

Estudio Comparativo y Simulación de Topologías de Convertidores Óptimas para Sistemas de Almacenamiento de Energía en Bobinas Superconductoras (SMES)

I. J. IGLESIAS (*)

J. ACERO (*)

A. BAUTISTA (**)

RESUMEN En este artículo se presenta un estudio comparativo entre diferentes topologías de convertidores para sistemas de almacenamiento de energía en bobinas superconductoras (SMES = Superconducting Magnet Energy Storage). El estudio está basado en la simulación de las diferentes opciones mediante el programa EMTP (Electro Magnetic Transient Program). La comparación está centrada principalmente en dos tipos de convertidores: de tensión y de corriente. Aunque ambas topologías podrían ser utilizadas para sistemas de almacenamiento de energía superconductores, la simulación nos proporciona una excelente herramienta de cara a la selección de una de ellas para una aplicación específica. Todas las topologías analizadas están basadas en la utilización de switches semiconductores autospagables (Tiristores GTO = Gate Turn Off o Transistores IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor) y control por modulación de anchura de impulsos (PWM = Pulse Width Modulation). Esto permite alcanzar tres objetivos básicos: a) Ajuste rápido e independiente de las potencias activa y reactiva; b) Minimización de los armónicos de la corriente de red, y c) Operación en los cuatro cuadrantes del plano P, Q.

COMPARATIVE STUDY AND SIMULATION OF OPTIMAL CONVERTER TOPOLOGIES FOR SMES SYSTEMS

ABSTRACT In this paper a comparative study between different topologies for SMES (Superconducting Magnet Energy Storage) systems is presented. The study is based on the simulation of different options by using EMTP (Electromagnetic Transients Program). The comparison is mainly centered in two converters types: current and voltage converters. Although both topologies could be used for SMES systems, the simulation results give us an excellent tool to select the more appropriate topology for any specific application. All the topologies analyzed are based on self-commutating devices (GTO or IGBT) and PWM mode control. This allows a fast and independent adjustment of both active and reactive powers, an ac current harmonics minimization and four quadrants (P,Q) operation.

Palabras clave: SMES; Convertidor de Corriente; PWM; Simulación.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han presentado varios artículos que describen diferentes topologías de convertidores para conectar un SMES a la red de potencia [1], [2] [3] y [4].

Este artículo ha sido presentado en el Congreso "1994 APPLIED SUPERCONDUCTIVITY CONFERENCE" Boston, Massachusetts USA, October 16-21, 1994, y será publicado en un número especial de la revista, "IEEE Transactions on Applied Superconductivity".

(*) Servicio de Técnicas Físicas. CEDEX (MOPTMA).

(**) IBERDROLA; DSE UPM.

Los primeros sistemas estaban basados en rectificadores a tiristores conmutados por la red [1] y [2], trabajando como rectificadores cuando se carga la bobina superconductora y como onduladores cuando la potencia se inyecta en la red. Estos sistemas tienen las siguientes limitaciones:

- Presentan siempre un factor de potencia en retraso (inductivo) a la red, no pudiendo funcionar con $\cos \phi = 1$.
- Los armónicos de orden bajo de la corriente en red son muy significativos. Usando un convertidor de 12 pulsos algunos armónicos pueden ser cancelados pero la Distorsión Armónica Total (THD = Total Harmonic Distortion) es todavía muy alta para cumplir con la normativa vigente.

Para superar estas dos limitaciones los trabajos más recientes están dirigidos hacia el uso de convertidores basados en dispositivos autoconmutados como tiristores GTO o transistores IGBT. La utilización de estos dispositivos permite que la potencia reactiva absorbida por el convertidor pueda ser tanto inductiva como capacitiva, independientemente de la potencia activa transferida entre la bobina superconductora y la red eléctrica.

Para reducir el nivel de armónicos de la corriente alterna de entrada, el primer paso fue la utilización de filtros activos que compensan los armónicos generados en cada instante. Sin embargo la complejidad de dicha solución puede ser evitada mediante el uso de dispositivos autoconmutables que permiten que el convertidor sea controlado en modo PWM. De esta manera los armónicos de orden bajo pueden ser considerablemente minimizados, eliminando la necesidad de filtros activos.

La potencia del convertidor podría variar en un rango muy amplio, dependiendo de la aplicación: desde cientos de Kilovatios en micro SMES para aplicaciones como fuente de alimentación ininterrumpida (UPS = Uninterruptible Power Supply) [5] a cientos de Megavatios en sistemas de almacenamiento energético [6]. El rango de potencias de los IGBTs es todavía bajo para aplicaciones de potencia. En la actualidad solamente pueden resultar útiles en micro SMES de tamaño pequeño. El tiristor GTO es la única posibilidad actual para aplicaciones de alta potencia con control PWM. Quizás en el futuro sea posible la utilización del tiristor de puerta MOS (MCT = Mos Controlled Thyristor), que actualmente está en su desarrollo inicial.

Al utilizar GTOs la frecuencia debe ser limitada a un valor relativamente bajo (menor de 1-2 KHz), para minimizar las pérdidas de conmutación y para respetar las especificaciones de funcionamiento del GTO (anchura mínima de los pulsos de apagado y encendido). Las estrategias óptimas de control PWM son las más apropiadas para minimizar armónicos con frecuencias de disparo bajas. Algunas de estas estrategias serán analizadas en las topologías comparadas más adelante.

En este artículo se presentan tres tipos de convertidores para SMES:

- 1) Una topología de convertidor de corriente (CSC = Current Source Converter) de seis pulsos con una frecuencia de disparo baja (500 Hz) y estrategia de disparo de PWM óptimo.
- 2) Un convertidor de corriente (CSC) de doce pulsos con una estrategia similar de PWM pero más apropiado para aplicaciones de potencia.
- 3) Una topología de convertidor de tensión (VSC = Voltage Source Converter) + trocador de continua con una estrategia de disparo convencional (PWM por comparación de ondas senoidales y triangulares) y una relativamente baja frecuencia de disparo (1 KHz) apropiada para GTOs.

La discusión estará contrada principalmente en la elección entre las topologías en corriente (CSC) y tensión (VSC) para ser utilizadas en un sistema de SMES. Los criterios de comparación estarán basados en:

- a) Aplicaciones del SMES: Almacenamiento de Energía, Estabilización de redes o UPS.
- b) Niveles de potencia activa y reactiva.
- c) Nivel de rizado de la tensión en la bobina superconductora.
- d) Nivel de armónicos de las corrientes de línea.
- e) Rangos de potencia.

Basado en los resultados del presente artículo, se está construyendo actualmente un convertidor de 500 Kw para un SMES de 1 MJ. Este sistema de SMES se utilizará para llevar a cabo pruebas experimentales de estabilización de redes eléctricas con sistemas basados en superconductores (Proyecto AMAS500 patrocinado por IBERDROLA, UNION FENOSA, RED ELÉCTRICA y ASINEL). En los próximos meses estarán disponibles los primeros resultados experimentales.

II. TOPOLOGÍA DE CONVERTIDOR DE CORRIENTE

En la figura 1 se muestra la topología básica de un convertidor de corriente de seis pulsos. Los GTOs conmutan la corriente de una fase a otra generando un conjunto de corrientes PWM desfasadas 120°. Utilizando una estrategia apropiada de disparo se pueden minimizar los armónicos de la corriente de entrada al convertidor. La corriente en cada fase conmuta entre los valores $+I$, 0 y $-I$ (I = Corriente en la bobina superconductora). Para absorber la energía almacenada en las inductancias de la línea, es necesario conectar un banco de condensadores a la entrada del convertidor, que dan un camino a la corriente conmutada en la línea.

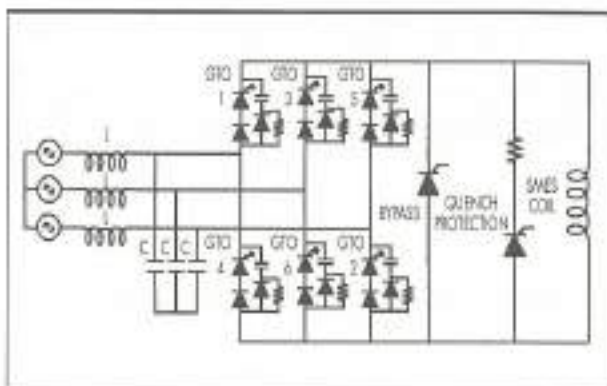


FIGURA 1. Topología de Convertidor de Corriente con GTOs utilizada en sistemas de almacenamiento de energía en bobinas superconductoras.

El conjunto compuesto por las inductancias de línea y los condensadores de entrada constituye un circuito resonante L-C. Para evitar problemas de resonancia, la frecuencia de resonancia del conjunto debe ser fijada a un valor conocido. Esto da lugar a la inclusión de una inductancia adicional en serie con el convertidor de forma que no sea la inductancia de línea la que fije la frecuencia de resonancia. Ésta ha sido ajustada aproximadamente al armónico 9°, de forma que el intervalo entre la frecuencia de resonancia y la frecuencia de los armónicos contenidos en el PWM sea lo mayor posible. Esto es debido a que en el patrón de disparo, los armónicos de orden 6n-3 (n: número natural) son teóricamente cero si la corriente PWM está equilibrada en las tres fases. Además como se mostrará en el siguiente apartado, el patrón de disparo PWM minimiza los armónicos 5°, 7°, 11° y 13°, de forma que el 9° está en el centro de la zona minimizada por la estrategia de disparo.

A. PATRÓN DE DISPARO EN PWM

El patrón de disparo PWM utilizado para disparar el puente de GTOs ha sido presentado en artículos anteriores [7]-[8].

Consiste en una estrategia de disparo óptimo que puede ser desarrollada con una frecuencia de disparo de tan solo 500 Hz. El objetivo fundamental de la misma consiste en minimizar los armónicos de orden bajo (5° , 7° , 11° y 13°) de la corriente de entrada al convertidor.

En la figura 2 se muestra en detalle el patrón de disparo. La misma estrategia es repetida cada 60° con los GTOs 1 a 6 cambiando cíclicamente su papel. Como se ve en la figura, en un periodo de 60° el GTO 6 se mantiene encendido, mientras los GTOs 1, 3 y 5 se disparan en los periodos definidos por los ángulos θ_1 a θ_5 . Es importante resaltar que cuando el GTO 3 se dispara la corriente de la bobina superconductora circula a través de una rama del convertidor y en ese instante las corrientes PWM en las tres líneas son cero.

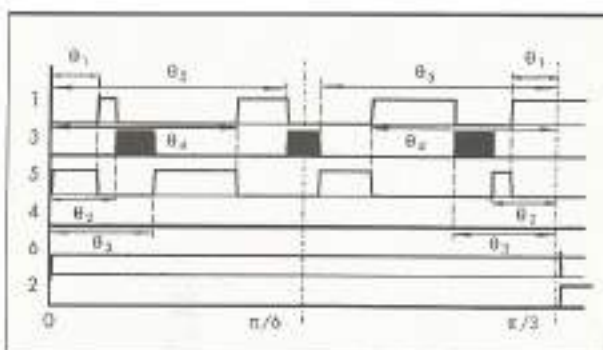


FIGURA 2. Patrón de disparo en PWM.

El espectro de armónicos de las corrientes de línea creadas por este patrón de disparo es:

$$I_n = A_n \cdot I_d \quad (1)$$

$$A_n = \frac{6}{\pi n} ((\cos(n(\frac{\pi}{6} - \theta_1)) - \cos(n(\frac{\pi}{6} - \theta_2))) + \cos(n(\frac{\pi}{6} - \theta_3)) - \cos(n(\frac{\pi}{6} - \theta_4))) \cdot \cos(n\frac{\pi}{6}) - \sin(n\theta_5) \cdot \sin(n\frac{\pi}{3}) \quad (2)$$

Los cinco ángulos de disparo θ_1 a θ_5 deben obtenerse a partir de la minimización de la función:

$$F = A_5^2 + A_7^2 + A_{11}^2 + A_{13}^2 \quad (3)$$

sometida a las restricciones:

$$0 \leq \theta_1 \leq \theta_2 \leq \theta_3 \leq \theta_4 \leq \theta_5 \leq \pi/6 \quad (4)$$

Otra restricción que debe ser tenida en cuenta es que todos los pulsos generados por el patrón de disparo deben ser más anchos que el tiempo mínimo de encendido de un GTO. Este aspecto resulta especialmente importante en GTOs de alta potencia donde el tiempo mínimo de encendido debe ser mayor de 120-150 μ s. Como se analizará más adelante, este aspecto limita la utilización del convertidor de seis pulsos. Esto es debido a que esta restricción de tiempo mínimo nos conduce a una minimización insuficiente de los armónicos.

El problema de minimización ha sido resuelto utilizando algoritmos numéricos de optimización de funciones multivariables. Los cinco ángulos de disparo se obtienen como funciones del índice de modulación M , que es proporcional a la amplitud del primer armónico. Para conseguir una alta precisión dichas funciones han sido aproximadas mediante poli-

nomios de grado 7 y almacenadas en un DSP (Digital Signal Processing) muy rápido (DSP-E 32C-ATT, 25 MHz). De esta forma los ángulos de disparo son calculados en tiempo real para cualquier valor del índice de modulación y del desfase de la corriente.

B. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

La simulación del convertidor de corriente ha sido realizada con el programa BMTP. En la figura 3 se muestran algunos de los resultados de la misma; en concreto la corriente PWM a la entrada del convertidor y la corriente en la línea para $M=1$.

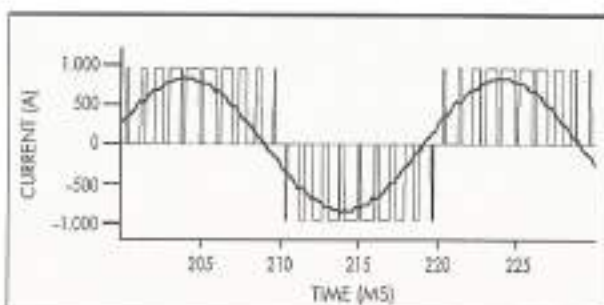


FIGURA 3. Corriente PWM y corriente AC en la línea para el convertidor de corriente de seis pulsos, índice de Modulación = 1.

En la figura 3 se puede observar que la corriente de línea es cercana a una senoidal y por tanto la distorsión armónica es baja. Sin embargo cuando el índice de modulación decrece el nivel de armónicos empeora considerablemente. Esto es debido a la restricción de tiempo mínimo de encendido del GTO que impide una minimización aceptable de los armónicos bajos generados por el patrón PWM. Para GTOs de alta potencia la distorsión armónica total (THD) resulta inaceptable para índices de modulación inferiores a 0.7. Para superar este inconveniente se ha simulado también una topología de convertidor de corriente de doce pulsos. El patrón de PWM es el mismo que antes pero minimizando únicamente los armónicos 11° y 13° , ya que, como es sabido, los armónicos 5° y 7° se cancelan en la topología de 12 pulsos con doble secundario estrella-triángulo en el transformador. Mediante esta estrategia los armónicos 11° y 13° son minimizados de manera satisfactoria para cualquier valor del índice de modulación (0.23 a 1.15), incluso para valores altos del tiempo mínimo de encendido (120 μ s). En la figura 4 se muestran los resultados de la comparación entre ambas topologías, desde el punto de vista de la tasa de distorsión armónica.

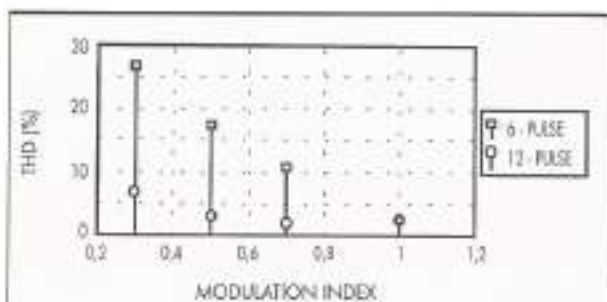


FIGURA 4. Tasa de distorsión armónica (THD) en función del índice de modulación (M). Comparación entre las topologías de 6 y 12 puntos.

Otro aspecto muy importante cuando se elige la topología más adecuada para un SMES es la tensión en bornes de la bobina superconductora. El rizado en la tensión incrementa las pérdidas AC y disminuye el rendimiento del conjunto. En este aspecto el convertidor de 12 pulsos muestra un comportamiento mucho mejor que el de 6 pulsos, como se muestra en la figura 5.

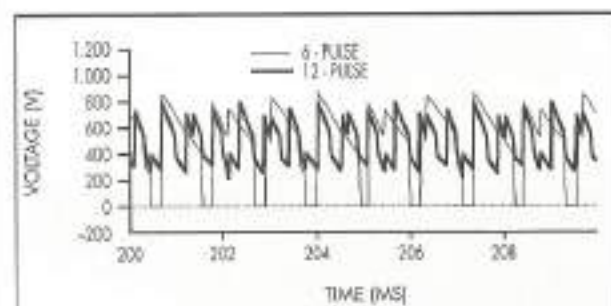


FIGURA 5. Tensión en la bobina superconductora para los convertidores de corriente de 6 y 12 pulsos.

B1. NIVEL DE POTENCIAS ACTIVA Y REACTIVA

Cuando un SMES va a ser utilizado para estabilizar una red de potencia, uno de los aspectos más importantes es la capacidad del convertidor de transferir potencia activa (P) y/o reactiva (Q) a la red. Variando el índice de modulación y el ángulo de disparo, el convertidor de corriente puede suministrar valores positivos y negativos de P y Q . Los condensadores de entrada dan lugar a que el diagrama del círculo P - Q esté desplazado en el eje de potencias reactivas. Este desplazamiento es siempre en la dirección de la reactiva capacitiva. Este comportamiento del convertidor de corriente, de poder suministrar energía reactiva capacitiva, supone una ventaja cuando la aplicación está dirigida a compensar oscilaciones de red.

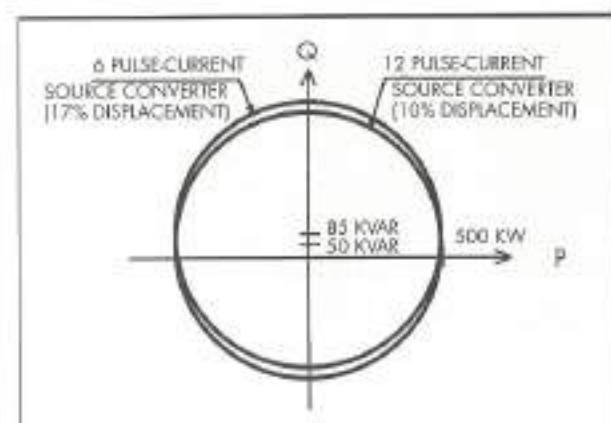


FIGURA 6. Diagrama P-Q, Convertidor de Corriente.

En la figura 6 se muestra el diagrama P - Q para el convertidor de corriente; el desplazamiento en el eje Q es de aproximadamente el 17% para la topología de 6 pulsos y del 10% para la de 12 pulsos. Esto es debido a que en la topolo-

gía de 12 pulsos se colocan dos filtros resonantes a la entrada sintonizados a los armónicos 17° y 19°. Estos filtros no son necesarios en la topología de 12 pulsos.

III. TOPOLOGÍA DE CONVERTIDOR DE TENSIÓN + TROCEADOR

A. TOPOLOGÍA BÁSICA

En la figura 7 se muestra la topología básica de un convertidor de tensión+troceador para su aplicación como SMES.

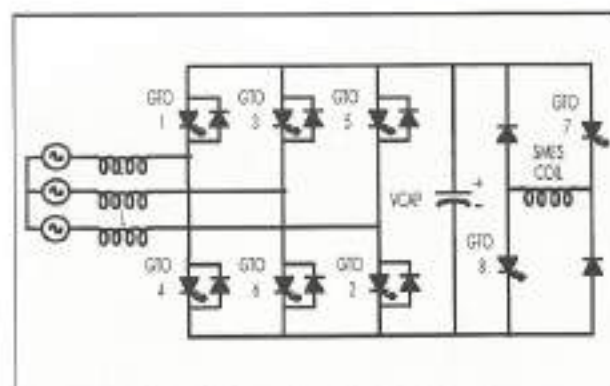


FIGURA 7. Topología de Convertidor de Tensión + Troceador para sistemas de SMES.

La bobina superconductora es intrínsecamente una fuente de corriente; para trabajar con un convertidor de tensión, se hace necesaria la conversión a una fuente de tensión. Esto se realiza mediante un troceador constituido por dos diodos y dos GTOs que cargan un condensador a partir de la corriente de la bobina. Si los GTOs conducen durante un tiempo inferior a los diodos el condensador se carga, sin embargo si el tiempo de conducción de los GTOs es superior el condensador se descarga. Controlando el tiempo relativo de conducción de GTOs y diodos, se regula la tensión del condensador.

El puente convertidor de tensión con GTOs es la interfase entre la fuente de tensión constituida por el condensador intermedio y la red. Esta es una topología muy común en convertidores de potencia industriales, más conocida que la topología en corriente. Variando el ángulo de disparo de los GTOs y el índice de modulación, se pueden controlar independientemente las potencias activa y reactiva.

La estrategia de control de este convertidor es un sistema convencional de PWM basado en la comparación de una onda triangular y una senoidal. Usando GTOs, la frecuencia de disparo se ha limitado a 1 KHz. El espectro de armónicos de las corrientes de línea no contiene armónicos de orden bajo. Solamente contiene armónicos altos, más sencillos de ser eliminados mediante filtros pasivos. La distorsión armónica total obtenida en la simulación ha sido menor que 3 para $M=1$.

B. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En la figura 8 se muestran la corriente a.c. de entrada al convertidor y la tensión (línea-neutro) en bornes del mismo.

En la figura 9 se muestra la tensión en bornes de la bobina superconductora cuando se utiliza la topología de tensión. Dicha tensión oscila entre los valores $+V_{CB}$ y $-V_{CB}$ y por tanto presenta una componente alterna muy superior a

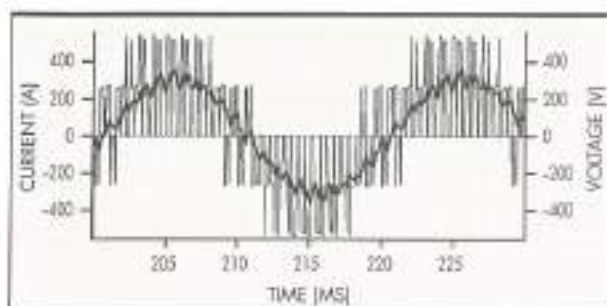


FIGURA 8. Corriente A.C. de línea y Tensión en el Convertidor de Tensión para SMES ($V_{red} = 220$ V, $V_{red} = 800$ V).

la del convertidor de corriente. La frecuencia de dicha componente viene dada por la frecuencia de chapeado que se fijó a 1 KHz.

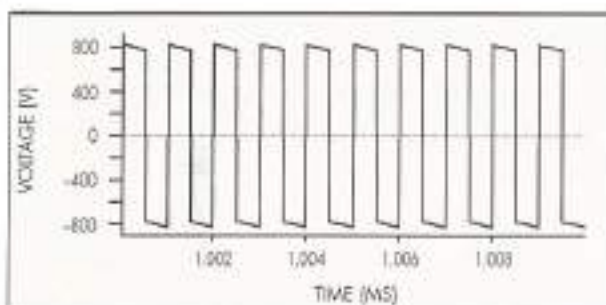


FIGURA 9. Tensión en la bobina superconductora. Topología del Convertidor de Corriente.

B1. NIVEL DE POTENCIAS ACTIVA Y REACTIVA

En la figura 10 se muestra el diagrama del círculo P-Q correspondiente al convertidor de tensión. El eje de potencias reactivas está fuertemente desplazado en la dirección de la reactiva inductiva. Esto es debido a las altas inductancias conectadas a la entrada del convertidor y que son necesarias para el correcto funcionamiento del mismo.

B2. COMPORTAMIENTO COMO UPS

En la figura 11 se muestra el comportamiento de ambos convertidores funcionando como fuentes ininterrumpidas de tensión (UPS). La topología en tensión es capaz de mantener la tensión constante un tiempo mayor que la topología en corriente. Por esta razón sería más apropiada para su utilización como UPS. Sin embargo en dicha figura se observa cómo controlando en tensión el convertidor de corriente se puede llegar a obtener una respuesta comparable al de tensión.

IV. CONCLUSIONES

Se presenta en este artículo una simulación completa de dos convertidores, de corriente y tensión, para alimentar un sistema de almacenamiento de energía en bobina superconductora (SMES). Las principales conclusiones de dicho estudio son las siguientes:

- Ambas topologías permiten un control independiente de las potencias activa y reactiva transferidas entre la bo-

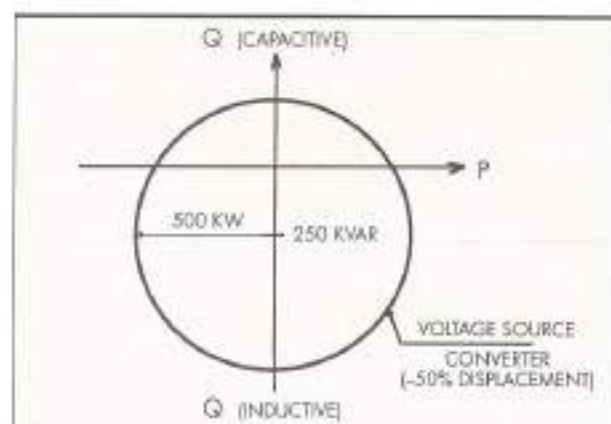


FIGURA 10. Diagrama P-Q. Convertidor de Tensión.

bina superconductora y la red eléctrica. Sin embargo la topología en corriente es capaz de suministrar un nivel de potencia reactiva capacitiva superior a la topología en tensión.

- La componente alterna de la tensión en la bobina superconductora es menor cuando se usa el convertidor de corriente; especialmente en la topología de 12 pulsos. Esto implica una reducción en las pérdidas a.c. en la bobina superconductora.
- En ambos convertidores se ha desarrollado una estrategia de disparo de baja frecuencia, apropiada para sistemas de alta potencia. La utilización de IGBTs se hace posible solamente en pequeños micro SMES, y por esta razón han sido descartados para aplicaciones futuras.
- En ambos convertidores se obtiene un bajo nivel de armónicos de corriente inyectados en la red ($THD < 5$).
- Ambas topologías presentan un comportamiento comparable cuando trabajan como sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS).
- El convertidor de corriente de seis pulsos no resulta adecuado cuando el tiempo mínimo de encendido de los GTOs se sitúa en valores del orden de los 60-70 μs , debido a que la tasa de distorsión armónica aumenta hasta valores inaceptables. En este caso la topología de corriente de 12 pulsos resulta una opción excelente.
- Para grandes sistemas de almacenamiento superconductor de energía la mejor opción sería la utilización de con-

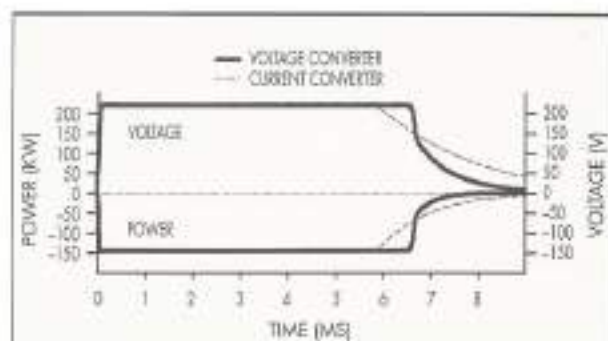


FIGURA 11. Comportamiento como UPS de ambos convertidores.

vertidores de corriente multimodulares. Estos podrían ser desarrollados utilizando la estrategia de control estudiada en este artículo u otras ya analizadas [3].

AGRADECIMIENTOS

El trabajo aquí presentado forma parte del Proyecto AMAS500, consistente en investigar la utilización de SMES para estabilizar redes de potencia. Este Proyecto está financiada por: ASINEL, IBERDROLA, UNIÓN FENOSA y RED ELÉCTRICA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H.J. BOENIG, J.F. HAUER. "Commissioning Test of the Bonneville Power Administration 30 MJ Superconducting Magnetic Energy Storage Unit", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, No. 2, February 1985, pp. 302-312.
- [2] I. IGLESIAS, L. GARCÍA-TABARÉS, J. TAMARIT. "Primer Prototipo Español de Almacenamiento de Energía en Bobina Superconductora", Ingeniería Civil. No. 87. Diciembre 1992, pp 21-31.
- [3] Z.C. ZHANG, B.T. OOI. "Multimodular Current-Source SPWM Converters for Superconducting Magnetic Storage System", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 8, No. 3, July 1993, pp. 250-255.
- [4] R.L. KUSTOM ET AL. "Research on Power Conditioning Systems for Superconductive Magnetic Energy Storage (SMES)", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 27, No. 2, March 1991, pp. 2320-2323.
- [5] C. DEWINKEL, J.D. LAMOREE. "Storing Power for Critical Loads", IEEE Spectrum, June 1993.
- [6] I.D. HASSAN, R.M. BUCCI, K.T. SWE. "400 MW SMES Power Conditioning System Development and Simulation", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 8, No. 3, July 1993, pp. 237-249.
- [7] Q. JIANG, D.B. GIESNER, D.G. HOLMES. "A Linearised Optimal Modulation Strategy for a GTO Converter to Allow Real-Time Control of Active and Reactive Power Flows into a SMES System", Conf. Rec. EPE 1991, pp. 504-509.
- [8] M. IWAHORI, K. KOUSAKA. "Three-Phase Current Source GTO Rectifier Adopting New PWM Control Techniques", Conf. Rec. IEEE Ind. App. Soc. pp. 855-860.

*La Fundación Shamsheer Prakash de Estados Unidos,
ha galardonado por excelente en la especialidad de Ingeniería Geotécnica 1994,
al Dr. Ingeniero de Canales y Puertos, D. Manuel Pastor Pérez del
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas,
(Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas) del MOPTMA.*

*Conjuntamente dicha Fundación ha galardonado
al Dr. Susumo Jai del Ministerio de Transporte de Japón.*

GRANDES EQUIPOS DE DESALINIZACIÓN POR OSMOSIS INVERSA

LA MÁS ALTA TECNOLOGÍA

La más alta tecnología en sistemas de desalinización de aguas de mar, solobres o pozos salinos. Sólo los mejores componentes son incluidos en nuestros equipos.

Bombas de alta y baja presión, filtros, tuberías, y membranas, están pensadas para el mínimo coste en repuestos y la máxima durabilidad y fiabilidad. Todos los equipos están diseñados por ordenador y permiten su funcionamiento y control informatizado.



UN EQUIPO PARA CADA NECESIDAD

En PETER TABOADA nuestros ingenieros diseñan equipos a medida, ampliando las especificaciones del cliente de acuerdo con sus necesidades: equipos transportables en camiones, equipos montados en plataformas flotantes, equipos estáticos; todos estos equipos son ampliables sin cambiar su configuración.

OTROS PRODUCTOS PETER TABOADA

Equipos de reciclaje de aguas industriales, Esterilizadores de rayos ultravioleta, Separadores de agua-aceite, Equipos antiincrustantes y anticorrosivos PETION para circuitos de agua de mar, Equipos purificadores de agua domésticos ECOMASTER que eliminan totalmente bacterias virus y parásitos, Equipos ablandadores de agua y equilibradores de PH, Filtros de carbón activo y bloque de carbón, Pequeños equipos recicladores de agua para trenes de lavado de automóviles y uso industrial.



LA MAS AMPLIA GAMA

Nuestros diseños abarcan desde pequeños equipos para chalets, residencias, hoteles, campos de golf, yates, buques de todo tipo hasta plantas de alta producción en pueblos, mancomunidades, grandes ciudades y unidades costeras.



EL AGUA MÁS PURA

Agua fresca y purificada para consumo humano que supera ampliamente los standards de la O.M.S.



Peter Taboada

ALTA TECNOLOGÍA
EN TRATAMIENTO DE AGUAS

García barbón, 95, 36201 Vigo (España)
Teléfono 10061 22 41 86 / 22 44 72 Fax 10061 22 34 29

INGENIERIA CIVIL



- Agronomía
- Obras Hidráulicas
- Ingeniería Sanitaria
- Estudios y Proyectos Medioambientales
- Ingeniería de Costas
- Ordenación del Territorio y Desarrollo Regional
- Geología y Minería
- Ingeniería del Transporte



INFORMES Y PROYECTOS, S.A.,
es una empresa de Ingeniería y Consultoría
con más de 25 años de experiencia en los campos
de la Ingeniería Civil, Industrial, de Recursos
Naturales y de Tratamiento de Residuos.

General Díaz Portier, 49 - 28001 MADRID Tel. (91) 402 55 04 - 402 50 12 Fax (91) 402 13 91
Plaza Fernando Lesseps, 33 - 08023 BARCELONA Tel. (93) 415 00 17 Fax (93) 218 65 35
DELEGACIONES EN: SEVILLA, ZARAGOZA, GUON, GALICIA, MURCIA Y VALENCIA

