

조명제어시스템 경제적인 실적확인 기법 연구

(Study on Economical M&V Methodology for the Lighting Control System)

*최경식, 한승호

(Kyung Shik Choi, Seung Ho Han)

(한진 전력연구원)

Abstract

Although the domestic electric power consumption of lighting have shared 20~30 % of the national electric power consumption, the spread of lighting control system which can reduce the electric power consumption have been insignificant. The government have set the demonstration project and given the incentive to promote the spread of lighting control system since 2008. The M&V (Measurement and Verification) methodology for lighting control system have not been set yet in our country, but the direct measurement was suggested in US. The direct measurement methodology can increase the accuracy of measurement, but it cost much money to burden a customer. This study have suggested a new M&V methodology which cost low and is simple relatively. I had measured the amount of electric consumption through both the direct measurement and the new M&V program computation, and have analyzed the deviation. The amount of electric consumption measured by the new M&V program computation have agreed with one by the direct measurement within the error range of the instrumentation in case of lab scale test, and the 4~8 % deviation have existed in case of field evaluation.

1. 서론

국내 조명 전력사용량은 전체 전력사용량의 20~30%을 점유하고 있지만 에너지 절약과 저감을 동시에 할 수 있는 조명제어시스템 보급률은 매우 미미하다. 조명제어시스템 보급 촉진하기위한 전 단계로서 '08년부터 시범사업을 시행하고 있으며 그 대상은 일반용, 산업용, 교육용 전력 사용 고객 중 조명제어시스템 설제 조명부하가 50kW이상인 경우 시행업체에게 보조금을 지급하고 있다. 시범사업 및 본 사업을 추진함에 있어 조명제어시스템 보급에 따른 주체별 경제성 평가, 적정 보조금 규모 및 본 사업의 효과성 등 평가하는데 기초적이면서 중요한 데이터는 조명제어 시스템 설치 전후의 절감량이 된다. 본 논문에서 절감량을 도출하기위해 사용량을 계측해야 하며 이를 측정하기위한 기존 방법을 소개한 후 경제적으로 측정할 수 있는 새로운 기법개발과 이를 실증 시험한 결과를 소개 하고자 한다.

2. 본론

2.1 기존 조명제어시스템 실적확인 기법

국내 조명제어시스템의 실적확인 기법은 아직 체계적으로 정립이 되어 있지 않는 실정이다. 그 이유는 조명제어시스템 보급이 초기 단계이며 설치 전후의 실적확인에 대한 고객의 요구가 미미했기 때문인 것으로 보인다. 최근에 들어와서 조명제

어시스템 시범사업에 정부가 지원금을 지급하고 있으며 본 사업 추진에 있어 국가의 수요관리 사업의 효과성을 정량적으로 평가해야하는 필요성과 소비자의 에너지 절감량에 대한 높은 관심으로 이를 해소할 수 있는 실적확인 기법의 개발이 요구된다. 체계적으로 정립된 미 전력회사 SCE의 SPC(Standard Performance Contract) 제시된 조명기기에 대한 실적확인 기법은 계산방식과 실측방식이며 주요 내용은 다음과 같다.[1]

가. 계산방식

조명기기에 대한 효율은 공인기관으로부터 인증을 받은 것이므로 현장에 설치된 수량을 확인하고 표준설비와트수를 이용하여 에너지 절감량을 계산한 후 지원금을 지급한다.

이런 방식은 조명제어시스템에 적용할 수 없는 방식이다. 왜냐하면 조명제어시스템은 단위기가 아니라 제어 패턴에 의해 에너지를 절감하는 시스템이기 때문이다.

나. 실측방식

실측은 방식은 계측기를 현장에 직접 설치하여 사용량을 측정하는 것을 말하며, 조명설비 가동시간을 기록하는 Light Logger등의 계측기를 이용하여 측정하는 경우와 전압 및 전류 계측기를 현장에 설치하여 사용량을 계측하는 경우가 있다.

조명기기 설치 전의 기준 조명부하(Baseline

Load) 계측 기간은 3주 정도이며 데이터 측정 주기는 최소 15분마다 1번씩 기록한다.[표1]

표1. 건물형태별 계측기간

건물 형태	계측 기간
상가	3주
사무실	3주
학교	4주(학기중 및 방학중 각 2주)
병원	3주
연속적인 생산업	3주
계절별 성격의 생산업	4-8주(가동 시간에 변화가 있는 각 계절에 대해서는 2주)

조명기기 설치 후 1년간 측정된 에너지 절감량 산출은 다음과 같다.

$$kWh_{saved} = (OH_{base} - OH_{post})kW_{post}$$

여기서, kWh_{saved} : 연간 총절감 에너지[kWh]
 OH_{base} : 제어 장치의 설치 전 가동시간[hours],
 OH_{post} : 제어 장치의 설치 후 가동시간[hours],
 kW_{post} : 조명제어 부하[kW]

보조금 지급은 절감량 산출 후 단위 kWh당 책정된 금액을 곱해 보조금을 지급하며 총 사업비의 50% 넘지 않는다.

2.2 프로그램 계산에 의한 새로운 실적확인 (M&V) 기법개발

기존 계산에 의한 실적확인 기법은 고효율 조명기기에 대해 적합한 방식이나 조명제어시스템에 적용하는 것은 부적절하다. 왜냐하면 조명제어시스템은 적용 대상을 어떻게 운용하느냐에 따라 에너지 절감량이 달라지기 때문이다.

실측에 의한 방법은 정확성과 신뢰성이 매우 높지만 계측장비의 설치 비용이 많이 들기 때문에 조명제어시스템의 설치 고객에게 경제적인 부담을 가중시킨다. 따라서 최소의 비용으로 신뢰성을 제고시키고 에너지 절감량을 분석하여 절감율을 극대화시킬 수 있는 새로운 실적확인(M&V) 기법을 개발하는 것이 요구된다.

가. 기준 조명부하량 측정

조명제어시스템 적용 전후의 에너지 절감량을 산출하기 위해서는 설치전의 기준 조명부하량(Baseline Load)을 설정해야한다. 이를 설정함에 있어 고려해할 사항은 조명제어시스템을 설치하기 전에 고객은 에너지 절약을 위해 일정부분 수동으로 조명을 소등한다. 따라서 절감량을 산출할 때 기준 조명부하량

을 측정하여 에너지 사용량에서 빼야한다.

기준 조명부하량(Baseline Load)는 실적확인의 신뢰성을 높이기 위해 필수적으로 측정하는 항목이며 측정 기간에 대해 국내에서 기준이 없어 이 분야의 연구가 필요하며 미국의 사례[표1]를 참조할 수 있다.

나. 실적확인 프로그램 계산에 의한 사용량 측정

PC기반의 조명제어시스템 설치 후의 전력 사용량을 측정하여 절감량을 산출하는 것은 지원금을 지급하는 정부나 시스템 설치 고객에게 중요하다. 정부는 얼마만큼 절감을 했는지 파악해야 지원금 지급 효과성을 평가할 수 있으며, 고객에게는 사용량을 더 많이 줄일수 조명부하 그룹이 무엇인지를 알려주는 수치가 된다.

건물의 영역별 전력 사용량을 측정하기위한 기존 방법은 계측기를 현장에 직접 설치하여 전력사용량을 측정하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 한 건물에 여러 분전반이 있으며 동일 분전반 내에 여러 개의 조명부하 그룹이 있어 이를 각각 실측하기위해 여러개의 측정장비가 필요하며 많은 비용이 수반되는 단점이 있다. 또한 실측을 하는 경우 일반적으로 조명부하 전력공급 배선에 조명부하만 있는 것이 아니라 냉난방 기기들이 연결되어 있어 전력량계 계량시 순수 조명부하 사용량 뿐만 아니라 냉난방 기기의 전력 사용량도 함께 계측되어 오차가 발생한다. 이런 단점을 극복할 수 있는 방법이 실적확인 프로그램 계산 방식이다.

조명제어시스템은 통신프로토콜 방식에 따라 유선, 무선 그리고 PLC 방식이 있다. 조명제어시스템의 기본 구성은 기본적으로 스케줄 제어, 그룹 및 패턴제어, 센서 자동제어, 원격제어를 기능을 수행 할 수 있도록 통제하는 PC기반의 중앙제어 장치와 조명부하를 여러 그룹으로 묶어 전력을 공급 차단하는 릴레이와 센서로 구성되어있다.

실적확인 프로그램을 만들기 위한 알고리즘은 조명부하 중앙시스템에서 스케줄제어를 하는 경우 또는 현장에서 센서에 의한 조명부하 점소등이 되는 경우 해당 조명부하 그룹 ID 또는 센서ID, 점소등 시각이 PC의 데이터베이스에 저장시킨다. 일정 기간 내에 관심있는 조명부하그룹에 대한 전력 사용량 산출은 데이터베이스에 기록된 점소등 시각을 읽어와 총 사용시간을 산출한 후 해당 그룹의 총 조명부하(W)을 곱해주면 전력 사용량이 계산된다. 따라서 에너지 절감량은 기준 조명부하량에서 계산된 전력사용량을 빼면된다(에너지 절감량 = 기준 조명부하량 - 계산에의한 사용량).[그룹 1]

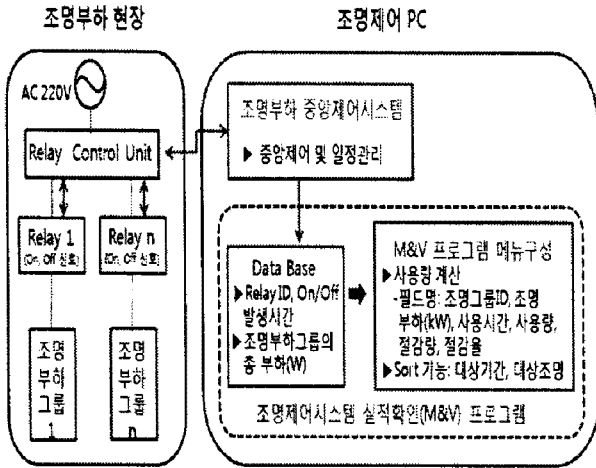


그림 2. 조명제어시스템 실적확인(M&V) 프로그램 알고리즘

2.3 프로그램 계산에 의한 실적확인기법 실증시험 가. Lab 시험

(1) 개요

실험실적 시험에 사용된 조명제어시스템의 통신방식은 유선방식이며 시스템 제어 및 실적확인 프로그램은 Delphi 7.0을 데이터베이스는 Firebird 2.0을 사용하여 구현했다.

실험실적 시험의 조명부하는 형광등 32W 55개와 실험중 형광등에서 나오는 열을 냉각시키기 위해 40W 선풍기 1대를 연결시켜 총 부하는 1.8kW이다. 실험목적은 조명부하 전력 사용량을 전자식 전력량계로 측정할 것과 실적확인 프로그램 계산에 의한 사용량이 어느정도 일치하는지 평가하기 위해서이다.

(2) 실험 방법

실험 시간은 250분에 걸쳐서 시간패턴 제어로 전력부하를 점소등 시켰다. 전력량계는 정밀도 1급(정확도 ±1%) 전자식 전력량계를 사용했으며 데이터 취득 방법은 전력량계에 통신포트가 없어 디지털카메라로 5분 간격으로 자동 촬영하여 사용 전력량 취득했다. 프로그램 계산방식은 조명제어반에서 시간 패턴 제어 명령을 릴레이로 하달하면 릴레이는 신호를 받아 조명부하를 점소등하며 이때 제어 명령은 PC의 DB에 저장된다. 실험시간이 종료된 후 실적확인 화면에서 조회일자를 선택하여 전력 사용량을 불러오면 10분단위 사용량을 보여 줄 수 있도록 프로그래밍 하였다. 이때 사용량은 조명부하(W)에 점등누계 시간(h)을 곱한 값이 된다.

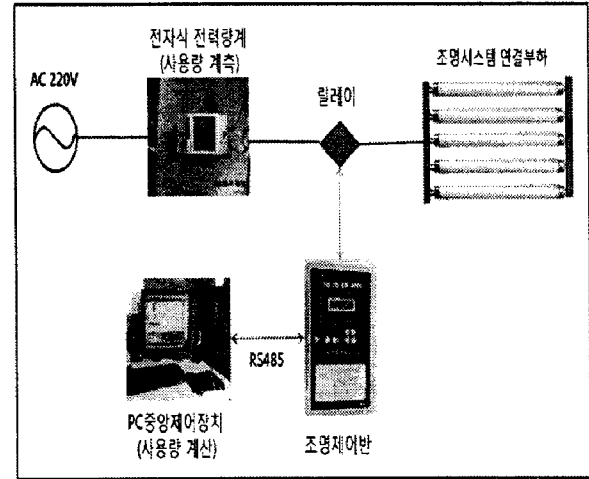


그림 3. Lab 시험구성도

(3) 실증시험 결과

실측값인 전자식전력량계와 프로그램 계산에 의한 전력 사용량을 측정하여 비교하였다. 시험 초기에는 전자식전량계 실측량과 계산에 의한 사용량의 편차가 약 20%에서 시간이 갈수록 약 2% 수준으로 수렴하고 있음을 보여준다. 또한 전자식 전력량계의 오차가 ±1%이므로 편차가 오차범위 내에서 일치한다고 볼 수 있다.

편차가 존재하는 이유는 전력부하는 일정하지만 조명부하에 공급되는 전력의 전압이 일정하지 않아 전류량 역시 변동이 있어 실제 계측에 의한 것과 프로그램 계산에 의한 것과 편차가 발생하는 것으로 추정된다.

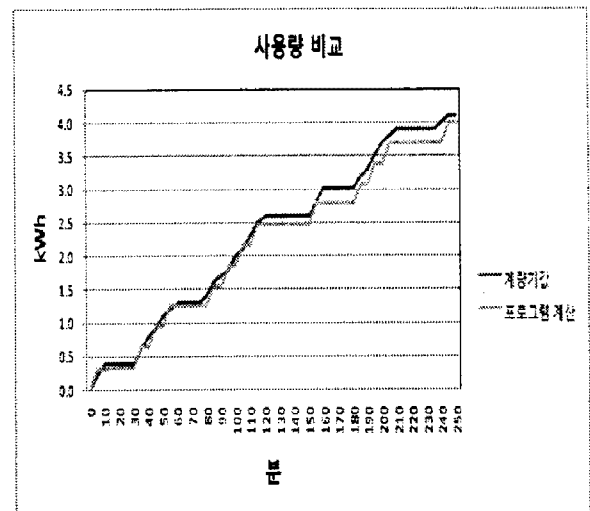


그림 4. 실측과 프로그램 계산에 의한 사용량 비교

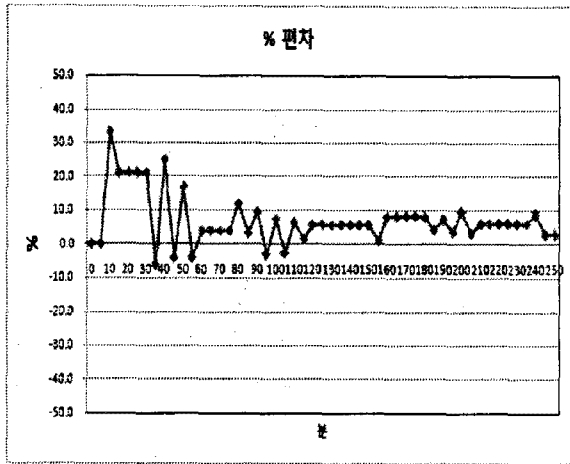


그림 5. 실측과 프로그램 계산에 의한 사용량 편차

나. 사무공간에서의 실증시험

(1) 개요

조명제어시스템이 실제로 설치 운영되는 전력회사 사무공간(제주도 서귀포시 안덕면에 위치)에 실증시험을 했다. 실험목적은 조명부하 전력 사용량을 전자식 전력량계로 실측한 것과 실적확인 프로그램 계산에 의해 산출된 사용량이 어느정도 일치하는지 평가하는 것이다. 실증시험에 사용된 조명제어시스템의 통신방식은 PLC 방식이며 시스템 중앙제어장치 및 실적확인 프로그램은 Delphi 7.0을 데이터베이스는 Firebird 2.0을 사용하여 구현된 시스템이다.

사무공간에 설치된 조명부하는 두 종류의 형광등이며 총 1.87kW이며 5개 조명제어 그룹으로 구성되어 있다.[표2]

표2. 사무공간 조명제어시스템 연결 부하

구 분	용량(W)	수량	총용량(W)
3등용형광등 FL	60	29	1740
FPL(전구식형광등)	26	5	130

(2) 실험 방법

실증시험은 오전 10시부터 17시까지 420분동안 실험하였다. 조명부하 제어는 평상시 사무실 제어패턴을 따랐으며 시험시작 시각인 오전 10시부터 시작 12시까지는 점등, 점시시간인 12시부터 13시까지는 소등, 13부터 시험 종료 15까지는 점등하였다.

전력량계는 정밀도 1급(정확도 $\pm 1\%$) 전자식 전력량계를 사용했으며 데이터 취득 방법은 전력량계에 통신 포트가 없어 디지털카메라로 5분 간격씩 자동 촬영하여 사용 전력량 취득했다. 프로그램 계산방식은 중앙제어장치(PC)에서 제어 명령을 릴레이로 주면 릴레이는 신호를 받아 조명부하를 점소등 시키며 이때 제어 명령 시각이 PC의 DB에 실시간으로 저장된다. 이때 사용량은 조명부하(W)에 점등누계 시간(h)을 곱한 값이

된다. 실적확인 화면에서 조회일자를 선택하여 전력 사용량을 불러오면 1일 단위 사용량이 보여 주기 때문에 실증시험 기간동안에 60분 간격으로 불러오기를 하여 프로그램 계산에 의한 사용량 데이터를 취득하였다. [그림 6]

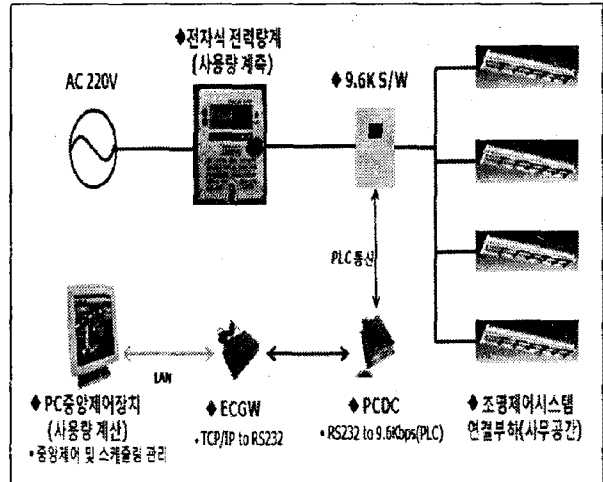


그림 6. 실증시험 구성도

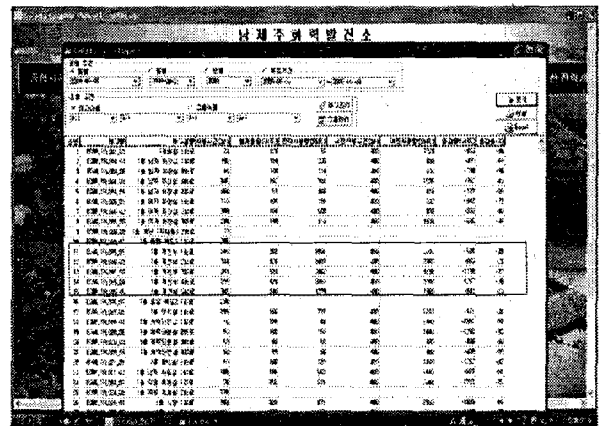


그림 7. 실적확인(M&V) 프로그램 계산 화면

(3) 실증시험 결과

전자식전력량계로 실측한 사용량과 프로그램 계산에 의한 사용량을 비교하였다. 시험 초기에 전자식전력량계 실측에 의한 사용량과 계산에 의한 사용량의 편차가 약 12%에서 시간이 지남에 따라 4~8% 수준에 수렴하고 있음을 보여준다.

편차가 존재하는 이유는 전력부하는 일정하지만 제주도 풍력발전 단지로부터 유입되는 출력변동이 큰 전력으로 조명부하 전원의 전압 변동이 심해 조명부하 측 전류량의 변동으로 실측에 의한 사용량 값과 프로그램 계산에 의한 것과 편차가 발생했던 것으로 추정된다.

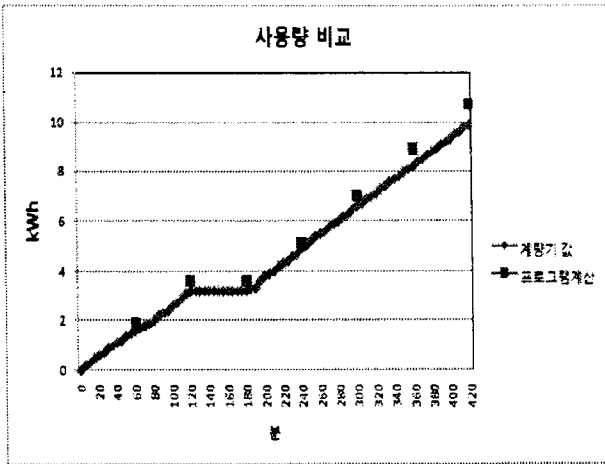


그림 8. 실측 및 프로그램 계산에 의한 사용량 비교

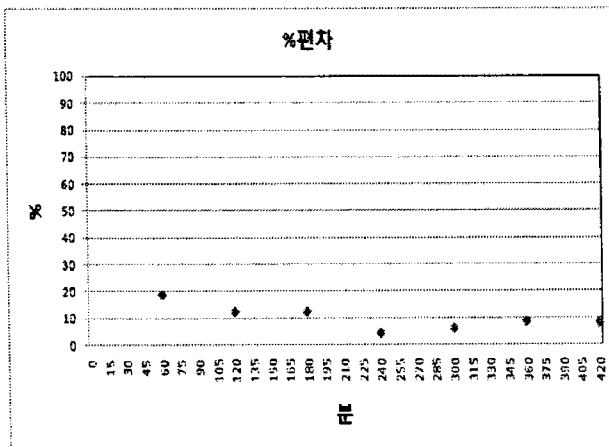


그림 9. 실측 및 프로그램 계산에 의한 사용량 편차

3. 결론

조명제어시스템의 사용량을 경제적인 방법으로 측정할 수 있는 실적확인 기법을 제시하였으며 실험실적 시험과 현장 실증시험을 하였다. 실험실적 시험 결과, 실측 값과 실적확인 프로그램 계산 값과의 편차는 실측에 사용된 전력량계의 오차 범위 내에서 일치하는 것으로 나타났다. 실증시험 결과는 실측에 의한 사용량 값과 프로그램 계산에 의한 값과의 편차가 4~8% 정도의 편차를 보였다. 실증시험에서의 편차는 다소 발생하지만 정부의 조명제어시스템 보조금 지급에 대한 효과성 평가에 활용될 수 있으며 고객의 시스템 설치 이후 지속적으로 사용량을 저감시키는데 필요한 정보를 제공하는 데 필요한 정확도는 충분히 충족시킬 수 있을 것으로 예상된다. 본 논고에서 제시된 실적확인(M&V) 프로그램 계산 기법은 사용량을 경제적으로 측정할 수 있는 좋은 방안이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) 2006 SPC Procedures Manual, Southern California Edison, 2006