

# Control de tensión de una red aislada mediante un sistema de energía híbrido

Haritz Camblong<sup>1</sup>, Aitor Etxeberria<sup>1,2</sup>, Juanjo Ugartemendia<sup>1</sup> y Octavian Curea<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad del País Vasco (España)

<sup>2</sup> ESTIA Recherche (Francia)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7715>

Uno de los problemas de los sistemas eléctricos aislados es la baja estabilidad de la tensión. Un Sistema de Energía Híbrido (SEH) controlado de manera adecuada puede ser una buena solución para hacer frente a este problema. En efecto, la hibridación de fuentes o sistemas de almacenamiento de distintas dinámicas permite responder a diferentes exigencias o condiciones de funcionamiento. Además, como las microrredes (Martinez-Rodríguez et. al, 2013), los SEH podrían mejorar a corto plazo el sistema eléctrico.

En (Camblong et. al, 2015) se ha desarrollado un controlador digital robusto para un inversor dotado de un filtro pasivo del tipo inductivo-capacitivo-inductivo y asociado a un SEH que alimenta una carga puramente resistiva (generación de calor o luz). El SEH está formado por una pila de combustible de tipo Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) y un supercondensador (ver Figura 1). La tensión del bus de corriente continua (DC) se mantiene constante gracias al convertidor DC/DC asociado a la pila. Los convertidores DC/DC utilizados son del tipo buck-boost bidireccionales, y el inversor es un inversor de 2 niveles. El estudio está enfocado al control de la tensión alterna mediante el inversor. En particular, se pretende analizar la respuesta del SEH frente a cambios bruscos de la carga resistiva.

El control del inversor está formado por dos lazos de control, uno interno de la corriente  $i_i$  y otro externo de la tensión aplicada a la carga. El carácter aislado del SEH induce un comportamiento dinámico que depende de la impedancia de la carga.

Los objetivos prioritarios del controlador global del inversor son amor-

tiagar la dinámica oscilante de la planta y asegurar la estabilidad y la robustez en estabilidad en todo el rango de funcionamiento, a pesar del cambio de la dinámica del proceso a controlar.

## ANÁLISIS DEL SISTEMA Y DISEÑO DEL CONTROLADOR

La Figura 2 muestra el diagrama de Bode de la planta para distintos valores de  $R$ , que van desde una potencia de 400 W hasta la potencia nominal de 2 kW. Esas potencias corresponden al SEH experimental de ESTIA (École Supérieure des Technologies Industrielles Avancées) donde se prevé realizar ensayos experimentales.

La planta tiene una ganancia menor y es ligeramente menos amortiguada en la medida que  $R$  aumenta (menor potencia). En cuanto a la frecuencia de resonancia, es muy parecida en toda la zona de funcionamiento.

Los controladores de tensión y de corriente (Figura 3) son del tipo RST. Una de las ventajas de este tipo de controladores, en comparación por ejemplo con los de tipo PID, es que el número de parámetros que contiene no está limitado.

Los controladores están diseñados mediante los métodos “Seguimiento y regulación a objetivos independientes con calibrado de la función de sensibilidad” y “Asignación de polos con calibrado de la función de sensibilidad” (Landau and Zito, 2006).

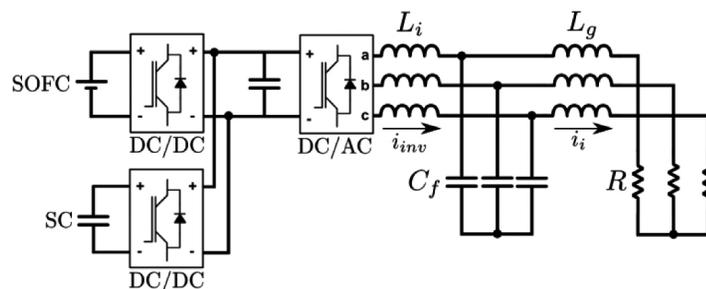


Fig. 1: Esquema del SEH aislado

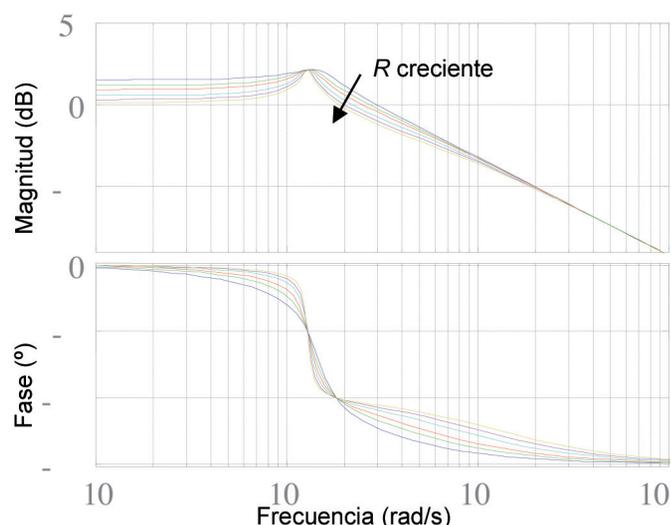


Fig. 2: Diagrama de Bode de la planta en distintos puntos de funcionamiento ( $R_{nom}$ ,  $1,5R_{nom}$ ,  $2R_{nom}$ ,  $3R_{nom}$ ,  $4R_{nom}$ ,  $5R_{nom}$ )

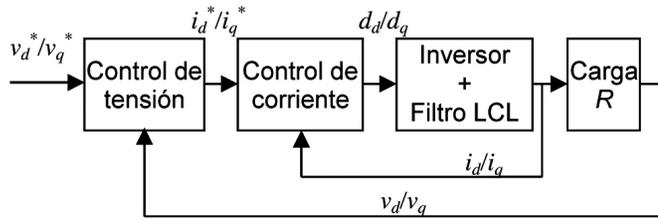


Fig. 3: Estructura del controlador en los ejes de referencia dq.

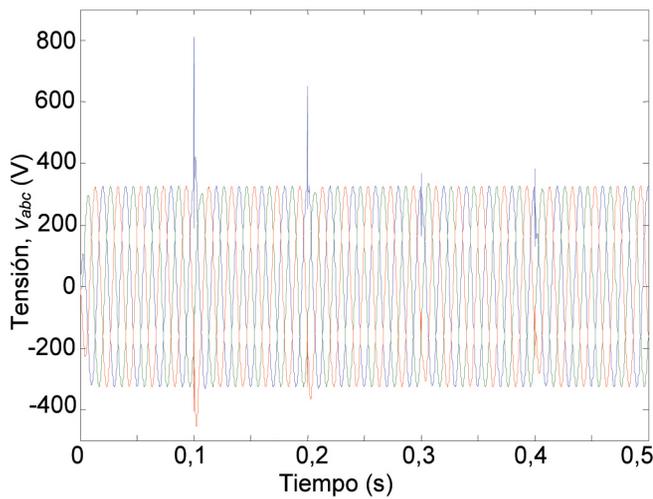


Fig. 4: Respuesta temporal de la tensión trifásica  $V_{abc}$  aplicada a la carga cuando  $R$  cambia cada 0,1 s tomando estos valores:  $R_{nom}$ ,  $2,5R_{nom}$ ,  $5R_{nom}$ ,  $2,5R_{nom}$ ,  $R_{nom}$

## RESULTADOS DE SIMULACION

Se ha comprobado en simulación el comportamiento correcto tanto del lazo de corriente como de tensión en distintos puntos de funcionamiento, modificando para ello el valor de la carga  $R$  cada 0,1 segundos, dándole distintos valores proporcionales a  $R_{nom}$ .

La Figura 4 muestra la señal de tensión trifásica controlada aplicada a la carga resistiva. El comportamiento es distinto según el signo de la perturbación. Por ejemplo, en  $t = 0,1$  s, cuando la carga resistiva pasa de  $R_{nom}$  a  $2,5R_{nom}$ , se observa un pico de tensión mucho mayor que cuando la carga resistiva pasa de  $2,5R_{nom}$  a  $R_{nom}$  en  $t = 0,4$  s. Esos picos de tensión son debidos a los severos cambios de la resistencia en esos instantes. En un escenario más realista no se producirían cambios tan drásticos de la carga, y si se produjeran los sistemas de protección saltarían. La razón de la elección de este escenario tan exigente ha sido la de probar la robustez de los controladores.

En cuanto al tiempo de establecimiento, se ha constatado que es siempre inferior a 0,01 s, es decir, a la mitad de un periodo sinusoidal (Camblong et. al, 2015).

## CONCLUSIONES

Se ha demostrado que los controladores diseñados para el lazo de corriente y de tensión alcanzan los objetivos de diseño especificados. En términos de robustez, se asegura la estabilidad del sistema en lazo cerrado en toda la zona de trabajo de la planta, a pesar de la severidad de los ensayos. Además, la robustez en cuanto a prestaciones es también apreciable. En particular es de destacar la eliminación de las oscilaciones relacionadas con la frecuencia de resonancia de la planta en toda la zona de funcionamiento.

Para mejorar el comportamiento del sistema ante cargas que varían rápidamente (Bohorquez, 2007), se han diseñado controladores adaptativos

para conseguir mantener constante la dinámica de los lazos en toda la zona de trabajo. Con el controlador adaptativo se ha conseguido reducir la distorsión armónica total del 8% al 1,9% en escenarios severos. El reto ahora es implementar y probar esos controladores experimentalmente.

## REFERENCIAS

- Bohorquez, V.B. Fast Varying Loads. In 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, 2007, Barcelona.
- Camblong H, Etxebarria A, Ugartemendia J, Curea O. "Control de tensión de un inversor aislado que alimenta a una carga variable". Dyna Energía y Sostenibilidad. 2015. Vol. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/ES7578>
- Landau ID, Zito G, 2006. Digital Control Systems. Design, Identification and Implementation. Springer. ISBN 1-84628-055-9.
- Martínez-Rodríguez C, Ferrer-Tevar JA, Heras-Celemín MR. "Tendencias de investigación y desarrollo para eficiencia y gestión energética aplicados a la industria y la agricultura". Dyna Energía y Sostenibilidad. 2013. Vol. 2. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/ES6915>