

태양광발전설비와 연계한 지능형 경관조명 전력제어 및 모니터링 시스템의 개발

논 문
60P-2-10

Development of Intelligent Landscape Lighting Power Control and Monitoring System with Solar Cell Generator Equipment

김 동 완[†] · 박 성 원* · 김 형 수**
(Dong-Wan Kim · Sung-Won Park · Hyung-Su Kim)

Abstract - In this paper, the intelligent landscape lighting power control and monitoring system with solar cell generator equipment is proposed. The first, the intelligent landscape lighting power controller is designed using the fuzzy logic control method. And the fuzzy logic controller is used to save power consumption for various reference intensity of the illumination. The second, the GUI monitoring system is presented. It has control and display faculty. And the practical experiment device is used to evaluate the performance criteria of the proposed intelligent landscape lighting power control system with the solar cell power generation equipment. From the experiment results, we present the property of proposed fuzzy controller such as steady state error, the tracking and power consumption characteristic for the reference intensity of illumination. And also we show the superiority of power control as well as the characteristic of GUI monitoring system in the proposed system.

Key Words : Fuzzy Logic Controller, Graphical User Interface(GUI), Monitoring System, Solar Cell

1. 서 론

최근 국내외의 발전설비의 안전사고로 인하여 에너지자원의 유동성 및 환경문제의 중요성과 함께 새로운 에너지원의 개발과 에너지의 효율성 향상이 요구된다. 따라서 신·재생 에너지의 상용전력과의 연계를 통한 효율적인 운용과 감시 시스템의 개발은 녹색전력망(Smart Grid)의 구축을 통한 에너지 자원의 효율성 및 환경개선의 관점에서 중요하다 할 수 있겠다. 전력에너지의 효율적인 이용을 위해서 조명부하에 대해서 에너지의 절약이 가능한 전력제어와 이의 통합운영을 통한 부하의 관리가 필요하며 특히 신·재생에너지의 효율적인 사용을 위해 기본적인 조명부하와의 연계는 중요하다 할 수 있겠다[1, 2]. 최근에는 에너지자원의 문제로 인하여 경관조명의 경우 시간대의 조정과 외부조명의 소등이 이루어지고 있으나 이로 인한 조명의 긍정적인 효과가 반감되고, 방법과 안전의 문제가 발생 할 수 있으므로 신·재생에너지를 사용하여 기본조명부하를 최소의 상용전력으로 제어하고 조명부하의 전력에 대한 통합관리시스템을 개발하여 운영함으로써 에너지 자원의 문제와 경관조명의 긍정적인 효과와 방법 및 안전 등의 문제점을 개선할 필요성이 요구된다 하겠다. 또한, 현재 대부분의 경관조명에 대한 전력제어는 계절별 또는 시간대별의 순차제어를 하고 있으므로 외부 환경에 따른 적응성이 부족하여 전력의 낭비가 발생하고 기

준조도에 대한 전력공급의 실시간 정보가 없어 효율적인 전력제어가 어려운 상태이다[2, 3].

본 논문에서는 신·재생에너지를 사용하여 경관조명의 전력에 대한 에너지문제를 해결하고자 하며, 전력소비가 적은 LED(Lighting Emitter Diode)램프를 사용하고 LED램프의 연색성과 유지보수 등의 문제점을 고려하여 교류부하인 메탈할라이드램프((Metal Halide Lamp)와 함께 전력제어를 함으로써 에너지의 효율성과 조명의 효과를 높이고자 한다. 또한 이의 효율적인 제어 및 감시를 위하여 원격지에서 전력제어가 가능하고 신재생에너지와 연계하여 전력공급현황을 파악할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하였다[4, 5].

따라서 본 논문에서는 첫째, 최적의 전력공급을 위해서 외부환경을 고려한 기준조도에 따른 실시간 전력제어가 가능한 지능형 퍼지제어기를 설계하여 경관조명 전력제어시스템을 구성한다. 둘째, 태양광발전설비와 연계하여 전력의 안정적인 공급과 에너지의 절약이 가능하도록 전체시스템을 제어하는 전력변환시스템을 구축하고 실시간으로 원격에서 전력의 제어와 상태의 감시가 가능한 전력제어 모니터링 시스템을 개발하고 예를 제시한다. 셋째, 태양광발전설비와 연계한 지능형 경관조명 전력제어시스템에 대한 기준조도와 조도변화에 따른 추종성능과 전력량의 변화 및 소비전력의 변화에 대해서 실험에 의한 성능평가를 통하여 제안한 시스템의 에너지절약 효과를 제시한다[4, 5].

[†] 교신저자, 정희원 : 동명대학교 전기공학과 교수 · 공박
E-mail : dongwan@tu.ac.kr

* 정희원 : (주)보강하이텍 대표이사

** 정희원 : 경남도립남해대학 전기과 교수 · 공박

접수일자 : 2011년 4월 25일

최종완료 : 2011년 5월 24일

2. 지능형 조명제어 시스템

본 논문에서 개발하고자하는 태양광발전설비와 연계한 지능형 조명제어 및 모니터링 시스템의 전체 구성은 그림 1과 같으며, 태양광발전 및 충전시스템과 전력변환시스템 및

GUI(Graphic User Interface) 모니터링 시스템, 지능형 경관 조명 전력제어시스템 및 부하로 구성되어진다[5].

그림 1에서 전체시스템을 통합하여 제어하는 전력변환시스템은 전압센서를 이용해 축전지의 전압을 체크한 후 기준 전압 값에 따라 축전지 또는 AC/DC 컨버터(Converter)를 선택하도록 함으로써 조명부하에 안정적인 전력을 공급한다. 전압과 전류 센서의 데이터를 RS-485통신을 이용하여 송수신 하며, 경관조명 전력제어시스템과는 RS-232통신을 이용해 데이터를 송수신한다. 또한 이더넷(Ethernet)통신을 이용해 GUI 모니터링 시스템에 데이터를 전송한다. 전력변환시스템은 경관조명 전력제어시스템의 전압과 전류 및 조도 등의 상태를 검사하여 이더넷통신을 이용하여 GUI 모니터링 시스템에 전송한다.

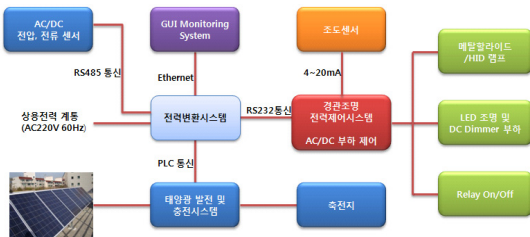


그림 1 태양광발전설비와 연계한 지능형 경관조명 전력제어 및 모니터링 시스템의 구성도

Fig. 1 The block diagram of landscape lighting power control and monitoring system with solar sell generator equipment

2.1 경관조명 전력제어시스템의 설계

그림 2는 전력제어시스템의 구성을 나타낸다. 전력제어시스템은 마이크로프로세서(Micro Processor), 통신포트 및 이더넷 제어기, 릴레이 제어기(Relay Controller)로 구성된다. 그림 2에서 마이크로프로세서는 SRAM과 연동되어 통신으로 주어지는 모든 데이터에 대해 기록을 하고 전원을 오프(Off)하거나 충전 등에 의한 비상시의 경우는 구동 이전의 데이터를 보존하며 GUI 모니터링 시스템의 요청에 의해 전원이 오프 되기 이전의 상태를 유지 할 수 있다. Thread Scheduling은 USART통신 uart0와 uart1 및 이더넷통신, Sensor Data Read의 일을 수행하기 위해 각각의 이벤트 우선순위를 2초 이내에 수신되는 이벤트에 대해 배정하며, 이벤트가 발생 하지 않을 시 순차적으로 실행하고 Thread 하나 당 할당된 시간은 500[ms]이다. 센서데이터 read Thread는 주기적으로 센서에 데이터를 요청하고 특정 센서로부터 현 전압 및 전류에 대한 데이터를 RS-485통신을 통해 읽어

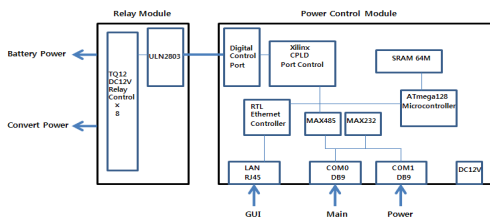


그림 2 전력제어시스템의 구성도

Fig. 2 The block diagram of power control system

들이고 읽어 들이는 센서의 데이터로부터 센서의 상태 정보 및 전압과 전류 데이터를 추출한다. 추출된 데이터는 Data-CMD Converter Thread에서 자체 프로토콜 및 통신 Check Sum CDC16을 통하여 실시간 패킷처리 하여 GUI 모니터링 시스템에 전송한다.

2.2 지능형 조명전력 제어기의 설계

지능형 조명전력제어시스템의 구성 도는 그림 3이다. 교류부하인 메탈할라이드램프와 직류부하인 LED램프를 혼합하여 지정된 장소의 조명을 제어하도록 하였으며, 외부 조명의 영향을 받으므로 외부 조명을 고려하여 조도를 제어함으로써 원하는 밝기를 유지하면서 최소의 전력을 소비할 수 있도록 한다. 이때 제어기로는 퍼지제어기를 사용하여 조명의 밝기를 실시간으로 변화할 수 있도록 하였다[5].

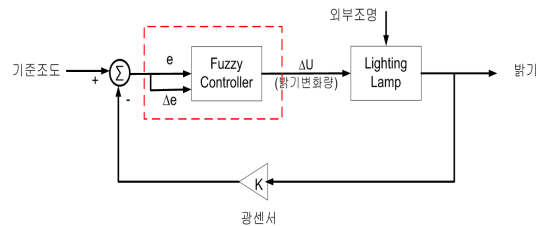


그림 3 퍼지 조명제어시스템의 구성도

Fig. 3 The block diagram of the fuzzy logic lighting control system

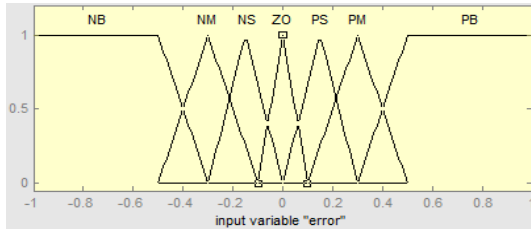
일반적으로 퍼지 제어기는 시스템의 특성이 복잡하며, 기존의 정량적인 방법으로는 해석할 수 없거나, 얻어지는 정보가 정성적이고, 불확실한 경우에 기존 제어기들보다 우수한 제어 성능을 나타낸다. 퍼지 제어에서는 퍼지 알고리즘을 주로 제어 알고리즘으로 사용하며, 이러한 퍼지 이론의 도입으로 인하여 퍼지 제어는 기존의 정확한 수학적 모델을 기초로 한 제어기의 단점을 보완하고, 인간의 의사 결정 방식을 도입하는 보다 인공 지능적인 제어기가 될 수 있다. 경관조명 전력제어시스템의 하드웨어 구현은 마이크로프로세서(ATMega128)를 사용하였으며, 전력제어는 기준조도가 일정한 경우와 기준조도가 변하는 경우에 대하여 교류부하인 메탈할라이드램프와 직류부하인 LED램프의 밝기 제어가 자동으로 조정되어 기준 조도 값에 추종하도록 하였다.

교류부하인 메탈할라이드램프의 자동점멸제어는 지정된 램프에 대한 명령 값을 입력받아 출력 포트로 보내면, 출력 포트에서는 최대 16개까지 제어가 가능하도록 하였다. 직류부하인 LED램프의 밝기제어는 명령신호를 받아 출력포트로 보내며 최대 16개의 램프를 제어하고 저항을 사용하여 조절하도록 하였으며, 밝기신호는 74HC164(8비트 직렬입력, 병렬출력)를 이용하여 조절하며, 지정된 램프에 대해 밝기신호를 8비트 값으로 직렬로 전송하여 밝기를 조절한다.

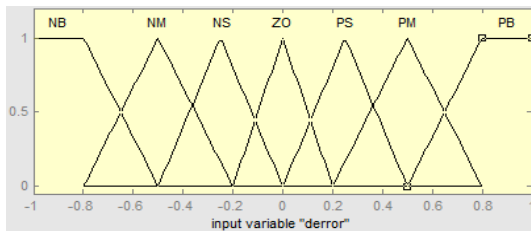
퍼지 제어기는 퍼지화, 퍼지추론, 비퍼지화의 과정으로 구성되며, 두 개의 입력 신호 값을 퍼지 값으로 변환하는 퍼지화 과정, 퍼지 값에 대해 Rule Base를 적용하는 퍼지추론 과정 및 퍼지 출력 값을 단일의 제어 값으로 변화시켜주는 비퍼지화 과정을 거치게 된다. 본 논문에서 사용된 퍼지 제어기의 입력으로는 다음의 식(1) 및 식(2)와 같이 기준 조도

와 현재 조도와와의 차이에 의한 오차 및 오차의 변화율을 사용하였으며 식(1)에서 출력은 비퍼지화된 출력 값인 밝기 변화량을 사용하여 램프 밝기를 조절하게 된다.

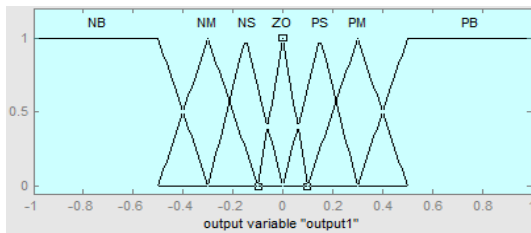
실제 값을 퍼지화하기 위해 사용된 퍼지 변수의 소속 함수는 그림 4와 같이 정의하였다. 이때 정상상태 오차를 줄이기 위해 0 부근에서의 퍼지 변수 범위는 좀 더 밀집되어 있는 것을 알 수 있다. 표 1은 퍼지 제어를 하기 위해 적용한



(a) 퍼지 입력변수(오차)



(b) 퍼지 입력변수(오차변화율)



(c) 퍼지 출력변수(밝기 변화량)

그림 4 퍼지 변수의 소속 함수

Fig. 4 The membership function of the fuzzy variable

표 1 퍼지 규칙표

Table 1 Rule of Fuzzy control

e / de	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NM	NM	NS	ZO	PS
MS	NB	NM	NS	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PS	PM	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PM	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

규칙을 나타낸 것으로 현재 일반적인 제어규칙이 적용되어 있으나 퍼지규칙을 변경함으로써 다양한 경관조명의 제어를

위한 방법이 가능하다. 식(1)에서 L_{ref} 은 기준 조도 값이며, $L(k)$ 는 센서로 측정된 현재의 조도 값을 나타낸다.

$$e(k) = L_{ref} - L(k) \tag{1}$$

$$de(k) = e(k) - e(k-1) \tag{2}$$

3. 전력제어 모니터링 시스템 및 성능평가

3.1 전력제어 모니터링 시스템

그림 5는 원격제어와 데이터분석 및 전력감시가 가능한 경관조명 전력제어 모니터링 시스템의 구성도이다. 센서로부터 조도 값과 전류와 전압 값을 전력제어시스템의 통신부에서 수신하여 통신 명령 프로토콜에 따라 정보를 실시간으로 원격 수신하고 수신된 정보를 실시간으로 저장 및 관리가 가능하며, 날짜별 시간 구분이 편리 하도록 구성하였다. 경관조명 전력제어 모니터링 시스템의 모니터링 부는 현재의 전력을 감시할 수 있는 경관조명 전력의 모니터링 부, 기준조도 값 및 현재조도 값을 확인할 수 있는 조도 모니터링 부와 현재의 전력사용을 모니터링 할 수 있는 전력 사용 모니터링 부로 나누어구성하였다[5].

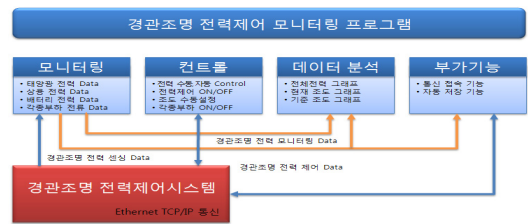


그림 5 경관조명 전력제어 모니터링 시스템의 구성도

Fig. 5 The block diagram of landscape lighting power control monitoring system

그림 6은 경관조명 전력제어 모니터링 시스템의 제어부에 대한 표시 예의 그림이다. 경관조명 전력제어시스템을 제어할 수 있는 제어 부의 기능은 전력을 수동 또는 자동으로 제어 할 수 있는 전원 스위치의 수동 및 자동모드와 기준조도의 설정모드 등으로 구성되어있다. 전원 스위치의 수동모드는 직류부하를 사용하기 위해 태양광 발전량이 기준 전압 이하일 때 직류부하를 사용하기 위한 전원으로 컨버터의 전원 버튼과 축전지의 전원 버튼으로 전원 공급원을 수동으로 선택이 가능하다. 전원 스위치의 자동모드는 직류부하를 사용하기 위한 전원으로 태양광발전 전원과 AC/DC 컨버터전원이 전력제어시스템의 전력변환 알고리즘에 의하여 자동으로 제어 가능하다. 밝기 및 조도의 자동 모드는 경관조명 전력제어시스템의 지능형 조명제어 알고리즘을 통하여 현재 조명의 최적화 환경을 고려하여 조명을 연출 할 수 있다. 경관조명 전력제어시스템의 전체 전력량, 기준 조도 값, 현재 조도 값을 사용자가 손쉽게 확인이 가능 하도록 실시간 그래프로 출력가능하며 사용자가 그래프를 손쉽게 확대 또는 축소할 수 있으며, 커서를 이용하여 그래프에 그려진 데이터의 값을 확인할 수 있다. 또한, 자동에러 체크 및 복구

유틸리티를 통해 에러 검출 및 정정 알고리즘에 의한 통신 단계별 에러 발생수의 조사를 통한 오차율 검증과 데이터 전송 인터페이스가 가능하다.

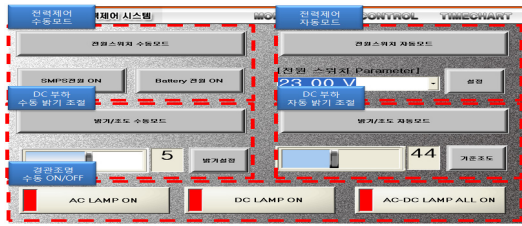


그림 6 경관조명 전력제어 모니터링 시스템의 제어부
Fig. 6 The control part of landscape lighting power control monitoring system

3.2 경관조명 전력제어시스템의 성능평가

제안한 경관조명 전력제어시스템은 제어신호의 출력을 3[sec]주기로 하였으며 이는 지나치게 짧은 간격으로 제어할 경우 순간적인 주변 조명에도 반응함으로써 밝기의 변동이 심하게 되므로 어느 정도 지속적인 변화에 대비하도록 제어 시간을 조절하였다. 이는 제어목적이 순간적인 밝기 유지보다는 주위환경에 따라 부드럽게 제어되게 함으로서 인간의 시각에 피로감을 덜하게 하며 전체적인 에너지의 효율적인 활용에 주안점을 둔 것이다. 따라서, 퍼지제어기는 이러한 제어를 규칙화함으로서 다양한 목적을 만족시킬 수 있을 뿐만 아니라 외란에 대해서도 강인한 특성을 나타내므로 다양한 환경과 조명에 대해서 우수한 성능을 가질 수 있다.

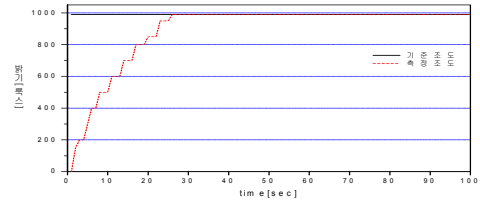
그림 7은 태양광발전설비와 연계한 경관조명 전력제어시스템의 교류와 직류부하의 기준조도에 대한 추종성능과 소비 전력량을 검증을 위한 실험 장치를 나타낸다.



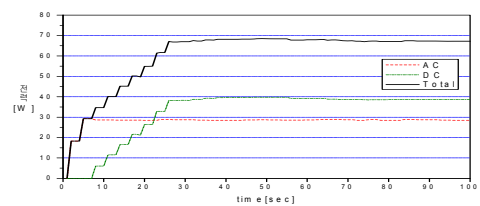
그림 7 태양광발전설비와 연계한 경관조명 전력제어시스템 실험장치
Fig. 7 The experiment device of landscape lighting power control system with solar sell generator equipment

그림 8은 설계된 퍼지제어기를 사용한 경관조명 전력제어시스템의 기준조도를 1000[lx]로 설정하였을 때 그림 8의 (a)는 조도의 추종성능을 나타내고, 그림 8의 (b)는 전력량의 변화를 나타내는 그림이다. 초기의 큰 오차에 대해서는 빠른 속도로 추종이 가능하도록 교류램프가 기동하며 교류램프가 기동된 후에는 직류램프를 차례로 점등하게 되는데 그림 8의 (b)에서 직류 전력이 단계적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 과정을 통해 빠른 시간에 기준조도를 추종하게 된다. 이때 정상상태에서의 오차가 발생하는데 이는 조명의 제어 값이 이산적인 값을 갖기 때문에 발생하

는 것으로 이를 줄이기 위해서는 밝기제어(dimming)의 단계를 정밀하게 할 필요가 있음을 알 수 있었다. 그러나 실제 시각은 이러한 값에 대해 민감하지 않으므로 실용성과 경제성 등을 종합하여 고려할 필요가 있다.



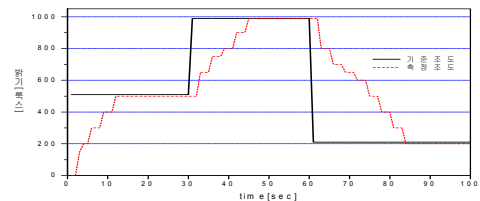
(a) 기준조도(1000 [lux])에 대한 추종 값



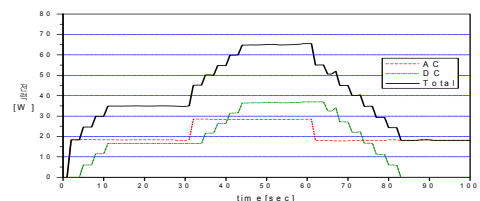
(b) 기준조도에 대한 전력량 변화 값

그림 8 기준조도에 대한 추종성능 및 전력량의 변화 특성
Fig. 8 The intensity of illumination and power characteristic for reference intensity of illumination

그림 9는 기준조도를 단계별로 변화시켰을 때 조도의 추종 성능과 전력량의 변화 특성을 나타내는 그림이다. 그림 9의 (a)에서 기준조도가 500[lx]인 경우는 교류램프와 직류램프가 조합되어 점등하는 것을 알 수 있으며 부하가 큰 폭



(a) 기준조도의 변화에 대한 추종성능



(b) 기준조도의 변화에 대한 전력량

그림 9 기준조도의 변화에 대한 조도의 추종성능과 전력량의 변화 특성
Fig. 9 The intensity of illumination and power characteristic for various reference intensity of illumination

으로 감소할 경우 다수의 교류램프가 있을 경우에는 교류램프가 먼저 소등되지만 전력량의 감소폭과 교류램프의 점등 수에 따라 우선순위가 달라지게 하였다. 즉 하나의 교류램프가 남을 경우 직류램프부터 소등함으로써 전력량의 감소뿐만 아니라 교류램프가 갖는 연색성의 우수성도 가질 수 있도록 제어하게 된다.

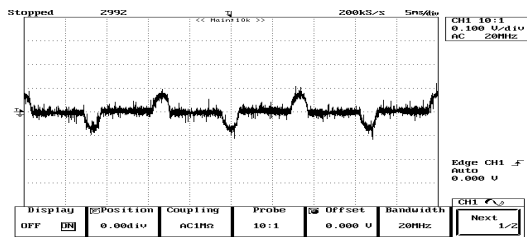
그림 10은 조명제어시스템에 의해 동작되는 직류램프와 직류 및 교류램프를 모두 사용하였을 때의 전류 값의 특성을 나타내는 그래프이며, 그림 11은 교류램프의 전체 소비전력을 103[W]로 하고 직류램프의 전체 소비전력을 60[W]로 하여 기준조도에 대하여 각 모드별 즉 상용전원에 교류램프만을 사용한 경우, 상용전원에 직류램프와 교류램프를 사용한 경우, 상용전원과 태양광전원에 대하여 교류 및 직류램프를 사용한 경우, 상용전원과 태양광전원에 대하여 직류 및 교류램프를 사용하고 제안한 지능형 조명제어시스템을 적용한 경우의 각각의 모드에 대한 소비 전력량의 비교표를 나타낸다. 임의의 기준조도 값을 500[Lux]로 설정한 후 현재 조도의 평균값이 근사하게 유지되며 부하의 사용 전력량의 평균값이 160[W]를 유지 되도록 하였다. 즉, 조도 변화가 있을 때 조명의 밝기를 조절하여 항상 같은 밝기를 유지하고 그 사용량 또한 같도록 하였으며, 교류램프의 사용량과 직류

램프의 사용량을 비교하여 교류램프의 사용량 보다 직류램프의 사용량이 더 많도록 제어하여 측정하였다. 직류램프는 태양광으로부터 입력되는 전원을 사용하므로 교류전원의 사용을 줄일 수 있으며, 직류전원은 태양광 발전이 없는 시간대에는 교류전원이 컨버터에 의해 변환된 직류전원을 사용하게 되므로 이때는 교류램프의 구동 효율과 직류램프의 구동 효율을 비교하여 가능한 교류램프의 사용을 줄이고 직류램프를 사용하게 된다. 이는 직류램프가 교류램프와 밝기는 비슷하면서 사용 전력량에 대한 효율이 좋기 때문이다. 이러한 입력 전원의 사용 전력량에 대해서 제어 및 조도에 따른 지능제어시스템의 사용은 기존의 교류전원만을 사용한 경우나 교류에서 직류로 변환된 전원을 사용한 경우와 비교하여 약 50[%] 이상의 소비 전력량에 대한 에너지의 절약효과가 있음을 알 수 있었다.

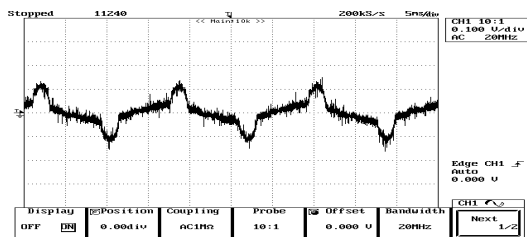
4. 결 론

본 논문에서는 태양광발전설비를 구축하고 이를 효율적으로 이용하여 조명전력의 에너지절약이 가능한 전력제어시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위해서 퍼지제어기를 설계하여 지능형 전력제어시스템을 구성하고 이의 유용성을 실험을 통하여 검증하였다. 또한, 원격제어 및 사용자의 편의를 고려한 모니터링 시스템을 설계하여 전력관리를 통한 에너지절약이 가능하도록 하였다. 전력제어시스템은 태양광발전설비와 전력제어장치, 모니터링 시스템, 센서 부, 충전상태와 부하상태 및 전력제어 등을 통합하여 관리하는 통합제어장치인 전력변환장치로 구성되어진다. 조명부하는 직류램프와 교류램프로 구성되어 연색성을 가지도록 하였으며, 기준조도에 따라 태양광발전설비를 최대한 이용하여 직류램프에 공급하고 태양광전원 및 축전지전원이 부족할 시에는 상용전원을 사용하여 전력에너지의 공급이 가능하도록 하였다.

제안한 시스템의 성능을 평가하기 위해서 기준조도가 일정한 경우와 기준조도가 변화하는 경우에 대하여 기준조도에 대한 추종성능 및 전력량의 변화를 실험을 통하여 확인하였으며 각 모드별에 대한 소비전력의 변화를 확인한 결과, 제안한 지능형 경관조명 전력제어시스템을 태양광발전설비와 연계하여 사용하는 경우 에너지의 절약효과가 상용전원을 사용한 경우에 비하여 월등히 뛰어남을 확인할 수 있었다. 또한 제안한 전력제어 모니터링 시스템은 원격리에서 실시간으로 조명의 전력 상태를 감시하고 이를 제어할 수 있어 사용자 중심의 전력제어가 가능하여 전력에너지의 효율적인 제어와 관리가 가능함을 확인할 수 있었다.



(a) 직류램프(LED램프) 동작 시 전류 파형



(b) 직류 및 교류램프 동시 동작 시 전류 파형

그림 10 부하 동작시의 전류 파형

Fig. 10 The current wave for DC and AC lamp

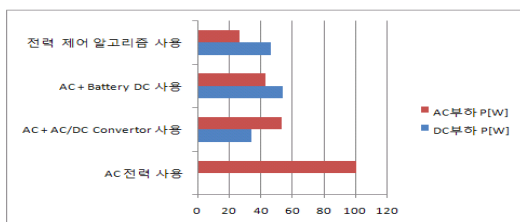


그림 11 모드별 소비 전력량의 그래프

Fig. 11 The graph of consumption power for each mode

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 시행한 중소기업기술혁신개발사업(제2008-124호)의 지원에 의하여 이루어진 연구결과의 일부이며, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 박찬국, 용태석, “스마트 그리드 도전방향과 추진과제”, 주간기술동향통권 1411호, 정보통신산업진흥원, 2009.

- [2] 산업교육연구소, "LED사업 제반분석과 융복합사업 및 부품·소재·장비세미나", KIEI세미나 2009, 산업교육연구소, 2009.
- [3] 한국과학기술정보연구원, "전력설비분야에서의 새로운 센싱기술", KISTI 심층정보분석보고서, 2003.
- [4] 김동완, 박성원, "에너지절감을 위한 태양광발전설비 연계형 경관조명 전력제어시스템의 개발", Trans. KIEE. Vol. 59P, No. 4, DEC, 2010.
- [5] 박성원, 김동완, "에너지절감형 경관조명전력제어시스템의 개발", 중소기업기술혁신개발사업 최종보고서, 2011.
- [6] 김동완, 박성원, "ATmega 128을 이용한 디지털/아날로그 자동조명제어장치의 개발," Trans. KIEE. Vol. 54P, No. 4, JUNE, 2006.
- [7] T. W. Lee, S. J. Jang, H. K. Jang and C. Y. Won, "A fuel cell generation system with a fuel cell simulator", Journal of power electronics, Vol. 5, No. 1, Jan. 2005.

저 자 소 개



김 동 완(金 炳 完)

1960년 2월 1일생. 1984년 동아대학교 전기공학과 졸업. 1987년 부산대학교 전기공학과(석사). 1995년 부산대학교 전기공학과(공학). 전기기술사(건축전기), 조명디자이너, 1997년~현재 동명대학교 전기공학과 교수.

Tel : 051-629-1314

E-mail : dongwan@tu.ac.kr



박 성 원(朴 成 元)

1973년 12월 1일생. 2000년 동아대학교 전기공학과 졸업. 2002년 동아대학교 전기공학과(석사). 2009년 동아대학교 전기공학과 박사과정 수료. 현재 (주)보강하이텍 대표이사

Tel : 051-803-3652

E-mail : psw7374@bghitech.co.kr



김 형 수(金 亨 洙)

1972년 1월 26일생. 1994년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1997년 부산대학교 전기공학과(석사). 2002년 부산대학교 전기공학과(공학), 2004년~2005년 일리노이 공과대학교 Post Doc. 2006년 한국지역난방공사, 2009년~현재 경남도립남해대학 전기과 교수

Tel : 055-860-5353

E-mail : kimhsu@namhae.ac.kr