



Programa de Desarrollo Profesional UPR/MIT/Tren Urbano
Centro de Transferencia de Tecnología en Transportación
Recinto Universitario de Mayagüez
Mayagüez, P.R.



RESUMEN EJECUTIVO

Sistemas de Almacenamiento de Energía para el Tren Urbano

por

Nelson Sepúlveda Alancastro
Correo electrónico: n_sepulveda@yahoo.com
Civil Engineering Department
Recinto Universitario de Mayagüez

Consejero
Prof. Gerson Beauchamp
Correo electrónico: gerson@ece.uprm.edu

Resumen Ejecutivo

Introducción

Este proyecto consiste en el análisis, evaluación y el diseño de posibles sistemas de almacenamiento de energía para el Tren Urbano. Este sistema debe ser capaz de almacenar la energía que se necesita remover cada vez que los frenos del tren son aplicados. Además, el sistema debe integrarse con los sistemas eléctricos y mecánicos del Tren Urbano. Es decir, el sistema no debe alterar los demás sistemas del Tren Urbano.

Objetivo del Proyecto

Este proyecto persigue analizar, evaluar y recomendar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica que sea capaz de almacenar las cantidades de energía que es necesario remover cada vez que se frena el tren y que lo pueda realizar con la rapidez que se requiere para funcionar en conjunto con un sistema de freno dinámico para el Tren Urbano. En el proyecto se identificarán las tecnologías disponibles para estos sistemas y se evaluará su posible utilización en el sistema del Tren Urbano.

Revisión de Literatura

En nuestra revisión de literatura se estudiaron publicaciones con temas relevantes a nuestro interés [1-5], sistemas de almacenamiento de energía. En esta revisión se encontraron datos y hallazgos interesantes. Los mismos serán utilizados para la segunda parte de nuestro trabajo. Esta segunda parte consistirá en el diseño de nuestro sistema de almacenamiento de energía. En nuestro trabajo se han identificado, hasta el momento, dos sistemas de almacenamiento de energía que son comúnmente usados. Estos son:

BESS y SMES. Que por sus siglas en inglés significan Sistemas de almacenamiento de energía mediante batería y sistemas de almacenamiento de energía mediante material superconductor magnético. A continuación aparece un análisis de los datos encontrados en la revisión de literatura.

Análisis de la Literatura Estudiada

Tras la lectura y resumen de estos artículos, podemos ver varios datos que se repiten. El análisis de la revisión de literatura se presenta a continuación. El campo magnético fuera del radio interior de un toroide es cero. Esto se puede demostrar mediante la Ley de Ampere. En el caso del solenoide, lo anterior no es cierto. El campo magnético que radia un sistema solenoidal es significativo.

El campo magnético irradiado por el solenoide causa problemas adicionales porque induce corrientes de Eddie. Estas corrientes pueden alterar otros sistemas en el Tren, dado que el sistema de almacenamiento de energía localizaría en un lugar del Tren cercano a los demás sistemas eléctricos del mismo. El Sistema eléctrico del Tren está diseñado para trabajar con unas corrientes nominales las cuales se pueden ver afectadas por las corrientes de Eddie producidas por el sistema solenoidal. Por consiguiente, el sistema eléctrico del Tren se puede afectar.

Estos campos magnéticos no son fáciles de controlar. Además, el sistema solenoidal debe ser construido en el lugar que se va a implementar. Esto es otra limitación, dado que sería más difícil trabajar con el sistema a la hora de reparaciones, mantenimiento, pruebas, mejoras y operación. La modularidad del sistema toroidal lo hace más deseable para implementaciones en donde el espacio sea limitado.

A pesar de estos hechos, el sistema solenoidal ha sido históricamente preferido. Esto se debe básicamente al costo [1]. El sistema solenoidal es más barato que el sistema toroidal. Esto se debe a que el sistema solenoidal almacena la misma energía que un toroidal con menos utilización de superconductores [1]. Esto representa para el sistema toroidal un mayor costo de materiales, menor eficiencia, mayor retraso en respuestas y mayor espacio necesario para implementar el sistema. Además, al tener más material superconductor, la fuerza radial neta en el toroide, es mayor y la eficiencia del sistema baja. Es decir, el porcentaje de energía que se pierde en un sistema toroidal, es mayor que en uno solenoidal. A medida que aumenta el tamaño del sistema toroidal disminuye la eficiencia del sistema.

Los sistemas de almacenamiento de energía por BESS son generalmente utilizados para sistemas que trabajan con pequeñas cantidades de energía. Son muy eficientes pero a la vez son muy delicados. A la hora de trabajar con grandes cantidades de energía el SMES llega a ser más eficiente que este sistema. Además los sistemas BESS tienen una vida promedio mucho menor que los sistemas SMES, son más caros, ocupan más espacio y no toleran descargas muy grandes de energía [2,3,4,5].

Otro sistema de almacenamiento de energía utiliza ruedas de inercia ("Flywheels"). Este método de almacenamiento de energía es el más comúnmente usado para sistemas de trenes. El mismo almacena energía cinética en una rueda de inercia. Este sistema no se estudiará ya que la compañía de "Siemens" no desea incorporar más sistemas mecánicos en el Tren Urbano.

Trabajo futuro

En estos momentos nuestro próximo paso es una reunión con ingenieros del Tren Urbano el 17 de diciembre de 1999. Una vez seleccionemos el sistema de almacenamiento de energía procederemos a diseñar el mismo. Observaremos su desempeño y tomaremos decisiones de nuestro sistema para luego hacer recomendaciones del mismo.

Referencias

1. S.M. Schoenung, W.R. Meier, and W.V. Hassenzahl, "A comparison of large-scale toroidal and solenoidal SMES systems," *IEEE Trans. Mag.*, vol. 27, no.2, pp.2324-2328, 1991.
2. Oman, H., "Batteries vs. Alternatives for storing energy," *Energy Conversion engineering conference, 1996. IECEC-96 Proceedings of the 31th Intersociet.* Vol.3, pp. 2072-2076.
3. Paredes Maisonet, E., *Determination of required rapid response spinning reserve to avoid underfrequency load shedding under generation deficiency conditions in Puerto Rico Electric Power System.* Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Electrical Engineering. University of Puerto Rico. Mayaguez Campus. 1999.
4. C.M.Liaw, T.H.Chen, S.J. Chiang, C.M.Lee, and C.T. Wang, "Small Battery Energy Storage System" *IEEE Proceedings-B*, vol.140, no.1, pp.7-17 1993.
5. S.K.Biradar, R.A.Patil, Maheshwari Ullegaddi "Energy Storage System in Electric Vehicle"