

도시철도 역사에너지 절감시스템의 효과검증 방안 연구

Study on effect verification way of energy saving system in the urban railway station

정연포*, 김진영*[†], 송동호*, 송지현*, 강봉완*, 박승희*

Yeon-Po Jung*, Jin-Young Kim*[†], Dong-Ho Song*, Ji-Hyun Song*, Bong-Wan Kang*, Sung-Hee Park*

Abstract Now, consumption of electrical power on operation account for 30% to 40% at station in urban railway except operating train. We have developed for energy saving system and aimed to standardize a model when build new station or remodeling because of large amounts of power in the station. The saving systems are 4 categories that one of them is solar energy to save energy when necessary to use it on the ground station. Second category is to save regenerative energy when necessary to use it. Third category is high-efficiency ventilation system with the high-efficiency inverter and motor in the underground station. The last system is to reduces the temperature using underground water in tunnel when generated heat at train braking. In this paper, we present to validate effect of saving systems through selection of baseline period before to build and operate systems in urban rail station.

Keywords : station energy, saving system, four systems, effect verification, selection of the baseline period

초 록 현재 도시철도 운용 전체 전력 사용량중 전동차 사용량을 제외한 역사 부하 사용비율이 30~40%를 차지하고 있다. 많은양의 전력이 역사에서 소모됨으로 역사 신설시 혹은 리모델링시 에너지 절감을 위한 표준화 모델을 목표로 관련 시스템을 개발중에 있다. 절감 시스템은 지상역사 대상으로 태양광 에너지를 저장하여 필요시 역사부하 활용 시스템, 전동차 회생에너지를 저장하여 필요시 역사부하 활용시스템, 고효율 인버터/모터를 적용한 환기설비 고효율화 시스템, 전동차 제동시 발생하는 폐열을 지하수 활용 역사 온도 저감 시스템 등 4종 시스템으로 구성된다. 본 논문에서 도시철도 역사에 각 4종 시스템을 설치하여 운용할 계획이므로 운용 전 절감시스템의 베이스라인 기간 선정을 통해 효과검증 방안을 제시 하려고 한다.

주요어 : 역사에너지, 절감시스템, 4가지 시스템, 효과검증, 베이스라인 기간 선정

1. 서 론

현재 도시철도 운용 전체 전력 사용량중 전동차 사용량을 제외하고 역사 부하 사용 비율이 30~40% 차지하고 있다. 도시철도 역사 전기사용량은 2010년 대비 2014년도 21.9% 증가 하였으나 전기요금으로 환산했을 때 92.6% 증가하여 4년간 약 2배 증가하였다.

역사내 임대상가, 편의시설 확대 및 쾌적성 유지를 위한 냉·난방 부하 증가 등으로 역사 에너지 사용은 점차적으로 증가 추세에 있어 역사 에너지 자립도 향상에 대한 연구가 필요 해왔다.

[†] 교신저자: 서울도시철도공사 기술연구소(k0jean0y@smr t.co.kr)

* 서울도시철도공사 기술연구소

2013년부터 도시철도 역사에너지 절감을 위한 기술개발을 국토교통과학기술 R&D 로 추진하고 있으며, 현재 각 단위기술 개발이 완료된 상태다. 관련기술은 4가지 복합에너지 시스템으로 구성된다. ① 지상역사 대상으로 태양광 에너지를 저장하여 필요시 역사부하 활용 시스템, ② 전동차 회생에너지를 저장하여 필요시 역사부하 활용시스템, ③ 고효율 인버터/모터를 적용한 환기설비 고효율화 시스템, ④ 전동차 제동시 발생하는 폐열을 지하수 활용 역사 온도 저장 시스템 등이다.

이 논문에서 역사에너지 절감 시스템의 효과 검증을 위해 베이스 라인 기간(검증 기준 기간) 에너지 소비량과 분석기간 에너지 소비량에 기반하여 효과검증 방안을 대해 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 역사에너지 절감시스템 구성 및 설명

2.1.1 복합에너지 절감 시스템 구성

역사에너지 절감시스템은 태양광에너지 저장, 회생에너지 저장, 환기 고효율화, 터널 온도저감위한 복합 절감시스템으로 구성된다.

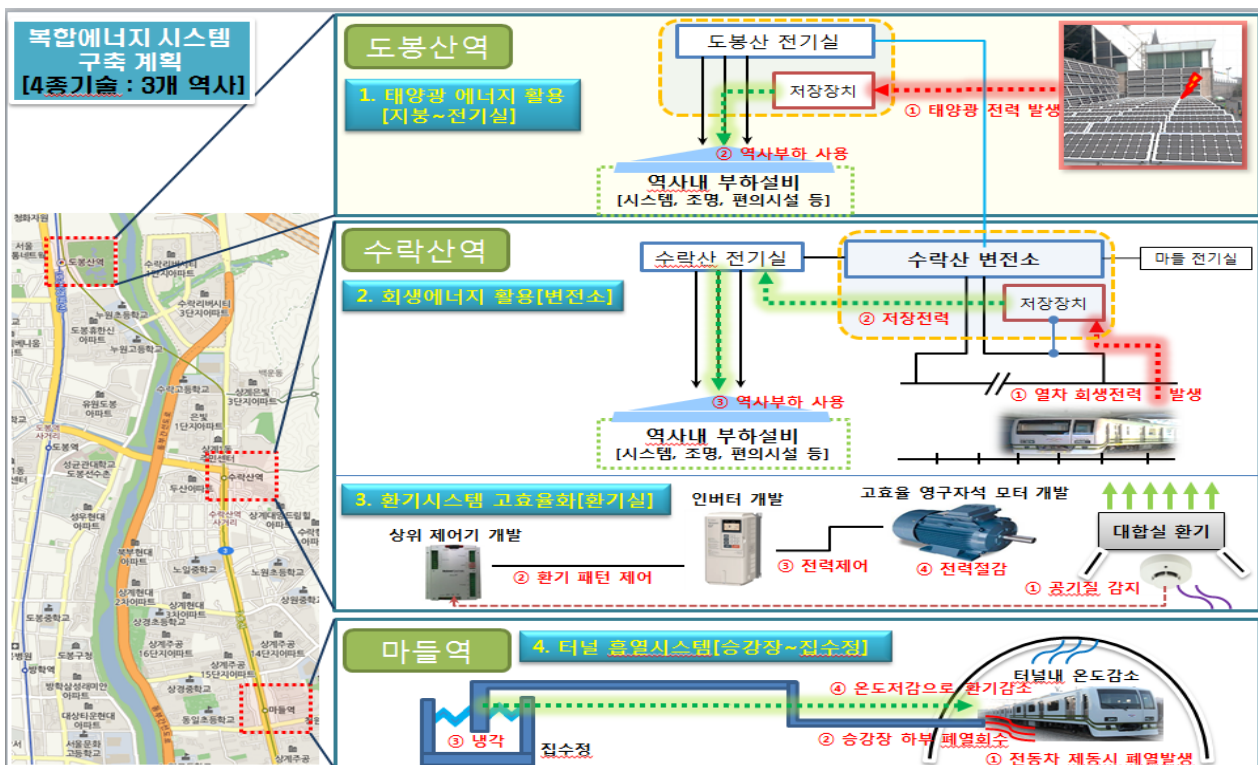


Fig. 1 Energy saving system schematic diagram in station

2.1.2 복합 에너지 절감시스템 설명

(1) 태양광 에너지 활용 시스템

: 지상역사 대상으로 태양광 패널을 Si-결정질 타입(23KW)과 플렉시블 타입(7KW)의 총용량 30KW로 구성되며 태양광에너지를 저장하여 필요시 역사부하에 공급한다. 운용은 일반적인 태양광 발전시스템과 동일하며 경부하 시간때 저장하여 피크부하 시간때 방전하는 ESS 기능도 있다.

(2) 회생에너지 활용 시스템

: 전동차가 제동시 견인전동기는 발전기가 되어 출발 소비전력의 약30~50%가 발생되는데 동일 전차선 섹션내 앞/뒤 전동차가 역행시 사용하지 않으면 DC1850V(공급전압: DC1590V) 이상으로 가선전압 상승시 제동저항(OVRe)로 소모시켜 에너지 손실이 지속되어왔다. 따라서 회생에너지를 저장하여 필요시 역사부하에 공급 및 피크부하 시간때 운용하는 ESS 시스템이다.

(3) 환기 고효율 시스템

: 지하역사 승강장내 공기질 개선을 위해 외부공기를 공급하는 환기실내 공조기를 운용한다. 공조기는 공기순환을 위한 구동모터가 전력의 주소비원이며 구동모터 소비전력을 줄이기 위해 고효율 모터와 고효율 인버터를 개발하고 있으며, 승강장 공기질 센싱후 쾌적한 공기질을 유지하면서 가변속도제어를 통해 최적화된 공조시스템으로 전력을 절감한다.

(4) 터널 열배출 시스템

: 지하역사에서 전동차 제동시 차륜 디스크 및 인버터 냉각장치 등에서 발생하는 폐열이 발생하여 승강장 및 터널 온도가 상승하여 냉동기 및 환기를 가동하게 된다. 도시철도 지하역사는 많은양의 지하수가 발생된다. 터널 열배출 시스템은 집수정내 지하수의 연중 일정한 낮은 수온(15~18℃)을 활용하여 승강장 하부에 집열을 하는 모세관에 공급하여 터널 열을 저감시킴으로써 특히 여름철 냉동기 및 환기가동 횟수를 감소시켜 에너지를 절감하는 시스템이다.

2.2 역사에너지 절감 설계량

2.2.1 연계형 시스템

(1) 태양광 에너지 활용 시스템

- 사용량 절감효과

Table 1 Usage savings of solar energy

구 분	절감량[MWh/년]	산출근거
계	86.4	
태양광 발전	38.3	$30kW \times 3.5h \times 365일$
에너지저장장치 운용	48.1 효과발생	$90kWh \times 2회/일$ 총 · 방전효과 80% 적용 - 경부하충전 → 피크시 방전 - 중간부하충전 → 피크시 방전

○ Peak 절감효과 : 1,026kW (축전용량 90KVA의 95%적용) - 연간

(2) 회생 에너지 활용 시스템

○ 사용량 절감효과

Table 2 Usage savings of regenerative energy

구 분	절감량[MWh/년]	산출근거
계	408.1	
회생에너지 활용	194.5	533kWh × 365일 (일일 533kWh 발생 예측)
에너지 저장 장치 운용	213.6 효과발생	400kWh × 2회/일 총 · 방전효과 80% 적용 - 경부하충전 → 피크시 방전 - 중간부하충전 → 피크시 방전

○ Peak 절감효과 : 4,560kW (축전용량 400KVA의 95% 적용) - 년간

2.2.2 독립형 시스템

(1) 환기 고효율 시스템

○ 사용량 절감효과

Table 3 Usage savings of efficient Ventilation

구 분	절감량[MWh/년]	산출근거
계	42.0	
고효율 환기 가변제어	42.0	17.55kW × 15.33시간 가동 × 365일 × 2대

(2) 터널 열배출 시스템

○ 사용량 절감효과

Table 4 Usage savings of heat removal system in tunnel

구 분	절감량[MWh/년]	산출근거
계	18.63	주변온도 30℃, 지하수온도 15℃
T.L.S.	18.63	382W × 80개(모세관:80M) × 1.67시간(30초정차,200회) × 365일

2.3 에너지 절감량 검증 방안

2.3.1 베이스라인 기간 선정

○ 베이스라인 기간중 샘플링 days 산정은 ‘식(1)’ 과 같다.

$$n_0 = \frac{z^2 \times cv^2}{e^2} = \frac{1.64^2 \times 0.2^2}{0.1^2} = 10.76 \approx 11 \quad (1)$$

여기서, z : 신뢰수준 90%의 표준정규분포 값, cv : 표준편차 20%로 했을 때 계수, e : 정밀도 90%

Table 5 Savings of each system and Selection of baseline period

시스템 구분	태양광 에너지 활용 시스템	회생 에너지 활용 시스템	환기 고효율 시스템	터널 열배출 시스템
시스템 분류	연계형 시스템	연계형 시스템	독립형 시스템	독립형 시스템
장 소	지상역사 (도봉산역)	지상/지하 변전소 (수락산역)	지하역사 환기실 (수락산역)	지하역사 승강장 ~ 집수정(마들역)
기술내용	태양광 에너지 + ESS(90KWh)	회생 에너지 + ESS(400KWh)	고효율 모터 + 고효율 인버터	지하수 활용 + 터널내 흡열
년간 절감량	86.4 MWh	408.1 MWh	42 MWh	18.63 MWh
년간 Peak 절감량	1026 KW (KW당 8320원)	4560 KW (KW당 8320원)	-	-
베이스라인 기간 선정	1년중 11일	1년중 11일	1년중 11일	1년중 11일

※ 베이스 라인 기간 선정 : ‘식(1)’에서와 같이 환경조건이 비슷한 각 11일을 샘플링함.

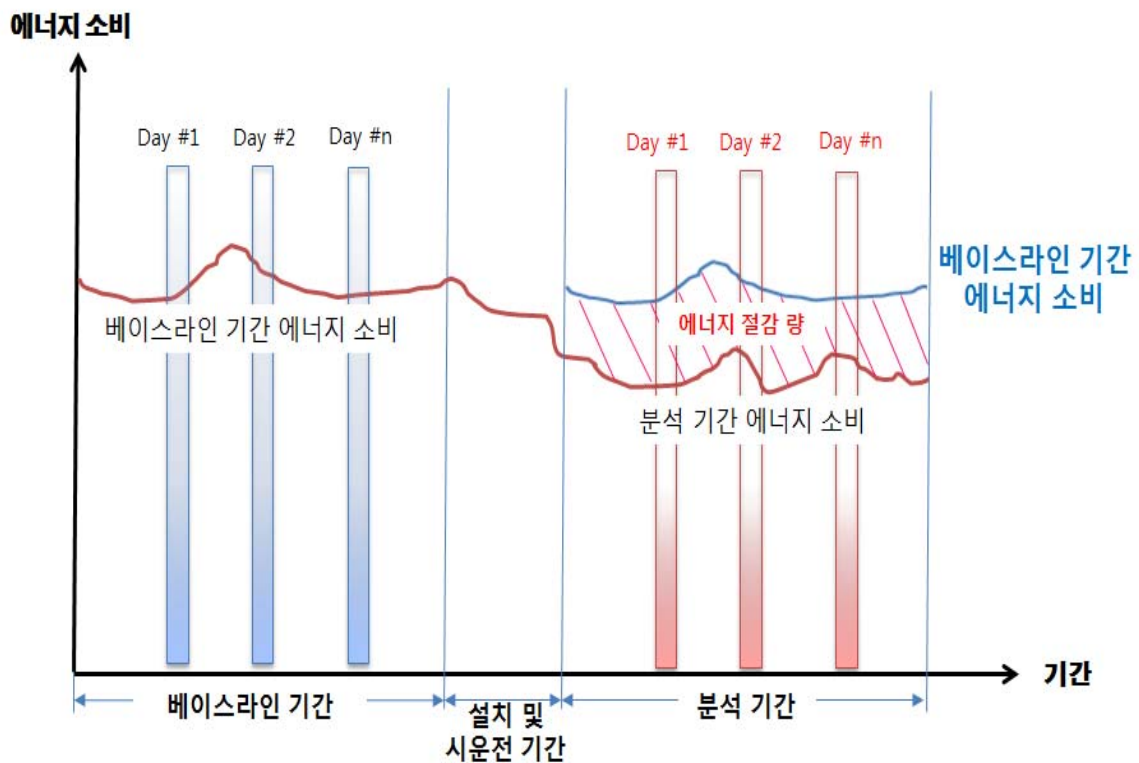


Fig. 2 the graph of energy savings

2.3.2 효과 검증 내용

(1) 에너지 절감량(E_s)

- ‘식(2)’ 와 같이 에너지 절감량이 나타나고, Fig.2와 같이 연속적으로 표현하지만 매년 운영환경이 달라 에너지 절감량은 상이할수 있다.

$$E_s = E_a - E_r \quad (2)$$

여기서, E_s : 에너지 절감량, E_a : 베이스라인 에너지 소비량, E_r : 분석기간 에너지 소비량

(2) 효과 검증

- ‘식(1)’ 과 같이 샘플링 days는 베이스라인 기간중 환경이 비슷한 1년중 11일을 샘플링한후 평균값과 분석기간 11일 평균값과 비교하여 에너지 절감량 산출
- 절감량이 설계량의 80% 이상일 때 양호한 시스템으로 판단됨.

3. 결론

도시철도 역사에너지 절감 효과검증은 실질적인 에너지 절감효과를 정확히 측정하여 효과효과검증이 명확할때 신규 역사 혹은 리모델링 역사에 적용될수 있을것이다. 이 논문에서 제시한 90% 신뢰도 및 정밀도로 11개 샘플링으로 효과검증을 제시하였으며, 설계량과 실제 적용 분석 환경 차이를 줄이도록 노력하였다. 실질적으로 에너지 발전량 혹은 절감량에 영향을 미치는 인자들이 존재하므로 효과 검증시 모니터링 신뢰도, 베이스라인/분석 기간의 데이터 관리 및 신뢰성 있는 효과검증이 필요하다.

후 기

본 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원이 시행하는 철도기술개발사업 “도시철도 운영효율화 및 상태기반 유지보수 기술개발” 과제(과제번호:15RTRP-B067916-03)지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] Korea Energy Management Corporation (2015) Energy Savings calculating M & V guidelines for device replacement, etc. pp. 10-66.
- [2] Ga-Woo Park (2014) ESS connected regenerative energy systems , KIEE, pp. 1-5.
- [3] Sang-Tae Kim (2015) Status and Application of the energy performance assessment methodologies, KONETIC, pp. 1-11.