Modelización de micro-turbinas para la simulación dinámica del funcionamiento en redes aisladas de baja tensión

Micro-turbine modeling for dynamic simulation of stand alone operation in low voltage networks

Iñaki Leibar-Murgoitio[1], Pablo Eguia-Lopez[2], Inmaculada Zamora-Belver[2] y José-Ignacio San-Martín-Diaz[2]

[1] HeinteK Proiektu Elektrikoak (España)
[2] Universidad del País Vasco (España)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9800

Las micro-turbinas son turbinas de gas de baja potencia, capaces de conseguir eficiencias del 70-80% al generar electricidad y calor de forma combinada. Debido a esa posibilidad de aprovechar el calor residual, son sistemas de generación especialmente adecuados para su conexión a la red cerca de los puntos de consumo. Una manera de gestionar el potencial emergente de esta generación distribuida es considerando agrupaciones de cargas y generadores conectadas en un único punto a la red de compañía, siendo capaces de aislarse y conectarse en función de las necesidades de la misma. Para ello, es necesario estudiar el funcionamiento de los sistemas de generación y la estabilidad de la tensión y frecuencia en estas redes.

Con el fin de realizar dicho análisis, se han desarrollado varios modelos para la simulación del comportamiento de las micro-turbinas, entre ellos, el modelo de Rowen para turbinas de gas de varios MW, el modelo GAST para micro-turbinas de eje doble y el modelo de Lasseter para micro-turbinas de eje simple. El modelo de Lasseter [1] integra en un único modelo la turbina de gas, el generador y el rectificador necesario para generar la corriente continua que después se convertirá a los valores de la red de baja tensión mediante un inversor. Este modelo resulta especialmente interesante para el análisis del sistema eléctrico y para simulaciones dinámicas debido a su bajo coste computacional.

Sin embargo, el modelo de Lasseter no incorpora el control de aceleración, destinado a evitar el excesivo estrés térmico que se produce tanto en el arranque como en las pérdidas repentinas de carga [2]. Además, como se ha comprobado en este estudio, no reproduce de manera adecuada el comportamiento de la micro-turbina en funcionamiento aislado, ya que no coinciden las curvas características potencia-velocidad de modelo y micro-turbina real.

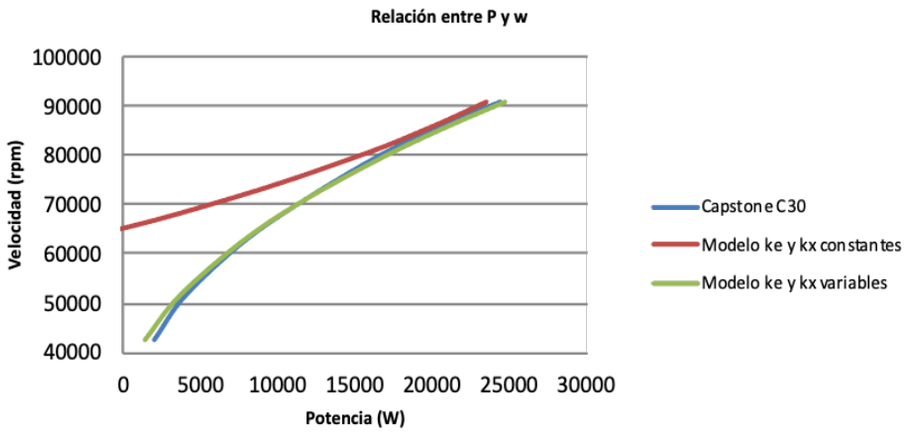


Fig. 1: Relación entre velocidad angular y potencia eléctrica de la micro-turbina Capstone C30. Comparación entre modelo con K_e y K_x constantes y modelo con K_e y K_x variables

El modelo de Lasseter considera constante la relación entre la velocidad del generador y la tensión generada por el mismo en circuito abierto. Además, considera también una constante de inductancia que influye en la caída de tensión en circuito cerrado. Para hacer coincidir las curvas potencia-velocidad de modelo y micro-turbina se ha tomado la relación entre velocidad y tensión generada como dependiente de la velocidad. Del mismo modo, se han tomado las pérdidas como función de la velocidad del eje turbina-generador. Además, se ha insertado en el modelo el control de aceleración de modo que los cambios de velocidad ante conexiones y desconexiones de potencia no puedan ser instantáneos.

En la Figura 1 se muestra la curva característica velocidad-potencia del modelo de Lasseter original, la del modelo modificado y la de la micro-turbina real Capstone C30, a partir de datos obtenidos en [3]. Como puede verse en la Figura 1 el rango de validez del modelo original se limita a velocidades cercanas a la nominal. En el caso del modelo modificado, el rango de validez se extiende prácticamente al rango completo de velocidades.

Una vez ajustado el modelo y para comprobar el efecto del control de aceleración en la respuesta de la micro-turbina ante modificaciones de carga en funcionamiento aislado, se ha modelizado una red de baja tensión alimentada por una micro-turbina. En esta red, se han incluido varias cargas y se han realizado desconexiones y conexiones de las mismas, obteniendo registros de los transitorios de tensión y frecuencia resultantes.

Se ha comprobado que los transitorios de tensión son de más larga duración y alcanzan mayores desviaciones respecto al valor nominal de la red en el caso del modelo que incluye el control de aceleración. Por lo tanto, en el caso de no incluirlo se podría incurrir en errores en la realización de análisis de redes aisladas alimentadas por micro-turbinas.

Además, se concluye que al utilizar este modelo modificado es necesario ajustar la curva característica potencia-velocidad de acuerdo a la curva de la micro-turbina real. Esta curva dependerá del diseño de la turbina de gas y del diseño del generador de imanes permanentes, siendo la respuesta del sistema una combinación de ambas.

REFERENCIAS

[1] Robert Lasseter. "Dynamic models for micro-turbines and fuel cells". En Power Engineering Society Summer Meeting, 2001. IEEE, 2001. p. 761-766. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/PESS.2001.970143

[2] Keshtkar, Hessam; Solanki, Jignesh; Solanki, Sarika Khushalani. "Dynamic modeling, control and stability analysis of microturbine in a microgrid". 2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition. IEEE, 2014. p. 1-9. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/TDC.2014.6863298

[3] Robert J. Yinger. Behavior of Capstone and Honeywell microturbine generators during load changes. 2001. Consortium for electric reliability technology solutions (CERTS)