

에너지저장장치의 설치위치에 관한 연구

이한민, 김길동, 이장무
한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원

A Study on Installing Point of Energy Storage System

Hanmin Lee, Gildong Kim, Changmu Lee
KRRI, KRRI, KRRI

Abstract - Developing the energy storage system is to save the money. Most of all, considering point before developing the system is where the system is installed. Therefore, in the paper, installing point of the system are reviewed

1. 서 론

에너지 절약은 국가적인 핵심과제로 대두되고 있으며, 현재 국내 전동차량에서 정차시 발생하는 회생에너지 활용이 전혀 없는 실정이다. 따라서 전동차에서 발생하는 에너지를 저장하여 활용하는 방식이 필요하다. 에너지를 저장하는 방식은 축전자가 저장매체로 활용되고 있으나 납 및 황산 등을 사용하기 때문에 산증발, 중금속 오염 등의 환경오염을 피할 수 없으며 응답속도가 현저히 낮기 때문에 철도차량 부하의 순간적인 에너지 충전에 적용하기에는 어려우며, 효율이 적은 단점을 가지고 있다.

따라서 환경 친화적이며 빠른 응답특성을 갖는 에너지 저장시스템 개발시 철도 산업 및 일반 산업 분야에서도 효율적인 전력 활용에 이바지 할 수 있으며 철도 산업에 있어서, 저항으로 소비되는 에너지를 저장매체를 이용하여 저장효율을 높여 재사용하도록 하므로 국가에너지 절약을 유도할 수 있다.

에너지저장시스템을 개발하면 에너지절감 효과가 있을 것이므로 빠른 시일내에 개발완료하여 운영기관에 설치할 필요가 있다. 다만, 이 시스템을 개발하기 전에 어느 위치에 설치하는 것이 효율적인지 검토하는 것이 무엇보다도 중요하다. 따라서, 본 논문에서는 에너지저장시스템을 개발하여 어디에 설치하는 것이 효율적인가를 연구하고자 한다.

2. 에너지 저장장치의 설치 위치에 따른 장단점 분석

에너지 저장장치의 설치 위치에 관해서는 차량에

탑재하는 방법 및 변전소 혹은 역과 역 사이에 위치하여 회생되는 에너지를 최적으로 저장, 활용하기 위한 방안이 유럽 및 일본을 중심으로 검토되고 있다.

일본철도 종합연구소에서는 에너지 저장장치를 차량에 탑재하여 가선이 없는 구간에서의 시험운행을 마친 보고 자료도 있으나, 이는 차량의 무게가 가벼운 Tram Car에 해당하며 가선 전압이 상대적으로 낮은 600V계에서 사용된 것으로 알려져 있다.

또한 독일의 쾰른 노면전차용 전원에 플라이휠식 에너지 저장장치를 적용한 예라든가 영국 런던 지하철에 실용화한 내용들이 보고되고 있다. 이는 에너지 저장의 기술이 국제적으로 이제 연구개발의 초기 단계에 불과 하기 때문에 실험의 편리성과 장치의 소형화를 이룩할 수 있으며, 선진 각국의 경우 경량전철의 시스템이 가장 첨단인 시스템으로 분류되기 때문이라고 할 수 있다.

그러나 국내의 경우 최신 시스템으로는 중형전동차가 주류를 이루고 향후 경량전철들이 도입됨으로써 에너지 저장 시스템은 실제 국내에서 운행되는 중전철의 가선 1500V계에서 사용된 시스템을 위하여 적용되어야만 한다.

경량전철의 경우는 상대적으로 낮은 전압이 사용되는 구간이기 때문에 실제의 적용에 있어서 훨씬 편리함을 얻을 수 있는 이점이 있다.

중량전철 시스템에서는 국외에서도 아직 설치하여 운영한 실례가 없기 때문에 에너지저장장치의 개발이 빨리 이루어져야만 하는 실정이라고 할 수 있다.

국외의 경우와 비교하여 가선 전압이 높은 국내의 시스템에 적용하기 위해서는 전압 및 전류 정격의 상승으로 인한 에너지 저장 매체의 용량 혹은 전력변환장치의 용량, 설치 공간상의 제약 등을 중

합적으로 검토해야 한다.

따라서 에너지 저장장치의 설치 위치에 따른 장 단점들을 간략하게 분석하고자 한다.

(1) 차량에 에너지 저장장치가 탑재될 경우

가선거리에 상관없이 잉여파워를 차량탑재 에너지 저장 소자에 축적하면서, 최고속도로부터 제로 속도까지, 상용 최대브레이크를 회생브레이크 즉 전기 제동력만으로 처리하는 것이 가능하게 된다.

즉, 현재 상태에서의 가선의 설계변경과 추가공사를 행하지 않고, 고유손실(회로저항과 주행저항 등)에 영향 없이 전 운동 에너지를 전기에너지로 바꿔서 리사이클(Recycle)하는 것이 가능하게 된다는 것을 의미하게 된다.

하지만, 에너지 저장매체에 해당하는 무게는 차량의 무게를 증가하게 함으로서 소비전력 또한 증가시키게 되기 때문에 에너지 저장장치 설치시 증가되는 무게보다 저장, 활용되는 에너지 효율이 높아야 하는 연구 과제를 가지고 있다.

또한 국내의 중전철의 경우 발생하는 회생 에너지 전체를 차량에 탑재한 에너지 저장장치를 통하여 회수하기 위해서는 7-8 [ton] 정도의 에너지 저장장치가 추가적으로 고려되어야 하며 설치 위치 및 공간상의 제약으로 인해 현 시점에서 기존 차량으로의 적용에는 어려움이 있기 때문에 일부의 에너지만을 저장하는 방식으로 적용하지 않으면 하중의 분포와 차량의 개량에 어려움이 존재한다고 할 수 있다.

하지만 이 경우 신설되는 경전철과 같은 새로운 사업 구간에서 가선이 없는 전차 적용 가능할 것으로 판단된다. 차량에 에너지저장장치의 탑재할 경우 에너지의 흐름을 블록다이어그램으로 다음과 같이 나타내었다.

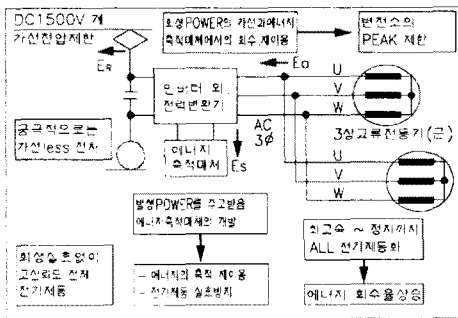


그림1. 차량에 에너지 저장장치가 탑재될 경우의 에너지 흐름

전동기에서 발전된 에너지가 인버터를 통하여 가선과 에너지축적매체로 공급되어 에너지를 사용하는 경우와 이를 사용하여 역행차량에서 재사용하는 경우의 전력흐름을 나타내고 있다.

다음의 그림은 차량탑재 에너지 저장의 전력 리사이클을 통하여 운행중인 차량의 전력의 흐름을 나타낸 그림이다.

기계적인 제동에 의해 전기가 발전되고 이를 가선을 통하여 후행하는 차량의 에너지로 재활용되거나 자체에 축적하여 재 역행시의 에너지원으로 사용함으로써 인하여 추후 가선이 없는 차량의 운영을 가능하게 하는 것을 보여주고 있다.

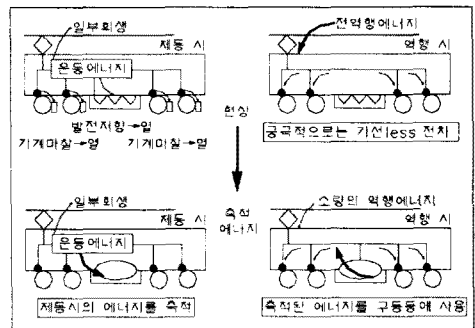


그림2. 전력 리사이클 차량(차량탑재 에너지 저장)의 파급효과

(2) 역과 역 사이에 에너지 저장장치가 설치될 경우

가선의 회생에너지의 수용성이 없는 경우에 발생하는 회생실효 대책으로서는 유효하지만, 가선저항과 가선전압 상한의 제약으로부터 차량의 고속영역에서 저속영역 전반에 걸친 회생에너지를 회수하기 위하여 저장장치를 설계할 경우 이를 위하여 가선 부분에서 에너지 저장매체까지의 설비의 구축이 필요하게 되며, 또한 지상의 감시설비의 증축이 필요하게 된다.

유럽의 경우에는 지상의 궤도 시스템이나 3레조 시스템의 경우 설치되는 경우도 있지만, 에너지의 저장에 비하여 소용량의 장치의 취부를 고려할 수밖에 없으며, 이 경우 에너지의 저장보다는 가선의 유동성을 억제하는 역할로 많이 사용되어질 수밖에 없다고 하겠다. 또한, 회생되어지는 차량과 역과 역 사이에 설치된 에너지 저장장치와의 거리가 길면 가선선로의 임피던스 성분으로 인해 회생되는 전체의 에너지가 에너지 저장장치로 전달되지 못하는 단점이 있다.

(3) 변전소에 회생에너지 저장장치가 설치될 경우

3. 결 론

회생실효 대책뿐만 아니라 가선저항과 가선전압 상한의 제약으로부터, 고속영역에서의 전기브레이크 파워 증가에 해당하는 전기 에너지를 회수하는 것을 위하여 구간내에 차량의 흐름과 차량 운영의 시격에 따라 에너지 저장량과 후부열차, 상하행선의 차량의 유무에 따라서 차량간의 회생과 모선으로의 회생의 량을 저장하는데 유리하다.

단, 회생되어지는 차량과 변전소에 설치된 에너지 저장장치와의 거리가 길면 가선선로의 임피던스 성분으로 인해 회생되는 전체의 에너지가 에너지 저장장치로 저장하지 않고 선로의 로스와 후부열차의 역행시의 전원으로 사용되며 변전소내의 모선의 위치에 따라 소비전력이 모니터와 설치상의 제약이 가장 좋은 조건이 되게 된다.

다만 차량이나 역과 역 사이에 설치하는 장치보다 에너지 저장장치의 용량적인 측면에서 증대되기 때문에 전력변환장치와 에너지저장매체의 수량이 증대되어야만하기 때문에 개발비용의 측면에서 비용의 증가가 단점이라고 할 수 있다.

다음은 차량의 흐름을 고려하여 변전소에 설치되었을 경우의 그림이다. 차량의 역행시의 전력의 흐름은 변전소에서 차량으로 흐르게 되며 회생 제동 시에는 후부의 열차의 역행에너지로 사용되거나 변전소내의 에너지저장장치로 저장되는 것을 알 수 있고, 다음 역행시에 저장장치의 에너지와 변전소로 부터의 에너지가 차량으로 공급되어 에너지의 재활용하는 것을 보이고 있다.

에너지 저장장치의 설치 위치에 따라서 여러 가지의 구분이 발생될 수 있음을 분석하여보았다. 차량의 경우에는 설치 공간적인 제약과 차량의 하중을 증가시키는 단점이 있었고, 역과 역 사이에는 설치하는 경우에는 설치 및 시설비용이 증대되는 것으로 분석되었다.

현재 중량전철이 주류를 이루고 있는 국내의 운영을 고려하였을 때에는 변전소의 설치가 가장 에너지저장량과 효율 설치와 유지 보수 측면에서 가장 우수한 것으로 분석할 수 있다.

따라서 에너지 저장장치의 매체로는 슈퍼 캐패시터를 적용하는 것과 설치 위치로는 변전소에 설치하는 것이 현재 운영중인 철도시스템의 에너지저장장치로 타당하다고 할 수 있다.

향후 에너지저장장치의 용량을 선정하기위하여 변전소 및 차량의 에너지를 측정하여 최적의 에너지저장장치의 용량을 선정하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 초전도물 이용한 중소형 전력저장 장치에 관한 보고서, 한국전기연구원, 2002. 11
- [2] Supercapacitor의 특성 및 응용, 한국전기연구소 전지연구그룹 보고
- [3] 에너지 절약 기술동향, 제 31호 2004.6
- [4] 전력저장기술의 최근의 동향, 철도와 전기기술 VOL. 16 No.2, 2005.2
- [5] 초전도 에너지저장 시스템 기술개발 동향, 전력전자학회지 제7권 제2호, 2002.4
- [6] Contact-wire-less Tramcar using Rechargeable Lithium Ion Battery, Japanese Railway Engineering n o. 152,2004
- [7] 전력리사이클차량 - 가선과 충전지의 하이브리드형 전차, 철도의 미래를 향한 연구개발, RRR 2005.7
- [8] 전전기브레이크의 기술동향, 철도차량과 기술 No.74
- [9] 회생 브레이크와 에너지, 철도차량과 기술 No.78

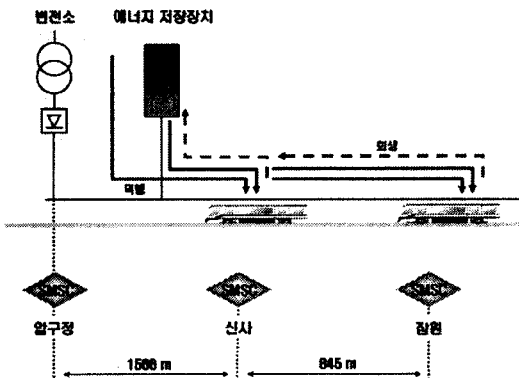


그림3. 변전소 설치 블록도