템을 설계하였다. 본 논문에서 제안한 전력 관리 시스템은 통합 VCU(Variable Message Sign Control Unit)에 내장되어 배터리의 상태 및 기상 예보를 검지하고 가변안내표지판의 전력을 분배하는 역할을 한다. 전력 관리 시스템은 크게 센터 정보 수신, 배터리 전압 측정 및 방전 경로 제어, 배터리 온도 및 조도 검지, 일기예보 확인, LED 휘도 단계 도출, 메시지 표출, 센터 정보 수신 대기의 단계로 동작한다.

그림 8에 인프라 독립형 가변안내표지판에 적용된 전력 관리 시스템의 동작 절차를 나타내었다. 우선 센터로부터 현재 기상 정보를 수신하여 표출 메시지의 유무를 확인하고 배터리의 전압을 검지하여 배터리가 12.0V 이상에서 동작할 수 있도록 한다. 배터리 전압이 12.0 V 이하가 되면 LED 모듈과의 연결을 차단시켜 배터리의 과방전을 방지한 후 센터 및 관리자에게 전력 부족 상태에 대한 정보를 제공한다. 다음 단계로는 배터리의 온도 및 조도를 검지하고 2일부터 5일까지의 일기예보를 확인하여 다섯 번째 날까지의 예상 표출 시간과 예상 발전량을 구하여 전력 소모 계수를 도출한다. 전력 소모 계수의 산정 방법은 수식 (1)을 따르며 산

그림 6 인프라 독립형 가변안내표지판의 구성도

Fig. 6 The system block diagram of Infra-free Variable Message Sign

(a) 인프라 독립형 가변안내표지판의 앞면

(a) The front side of Infra-free Variable Message Sign

(a) 인프라 독립형 가변안내표지판의 뒷면

(a) The back side of Infra-free Variable Message Sign

그림 7 인프라 독립형 가변안내표지판

Fig. 7 The Infra-free Variable Message Sign

정된 전력 소모 계수에 온도에 따라 완충전압을 보정하여 LED 표출 단계(I)를 도출한다.

$$C_{PC} = \frac{T_{DE}}{V_0 + V_{tem} + V_{GE}} \quad (1)$$

where

C_{PC} : 현재 전력 소모 계수

T_{DE} : 예상 표출 시간

V_0 : 현재 배터리 전압

T_{tem} : 완충전압 보정 전압

V_{GE} : 예상 발전량

다음 단계로는 조도 센서로 검지한 조도를 바탕으로 LED 표출 단계(II)를 도출하여 LED 표출 단계(I)과 (II)를 비교한다. LED 표출 단계(I)는 예상 전력 소모 고려시, 최대 표출 가능한 LED 표출 단계이므로 단계가 높을수

그림 8 인프라 독립형 가변안내표지판에 적용된 전력 관리 시스템의 절차

Fig. 8 The process of power management system for Infra-free Variable Message Sign

록 배터리의 용량이 충분함을 의미하며, LED 표출 단계(II)는 현재 조도 값에 따른 LED 표출 단계이므로 단계가 높을수록 배터리의 현재 소모 전력이 많음을 의미한다. 표 4에 나타난 바와 같이 LED 표출 단계(I)가 더 큰 경우에는 5일 동안 가변안내표지판을 운용할 전력이 충분하다는 의미이므로 조도에 따라 다섯 단계로 나뉜 LED 표출 단계(II)

로 표출 정보를 표출해준다. LED 표출 단계(I)보다 (II)가 더 큰 경우에는 5일 동안 가변안내표지판을 운용할 전력이 부족하다는 의미이므로 센터에 전력부족 알림(B)을 전송하고 검지된 조도에 따라 세 단계의 휘도 단계로 표출 정보를 표출해준다. 이는 5일 동안 사용할 전력이 충분하지 않을 경우에는 LED 표출 단계를 세 단계로 완화시켜 운영함으로써 가변안내표지판휘도 운영 지침을 만족시키는 범위 내에서 최소한의 전력을 소모하며 정보를 표출하도록 해주는 것이다. 다음 단계로는 다시 배터리 전압, 온도, 조도를 검지하여 변동이 있는 경우에는 전력 관리 절차를 다시 반복하며, 변동이 없는 경우에는 동일 정보를 지속적으로 표출하고 해당 절차에 따라 동작한다.

표 4 인프라 독립형 가변안내표지판의 LED 표출 단계 및 휘도

Table 4 The LED display level and illuminance of infra-free Variable Message Sign

전력이 충분한 경우			전력이 부족한 경우		
조도 [Lux]	LED 단계	LED 휘도 [cd/m ²]	조도 (Lux)	LED 단계	LED 휘도 [cd/m ²]
100 미만	1	1103.1	300 미만	1	1103.1
100~300	2	2147.8	300~900	2	2147.8
300~600	3	3152.5			
600~900	4	4006.9			
900 이상	5	4739.5	900이상	3	4006.9

4. 독립형 태양광 발전 시스템 기반의 가변안내표지판 구현 및 실험

4.1 운영 시나리오

전력 관리 시스템의 동작 성능을 검증하기 위하여 표 5와 같이 3 일치의 동작 절차 검증 시나리오를 작성하였다. 5분 간격으로 통합 VCU에서 처리할 현재 기상 상태, 온도 및 조도, 일기 예보, 발전 상태 등을 설정하고 배터리 전압과 전력 소모 계수, LED 표시 휘도 단계 등을 측정하였다.

4.2 실험 결과

전력 관리 시스템의 동작 절차 검증 실험 결과를 그림 9에 나타내었다. 배터리의 충전은 정해진 시간에 배터리 충전기를 사용하여 일정한 전압 및 전류로 충전하고, 방전은 정해진 시간에 기상 상태에 해당하는 메시지를 표시함으로써 실험을 수행하였다. 본 논문에서 제안한 전력 관리 시스템을 적용 시, 비적용 시보다 3일 동작 후 배터리의 전압이 0.13 V 더 높았으며 센터에 전력부족 알림(B)을 1번 전송하였다. 0.13 V의 전압으로는 인프라 독립형 가변안내표지판을 최대 601분, 최소 288분가량 추가 운영할 수 있다.

표 5 전력 관리 시스템 동작 절차 검증 시나리오

Table 5 The validation scenario for power management system process of the three unities

	1 일	2 일	3 일
기상 상태	- 비온 후, 안개 많은 날 - 04:30~08:30 : 안개 - 12:40~13:50 : 충전	- 맑음, 저녁에 안개 - 22:00~24:00 : 안개 - 10:30~14:45 : 충전	- 새벽에 비 내리고 안개 - 06:30~07:00 : 안개 07:00~07:30 : 강우 07:30~08:00 : 강우/안개 08:00~09:00 : 강우 09:00~09:30 : 안개 - 12:30~15:25 : 충전
조도	- 흐림, 13,000 lux 이하	- 맑음, 130,000 lux 이하	- 맑음, 30,000 lux 이하
온도	- 1 °C ~ 9 °C	- 5 °C ~ 10 °C	- 2 °C ~ 5 °C
예보	- 2일: 없음 - 3일: 메시지 4, 표시시간 1시간 - 4일: 없음 - 5일: 메시지 1, 표시시간 1시간	- 3일: 메시지 4, 표시시간 4시간 20분 - 4일: 없음 - 5일: 메시지 1, 표시시간 4시간 - 6일: 없음	- 4일: 없음 - 5일: 메시지 1, 표시시간 4시간 - 6일: 없음 - 7일: 메시지 7, 표시시간 8시간

5. 결 론

본 논문에서는 과충전 및 과방전으로부터 배터리를 보호하면서도 배터리의 운영 전력 예측을 통해 시스템의 사용 시간을 연장시킬 수 있는 독립형 태양광 발전 시스템용 전력 관리 기술을 제안하였다. 배터리의 상태와 일기 예보를 바탕으로 전력 수요를 예측하여 부하의 소모 전력을 조절하는 전력 관리 시스템을 설계하였으며 인프라 독립형 가변안 내표지판에 적용하여 부조일수 5일 동안 전력을 효율적으로 분배 및 운영할 수 있도록 하였다. 또한 전력 관리 시스템의 동작 절차를 검증하기 위해 3일치의 동작 절차 검증 시나리오를 작성하여 실험하였으며, 그 결과 본 논문에서 제안한 전력 관리 시스템을 적용 시, 비적용 시보다 3 일 동작 후 배터리의 전압이 0.13 V 더 높았으며 센터에 전력부족 알람(B)을 1 번 전송하였음을 확인하였다. 인프라 독립형 가변안내표지판 1기를 운영 하였을 경우 연간 이산화탄소 배출량 0.409 TCO², 연간 석유 사용량 0.198 TOE 절감 효과가 있을 것으로 기대된다.

본 연구 결과는 LED 조명, 광고 판넬, 가로등 등 전력 상황에 따라 부하의 소모 전력을 가변시킬 수 있는 시스템에 유용하다. 향후 본 연구의 결과를 토대로 독립형 태양광 발전으로부터 전력을 공급받는 다양한 용도의 어플리케이션의 전력 제어에 활용 가능할 것으로 기대된다. 또한 전력 관리 시스템 동작 절차의 정확성을 높이기 위하여 배터리 수명을 고려한 전력 관리 연구가 진행되어야 할 것이며, 이를 위해서는 배터리 사용 연한에 의해 변화되는 배터리 동작 특성을 추정하기 위한 등가 모델 개발에 관한 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부의 교통체계효율화사업(과제 번호, 10교통체계-지능 03) 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 최상열, 박지웅, 이종주, "연료전지 발전시스템의 PSCAD/EMTDC 모델링 및 계통연계에 따른 전력신호 분석에 관한 연구", 조명·전기설비학회 논문지, 제22권, 제5호, pp.21~30, 2008.
- [2] 조덕기, 강용혁, 이의준, 오정부, "국내 태양광발전시스템의 최적 설치에 관한 연구"한국태양에너지학회 논문집, vol.24, No.3, pp.19~25, 2004.
- [3] Bogdan S. Borowy, Ziyad M. Salameh, "Optimum Photovoltaic Array Size for a Hybrid Wind/PV System", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 9, No. 3, September 1994
- [4] 류승표, 전세봉, 민병권, 서광덕, "태양광 발전용 전력변환장치에 관한 연구", 한국태양에너지학회 논문집 제24 권 제3호, pp19~25, 2004.
- [5] 이성룡, 전철환, 신영찬, 이강명, "LED 교통 표지판용 독립형 태양광 발전 시스템의 구현", 전력전자학회 2003년도 추계학술대회 논문집 pp.206~209, 2003.

그림 9 전력 관리 시스템의 동작 절차 검증 결과

Fig. 9 The validation result for process of power management system

- [6] 김종훈, 이성준, 이재문, 조보형, “온도를 고려한 리튬이온 프래시 배터리의 특성 분석연구”, 전력전자학회 2007년도 추계학술대회 논문집 pp.66~68, 2007.
- [7] 기상청, “기상연보”, 2007.
- [8] 기상청, “기상연보”, 2008.
- [9] 기상청, “기상연보”, 2009.
- [10] 기상청, “기상연보”, 2010.
- [11] Duryea, S., Islam, S., Lawrance, W., “A battery management system for stand-alone photovoltaic energy systems”, Industry Applications Magazine, IEEE, Vol. 7, Issue. 3, pp.67~72, Jun 2001.
- [12] Harnish and J. Garche, “The lead acid battery for solar applications,” Renewable Energy World, pp.40~42, July 1998.

저 자 소 개

임 세 미 (林世美)

1987년 9월 20일생. 2010년 국민대 전자공학과 졸업. 2012년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전자공학과 박사과정.

Tel : 02-910-5072

E-mail : semi2094@nate.com

이 지 훈 (李志勳)

1987년 8월 17일생. 2012년 국민대 전자공학과 졸업. 현재 동 대학원 전자공학과 석사과정.

Tel : 02-910-5072

E-mail : cz8700@nate.com

박 준 석 (朴准奭)

1969년 8월 12일생. 1987년 국민대 전자공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1997년~1998년 Dept. of EE, UC-LA(PostDoctoralFellow). 현재 국민대학교 전자공학과 교수.

Tel : 02-910-5072

E-mail : jspark@kookmin.ac.kr