

# 도시철도 실측 부하에 기반한 첨두부하 절감용 ESS 용량 산정

## Capacity Determination of ESS for Peak Load Shaving Based on the Actual Measurement of Loads in the Substation of Urban Railway

박종영<sup>†</sup> · 정호성<sup>\*</sup> · 김형철<sup>\*</sup> · 신승권<sup>\*</sup>  
(Jong-young Park · Hosung Jung · Hyungchul Kim · Seungkwon Shin)

**Abstract** - This paper proposes the method for determination of the capacities of ESS (Energy Storage System) and PCS (Power Conditioning System) for the peak load shaving based on the load data in the substation of urban railway. In addition, this paper analyze the actual measurement of loads in the substation of urban railway. The load of a weekday in the substation of urban railway is high around rush hours in the morning and evening, which is different from that of a normal substation. The required capacities of ESS and PCS become larger as the amount of peak load shaving is higher, and are affected from the patterns of daily load in the substation.

**Key Words** : ESS, PCS, Peak load shaving, Urban railway, Planning

### 1. 서 론

최근 들어 에너지 절약 및 효율화의 필요성이 높아지고 있으며, 이에 따라 전력 산업 분야에서는 친환경 에너지원의 발전비중 증가와 에너지 저장장치의 활용에 대한 연구 및 적용이 이루어지고 있다. 도시철도시스템 분야에서도 효율적인 전력에너지의 사용을 위해 신재생에너지원 및 에너지 저장장치의 적용이나 스마트그리드 기술 및 에너지관리시스템(Energy Management System, EMS)의 적용에 대한 연구 및 실증이 이루어지고 있다[1-3].

에너지의 효율적인 소비를 위한 기법은 여러 가지 측면에서 접근할 수 있다. 전력소비 자체를 줄일 수 있는 설비나 소재를 이용하는 관점에서부터[4-6] 변전소나 설비를 설치에 대한 장기적인 계획까지 고려하는 관점까지[7], 다루는 시간대 및 범위에 따라 다양한 관점에서의 접근이 가능하다.

이 논문에서는 일부하 곡선 데이터를 기반으로 하여 변전소에 ESS 및 PCS를 설치하는 내용을 다루고자 한다. 그리고 도시철도의 전력에너지 요금 및 효율적인 에너지 소비에 영향을 미치는 첨두부하를 이러한 설비를 통하여 어떻게 관리할 수 있는지에 대해 설명하고 있다. 첨두부하의 저감을 위한 방법으로써 ESS(Energy Storage System, 에너지저장장치)가 많이 제안되고 있으며[8], 이 논문에서는 도시철도 변전소에 ESS를 설치하는 경우 ESS의 저장용량 및 PCS(Power Conditioning System, 전력변환시스템)의 출력용량을 산정하는 방법을 제시하였다.

유용한 결과를 얻어 내기 위하여 실제 도시철도 변전소 중의 한 곳에서 측정된 2013년도 실측데이터를 이용해 제안

한 방법을 검증하였다. 도시철도 변전소의 전력소비 패턴은 일반 변전소에서의 패턴과 다른 양상을 나타낸다. 이에 대한 분석을 위하여 1년 동안의 데이터에 대한 분석을 함께 실시하였다. 그리고 이러한 실측 데이터에 대하여 제안한 방법을 제안하여 ESS 및 PCS의 용량을 산정하고 그 결과를 분석하였다.

### 2. 도시철도 변전소 부하 구성

도시철도 직류급전계통은 그림 1과 같이 전력공급사업자인 한국전력공사로부터 교류 22.9 kV을 도시철도 변전소에서 수전 받아 전동차에 전력을 공급하기 위해 정류기를 이용하여 전동차용 전력인 직류 1,500V 전력과 조명, 냉난방 설비 등과 같이 역사전기설비용 전력인 교류 삼상 6,600V (또는 22,900V) 전력을 변환하여 공급하고 있다. 전력공급사업자에서의 전력량 검침은 도시철도 변전소 단위로 전력량을 측정하고 있으며, 이는 3~5km 구간의 전동차의 전력공급과 3~5개 역사의 전력 공급을 담당하고 있다.

일반적으로 수도권외의 경우 전체 사용량에 60~70%를 전동차 전력으로 사용하는데 반해 지방의 경우 40~50%정도를 전동차에서 사용하고 있으며, 피크시간은 출퇴근 시간에 전동차의 운행 간격이 조밀하기 때문에 오전 7시~9시 또는 오후 6시~8시 사이에 발생한다. 전동차의 전력 사용량은 전동차 크기 및 운전 시격에 따라 결정되며, 역사의 전력 사용량은 지상, 지하 구조 및 역사 규모에 따라 크게 좌우된다. 일반적으로 도시철도 지하역사의 경우 지하 공간의 환기 및 냉난방부하 설비의 운영으로 대략 일 4,000kWh ~ 8,000kWh의 전력량을 소비하고 있으며, 지상 역사의 경우에는 1,000kWh ~ 2000kWh의 전력량을 소비하고 있다. 도시철도 지하역사의 경우 이 중 40~50%를 공조(환기)설비가 20~30%가 조명설비, 그리고 15~25%가 냉난방 설비, 그리고 5~15%가 편의설비에서 사용하고 있다.

<sup>†</sup> Corresponding Author : Korea Railroad Research Institute  
E-mail : jypark@krii.re.kr

\* Korea Railroad Research Institute

Received : April 22, 2014; Accepted : May 19, 2014

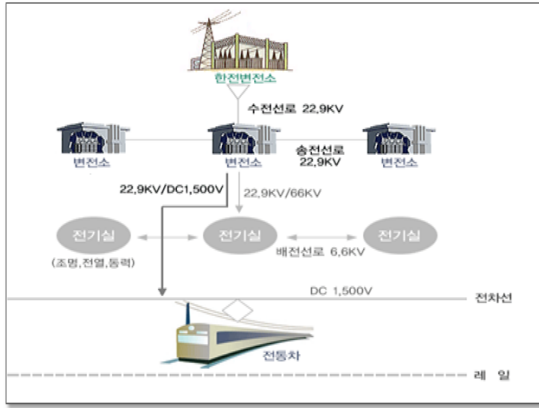


그림 1 도시철도 직류급전계통 구성도  
Fig. 1 DC power system for urban railway

### 3. 침두부하 절감을 위한 ESS와 PCS 용량 산정

침두부하 절감을 위한 ESS를 설치하기 위해서는 ESS의 저장용량[kWh]과 PCS의 출력용량[kW]을 결정해야 한다. 이 중 ESS 저장용량은 하루 (또는 특정 기간) 동안의 부하패턴에 따라 결정할 수 있고, PCS 출력용량은 침두부하 절감을 위해 최대출력이 필요한 시간대의 부하에 따라 결정한다.

#### 3.1 ESS 용량 산정

침두부하 절감을 위한 ESS의 용량을 산정하기 위해 변전소의 일일 시간당 부하곡선을 이용하였다. 그림 2는 도시철도 변전소의 시간당 측정된 일일부하곡선의 예이다. 평탄화 기준부하  $P_{base}$  를 기준으로 하여 그 값을 초과하는 부하에 대해서는 ESS의 방전을 통하여 보상하는 것으로 가정하였다. 실제 부하곡선은 순시로 변화하기 때문에 일부하곡선과 시간당 부하곡선과 다르지만, 어느 부하곡선으로 계산하든 보상을 해주어야 하는 부하량은 같음을 유추할 수 있다.

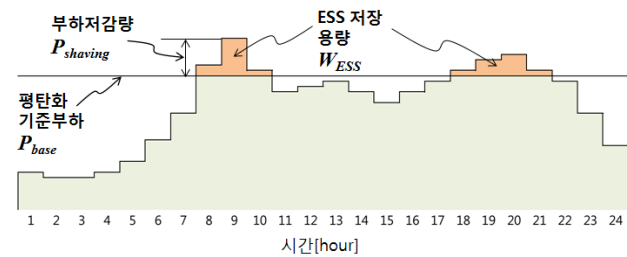


그림 2 일일부하곡선에 따른 ESS 저장 용량의 산정  
Fig. 2 Determination of the ESS storage capacity using the daily load curve

이 때 입력값이 0보다 큰 때에만 입력값을 그대로 출력값으로 갖는 함수  $f(\cdot)$ 를 이용하여, ESS의 저장용량  $W_{ESS}$  는 수식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$W_{ESS} = \sum_{i=1}^{24} f(P_{load,i} - P_{base}) = \sum_{i=1}^{24} P_{shaving,i} \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

s.t.

$$W_{ESS} < \sum_{i=1}^{24} f(P_{base} - P_{load,i}) \quad (2)$$

where

$$f(a) = \begin{cases} a & \text{if } a > 0 \\ 0 & \text{if } a \leq 0 \end{cases}$$

$P_{load,i}$  : 시간  $i$  에서의 시간당 부하

$P_{shaving,i}$  : 시간  $i$  에 ESS로 보상해 주는 부하

수식 (2)의 우변은 충전 가능한 전력량으로서, 만약 수식 (2)의 조건을 만족하지 않으면 하루 동안의 충전 가능한 용량이 필요한 방전용량보다 작게 되어 하루 동안 총 방전하는 용량  $W_{ESS}$  을 만족할 수 없다.

#### 3.2 PCS 용량 산정

침두부하 저감을 위해 필요한 PCS 용량을 산정하기 위해서는 실제 침두부하가 측정되는 기준을 고려하여야 한다. 현재 한전에서 전력요금을 산정할 때 사용되는 침두부하값은 15분마다 측정되는 부하값들 중 가장 큰 값이다. 따라서 15분 부하곡선을 그렸을 때 최대값이 침두부하가 될 수 있다. 이를 고려하여 그림 3에 나타나 있는 15분 부하곡선을 이용하여 침두부하를 저감하는데 필요한 PCS의 용량을 산정할 수 있다.

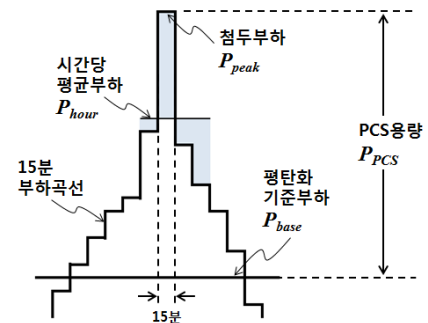


그림 3 침두부하의 크기에 따른 PCS용량의 산정  
Fig. 3 Determination of the PCS capacity according to the amount of the peak load

15분당 침두부하를 보상하기 위해 ESS가 출력을 최대로 내는 경우를 생각하여 보면, ESS 용량을 산정하면서 계산된 시간당 산정된 출력( $P_{shaving} \times 1 \text{ hour}$ )을 15분 동안만 최대로 방전하고 나머지 시간에는 방전을 하지 않는 경우이다. 이러한 경우를 그림으로 나타내면 그림 4와 같다. 그림에서 PCS의 용량  $P_{PCS}$  는 다음 수식 (3)과 같이 결정됨을 알 수 있으며, 이 값은 ESS가 용량이 정해졌을 때 15분 동안 최대로 방전할 때의 값을 알 수 있다.

$$P_{PCS} = 4 \cdot P_{shaving} \quad [\text{kW}] \quad (3)$$

where

$P_{shaving}$  : 수식 (1) 의  $P_{shaving,i}$  중 최대값. (시간당 부하곡선으로 산정한 ESS 방전량)

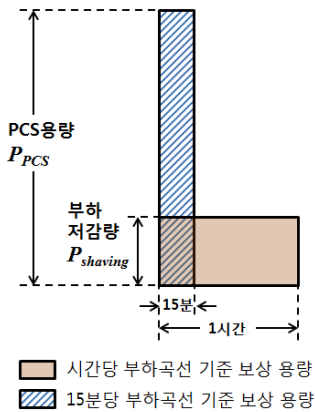


그림 4 ESS용량에 대하여 PCS용량이 최대로 필요한 경우  
 Fig. 4 The Case of the largest capacity of PCS for ESS

그림 5는 ESS 저장용량 및 PCS의 출력용량을 결정하는 과정을 나타낸 흐름도이다. 먼저 월별 시간당 부하곡선 데이터를 이용하여 ESS의 저장용량을 계산하고, 15분당 첨두 부하 데이터를 이용하여 PCS의 용량을 계산한다.

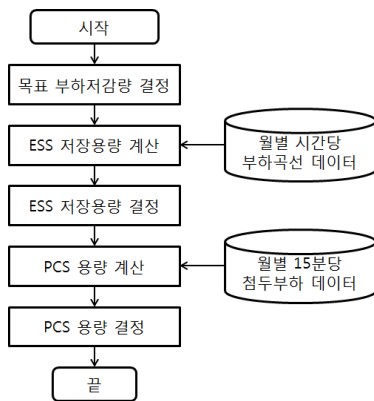


그림 5 첨두부하 저감용 ESS 및 PCS 용량 결정 흐름도  
 Fig. 5 Flowchart of determination of the capacities of ESS and PCS for peak load shaving

4. 실측 도시철도 부하곡선 분석

도시철도 부하곡선의 특성 분석을 위하여 A지역 도시철도공사 B 변전소의 2013년 실측데이터를 분석하였다. 시간당 평균부하의 데이터와 15분 단위 첨두부하 데이터를 대상으로 분석하였다. 그림 6과 그림 7은 각각 평일과 휴일 일부하의 시간당 부하 곡선인데, 평일에 대해서는 월별로 평균을 내었으며 휴일에 대해서는 계절별로 평균을 내었다. (봄: 3~5월, 여름: 6~8월, 가을: 9~10월, 겨울: 11~2월)

평일 도시철도 변전소의 일일부하곡선인 그림 6을 보면 일반적인 전력부하 일일부하곡선과는 다르게 출퇴근 시간대인 오전 9시와 오후 8시 부근에서 큰 부하를 나타내는 것을 볼 수 있다. 9월의 부하량이 다른 달에 비해서 다소 낮기는 하나, 전체적으로 계절에 상관없이 비슷한 패턴을 나타내는 것을 볼 수 있다.

주말 일일부하곡선인 그림 7을 보면 우선 평일 출퇴근 시

간대에 나타나는 큰 부하의 패턴이 없음을 볼 수 있다. 그리고 일과 시간 동안 부하량에 큰 차이를 보이지 않는다.

지역이나 교통 수요에 따라 그림 6과 그림 7에서 보이는 부하곡선과 다른 특징을 가질 수는 있겠지만, 출퇴근 시간대의 큰 부하나 평일부하와 주말부하의 패턴 차이는 일반적인 도시철도 변전소의 부하 패턴으로 이해해도 될 것이다.

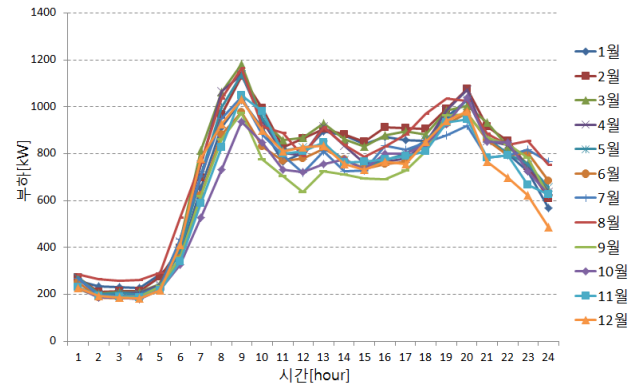


그림 6 도시철도 변전소의 일일부하곡선 - 평일  
 Fig. 6 Daily load curve of the substation of urban railway - weekday

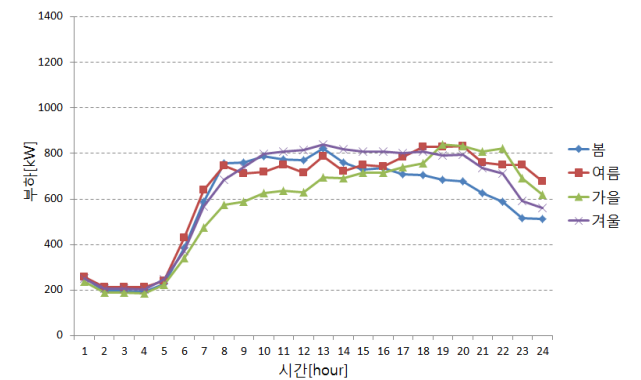
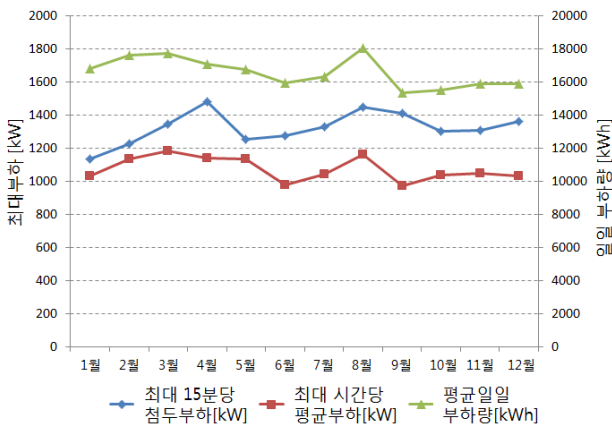


그림 7 도시철도 변전소의 일일부하곡선 - 주말  
 Fig. 7 Daily load curve of the substation of urban railway - weekend

그림 8은 도시철도 변전소의 월별 부하 특성에 대한 값을 표와 그림으로 나타낸 것인데, 월별 첨두부하 및 부하량을 나타낸 그래프이다. 첨두부하는 각 달에 나타난 15분 단위 첨두부하의 최대값[kW]을 나타낸 그래프이고, 최대 시간당 평균부하는 한 시간 단위의 일일부하곡선의 최대값[kW]을 나타낸 것이다. 이 둘을 비교해 보면 한시간 단위의 최대부하가 나타나는 달과 15분 단위의 최대부하가 나타나는 달이 다를 수 있다. 그리고 평균일일부하량[kWh]은 하루 동안 부하량의 평균을 월별로 표시한 것이다.

이 논문에서 측정한 변전소에서는 1년 중 15분당 최대 첨두부하 값을 나타내는 달은 4월이었고 시간당 부하의 최대 값은 3월에 나타났다. 그리고 일일 부하량을 보면 8월에 최대치를 나타내며 겨울에 해당하는 달에도 큰 부하량을 볼 수 있다. 8월에는 전반적으로 일일 소비 부하량도 크고 첨

두 값들도 크게 나타났으나, 4월에는 부하량과 비교해 첨두부하값이 크게 나타났음을 볼 수 있다.



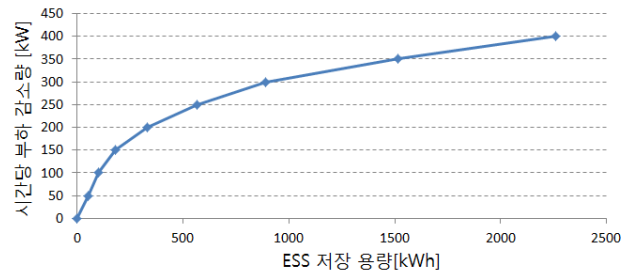
월	15분 첨두부하 [kW]	시간당 평균부하의 최대값 [kW]	평균 일일부하량 [kWh]
1월	1134.7	1028.9	16800.7
2월	1225.0	1131.9	17610.5
3월	1345.9	1181.6	17717.2
4월	1482.2	1137.8	17052.8
5월	1251.8	1135.8	16747.1
6월	1274.9	977.2	15965.1
7월	1328.6	1043.0	16322.7
8월	1445.8	1163.8	18038.3
9월	1409.3	972.1	15342.8
10월	1303.7	1037.1	15529.2
11월	1309.4	1047.8	15906.1
12월	1363.2	1031.6	15873.4

그림 8 도시철도 변전소의 월별 부하 특성  
Fig. 8 Load characteristics in the substation of urban railway

### 5. 실측 부하 데이터에 대한 ESS 용량 산정

앞 장에서 분석한 변전소의 연중 부하곡선에 대하여 3장에서 제시한 ESS 및 PCS 용량 산정 방법을 적용하였다. 첨두부하가 문제가 되는 것은 주말이 아닌 평일이므로, 그림 6의 월별 평일 부하곡선에 대하여 수식 (1)을 적용하여 ESS의 저장용량을 계산하였다. 여기에서 월별 일일부하곡선이 다르기 때문에, 동일한 값의 평탄화 기준부하에 대하여 12달의 일일부하곡선에 수식 (1)을 적용하여 그 중 최대의 값을 선택하였다. 월별 시간당 일일부하곡선의 최대값을 기준으로 부하저감량에 따라 필요한 ESS의 저장용량은 그림 9와 같다.

그림 9의 그래프와 표에서 볼 수 있듯 200kW 정도의 부하저감량에 대해서 1kW의 부하를 저감하기 위해 ESS의 저장용량은 1.66kWh가 필요하게 된다. 그리고 부하저감량이 커질수록 1kW를 낮추기 위해 필요한 ESS의 저장용량 kWh 값이 커지는 것을 알 수 있다.



부하저감량 $P_{Shaving}$ [kW]	필요한 ESS 저장 용량 $W_{ESS}$ [kWh]	$W_{ESS} / P_{Saving}$
50	50.0	1.00
100	100.0	1.00
150	181.9	1.21
200	332.2	1.66
250	567.2	2.27
300	889.6	2.97
350	1513.5	4.32
400	2260.1	5.65

그림 9 첨두부하 저감량에 따른 필요 ESS 저장용량의 변화  
Fig. 9 Required storage capacity of ESS according to the amount of peak load shaving

표 1 부하저감량에 따른 ESS 용량 산정에 영향을 미치는 달의 변화

Table 1 Changes of month which is dominant to determine the capacity of ESS

부하저감량 [kW]	최대용량이 필요한 달
50	3월
100	3월
150	3월
200	4월
250	8월
300	8월
350	2월
400	2월

표 1은 서로 다른 부하저감량에 대하여 필요한 ESS의 저장용량이 최대값이 달을 표시한 표이다. 표에서 보듯이 150kW 이하의 용량에서는 3월달에 가장 큰 용량의 ESS가 필요하였고, 부하저감량이 200kW 일 때에는 4월달의 일일부하곡선에 의하여 그 용량이 결정되었다. 그리고 250과 300kW에 대해서는 8월달의 일일부하곡선에 따라 ESS의 저장용량이 결정되었다.

이렇게 필요한 ESS 용량에 영향을 미치는 달이 달라지는 이유는 그림 10의 월별 첨두부하 곡선을 통하여 이해할 수 있다. 이 그림에서는 부하저감량 100, 200, 300kW에 대하여 각각 표시하고, ESS 용량에 영향을 미치는 달이 3, 4, 8월의 첨두부하 곡선을 나타내었다.

부하저감량을 100kW(평탄화 기준부하 1081.6kW)로 하였을 때에는 출근 시간대인 9시 부근의 첨두부하 시간에만 방전이 이루어지게 된다. 따라서 첨두부하치가 높은 3월의 부하곡선에 의해 ESS 용량이 결정된다. 부하저감량을 200kW

(평탄화 기준부하 981.6kW)일 때에는 퇴근 시간대인 19, 20 시 부근에서도 방전이 이루어져야 하며, 이때 부하량이 큰 4월달의 부하곡선에 의해 ESS의 용량이 결정된다. 부하저감량을 300kW 로 하면 출퇴근 시간대뿐만 아니라 13시 부근의 부하에 대해서도 ESS의 방전이 필요하게 된다. 이에 따라 전체적으로 부하량이 많은 8월달의 부하곡선에 의해 ESS의 용량이 결정된다.

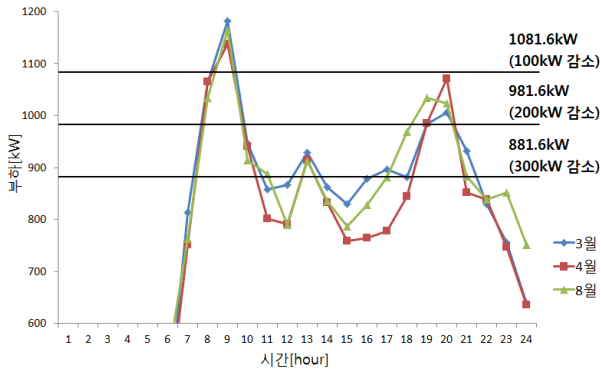


그림 10 도시철도 변전소 월별 첨두부하 곡선  
Fig. 10 Monthly peak load of the substation of urban railway

이와 같이 ESS의 저장용량[kWh]이 결정된 후 첨두부하저감을 위해 필요한 PCS용량을 산정하였다. 목표 부하저감량이 결정되면 수식 (3)을 이용하여 PCS의 용량[kW]을 계산하게 된다. 그리고 이에 따라 실제 15분 부하 데이터 기준으로 첨두부하가 어느 정도 감소하는지 계산할 수 있다.

표 2는 도시철도 변전소 실측 데이터에 대하여 목표 부하저감량에 따라 계산된 ESS 저장용량과 PCS 용량, 그리고 감소되는 첨두부하의 값을 정리한 표이다. 그림 9와 표 2에서 볼 수 있듯이 목표로 부하저감량이 커짐에 따라 단위 용량의 부하를 저감하기 위해서 추가되어야 할 ESS의 저장용량이 커짐을 알 수 있다. 이처럼 각 변전소의 시간별, 계절별 부하 패턴에 따라 첨두부하 저감을 위해 필요한 ESS와 PCS의 용량이 달라짐을 알 수 있다.

표 2 ESS와 PCS 용량과 첨두부하 절감량  
Table 2 Peak load shaving according to the capacities of ESS and PCS

부하저감량 $P_{Shaving}$ [kW]	ESS용량 $W_{ESS}$ [kWh]	PCS용량 $P_{PCS}$ [kW]	첨두부하 감소	
			kW	%
50	50.0	200.0	487.2	32.9
100	100.0	400.0	537.2	36.2
150	181.9	600.0	587.2	39.6
200	332.2	800.0	637.2	43.0
250	567.2	1000.0	687.2	46.4
300	889.6	1200.0	737.2	49.7
350	1513.5	1400.0	787.2	53.1
400	2260.1	1600.0	837.2	56.5

## 6. 결 론

지금까지 도시철도 변전소의 실측데이터를 기반으로 ESS의 저장용량과 PCS의 출력 용량을 산정하는 기법을 제안하였다. 그리고 실제 도시철도 변전소에서 실측한 데이터에 대하여 시간별, 계절별 등으로 그 패턴과 특성을 분석한 다음, 이에 대하여 ESS와 PCS의 용량을 산정하여 첨두부하저감에 대한 효과를 살펴보았다.

도시철도 변전소의 평일 전력부하는 일반 전력부하와는 다르게 출퇴근 시간대에 큰 값을 가지는 패턴을 보였으며, 주말에는 일과 시간에 비교적 일정한 값을 나타냈다. 그리고 8월달에 전체적으로 큰 일부하량을 나타냈으며, 3월달에 가장 큰 첨두부하값을 나타냈다. 목표 부하저감량에 따라 ESS의 용량을 결정하는 부하곡선이 달라짐을 보았다. 따라서 도시철도 변전소에서 첨두부하 저감을 위해 ESS 및 PCS를 설치할 때 용량을 결정하기 위해서는 변전소의 부하패턴에 대한 분석이 필요하다. 따라서 도시철도 변전소에서 첨두부하 저감을 위해 ESS 및 PCS의 설치 용량을 산정하였으며, 차후 변전소의 부하패턴을 정밀하게 분석한다면 바로 적용 가능한 ESS 및 PCS의 용량을 산정할 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비 지원(13RTRP-B067916-01)에 의해 수행되었습니다.

### References

- [1] Hosung Jung, Hyungchul Kim, Seoungkwon Shin, Kiyong Yoon, Jae-moon Kim, and Yang-su Kim, "Installation of power monitoring system for load pattern analysis on DC urban transit system," ISGC&E 2013, July 2013.
- [2] Seoungkwon Shin, Hosung Jung, Hyungchul Kim, and Jinho Kim, "Study on HVDC application in AC power grid for Korean railway," ISGC&E 2013, July 2013.
- [3] Hansang Lee, Seungmin Jung, Hosung Jung, Hyungchul Kim, and Gilsoo Jang, "Power management for electric railway system to reduce the railway operating cost," 2012 KIEE fall conf., pp. 411-413, 2012.
- [4] Chang-mu Lee, Han-min Lee, and Gil-dong Kim, "Application effect and optimal location of energy storage system in AC electric railway," 2010 KIEE fall conf., Oct. 2010.
- [5] H. Lee, J. Song, H. Lee, C. Lee, G. Jang, and G. Kim, "Capacity optimization of the supercapacitor energy storages on DC railway system using a railway powerflow algorithm," IJICIC, Vol. 7, no. 5, pp. 2739-2753, May 2011.

- [6] Hosung Jung, Hyungchul Kim, Seongkwon Shin, Jinho Kim, Kiyong Yoon, and Yonghyeun Cho, "A power losses analysis of AC railway power feeding network using adaptive Voltage control," Trans. of KIEE, Vol. 62, no. 11, pp. 1621-1627, 2013.
- [7] Joo-uk Kim, Hosung Jung, and Hyungchul Kim, "A study on constructing rail energy management system applied SE process," ISGC&E 2013, July 2013.
- [8] Sung-min Cho, Hee-sang Shin, and Jae-chul Kim, "Modeling of battery energy storage system at substation for load leveling and its economic evaluation," Trans. of KIEE, Vol. 61, no. 7, pp. 950-956, 2012.



**김형철 (金炯徹)**

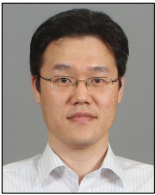
1967년 9월생, 1991년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2003년 Texas A&M 졸업(공학박사). 2004년~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 책임연구원  
 Tel : 031-460-5450  
 Fax : 031-460-5749  
 E-mail : hckim@krri.re.kr



**신승권 (申勝權)**

1972년 6월생, 1998년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2003년 ~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 선임연구원  
 Tel : 031-460-5685  
 Fax : 031-460-5749  
 E-mail : skshin@krri.re.kr@krri.re.kr

저 자 소 개



**박종영 (朴鍾泳)**

1976년 8월생. 1999년 서울대학교 전기공학부 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학부 졸업(공학석사). 2007년 동 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2007~2009년 한국전기연구원. 2009년~2013년 LS산전. 2013년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원.  
 Tel : 031-460-5731  
 Fax : 031-460-5749  
 E-mail : jypark@krri.re.kr



**정호성 (鄭濤聖)**

1971년 10월생, 2002년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2002년 ~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 책임연구원  
 Tel : 031-460-5116  
 Fax : 031-460-5749  
 E-mail : hsjung@krri.re.kr