

SISTEMA DE MEDIDA DE CALIDAD DE RED PARA PARQUES EÓLICOS

M. Sanz A. Llombart A. A. Bayod J. Mur R. Sierra

Universidad de Zaragoza – Dpto. Ingeniería Eléctrica

C. Maria de Luna 3. 50015–Zaragoza (España)

Tel.: 34~976761925 Fax: 34~976762226

E-Mail: Joaquin.Mur@posta.unizar.es

Resumen

El estudio del efecto de las ráfagas de viento y de la calidad de la energía generada en un parque eólico, implica medidas sincronizadas en la subestación del parque, en la torre meteorológica y en los aerogeneradores. Las medidas obtenidas han de ser procesadas para calcular relaciones estáticas entre las variables, espectros de frecuencia, producciones y análisis del comportamiento dinámico del sistema.

Este artículo presenta un sistema de medida desarrollado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza. El sistema utiliza una tarjeta de adquisición de datos instalada en un ordenador portátil, que registra medidas de la torre meteorológica, de un aerogenerador y de la subestación.

Palabras clave: aerogeneradores, tarjeta de adquisición de datos, calidad de energía, analizador de redes.

1. Introducción

El incremento de la potencia generada en los parques eólicos hace necesario estudiar la calidad de la energía que se inyecta a red. La energía generada en los parques eólicos puede presentar problemas en la red debido principalmente a tres factores:

- a) Introducción de fluctuaciones de tensión y armónicos en la red eléctrica, debidas a oscilaciones naturales en la velocidad del viento [1] y a las no naturales, provocadas por la presencia del mástil [2].
- b) Problemas de estabilidad de los propios aerogeneradores debidos a contingencias en la red eléctrica [3] (cortocircuitos, descargas atmosféricas, maniobras, etc.), así como los debidos a la gran variabilidad del viento.
- c) Problemas de predicción de potencia generada y, por tanto, de planificación [4].

Para estudiar estos factores, se ha desarrollado un sistema de medida portátil capaz de registrar parámetros típicos de los parques eólicos (velocidad de viento, velocidad de giro de los aerogeneradores, paso de palas, etc.) además de registrar los parámetros eléctricos de la red eléctrica. Se ha diseñado una maleta de medida que incorpora un ordenador portátil, una tarjeta de adquisición de datos [5], y algunos módulos para adaptar las señales que proporcionan los transformadores de medida y sensores al rango de entrada de la tarjeta de adquisición.

Existen analizadores de red que permiten la sincronización con otros equipos como registradores, pero la capacidad de almacenamiento de ambos está limitada y la flexibilidad de estos equipos es insuficiente para el estudio que se ha realizado.

2. Esquema de la instalación

El sistema de medida se ha instalado en los parques eólicos de Remolinos, Borja y próximamente en Pola (propiedad de CEASA –Compañía Eólica Aragonesa, S.A.–).

La instalación situada en Remolinos toma medidas de dos aerogeneradores, de la subestación y de la señal de velocidad de viento procedente de la estación meteorológica, según se muestra en la figura 1. Las turbinas eólicas de Puntaza de Remolinos están conectadas a generadores asíncronos doblemente alimentados (control INGECON-W) de 600 kW.

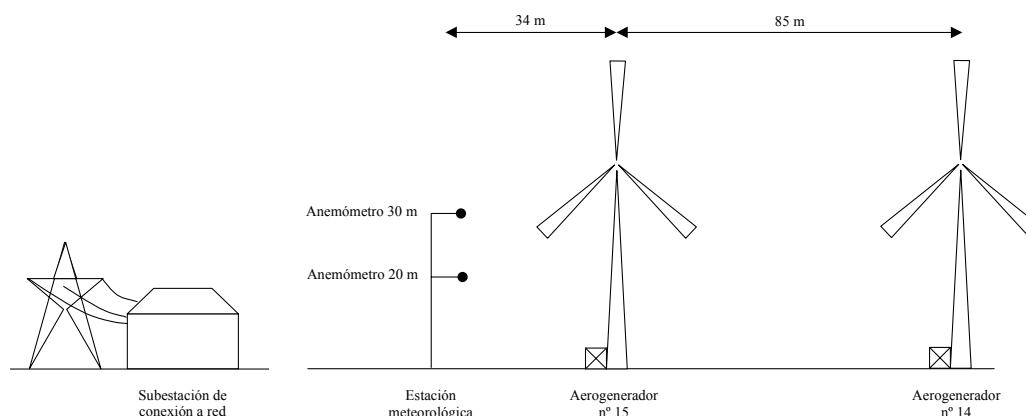


Figura 1. Disposición de la torre meteorológica, la subestación y los aerogeneradores en Remolinos.

La instalación en Borja es similar a la de Remolinos, salvo que los transformadores que están instalados en los aerogeneradores no tienen terciario. Las turbinas de Borja son de tipo generador asíncrono de 600 kW de rotor bobinado, con resistencias exteriores y banco de condensadores para compensar el factor de potencia.

Cuando el sistema se instala en los aerogeneradores, las señales procedentes de la parte superior y de la base de la torre entran en el sistema de adquisición de datos ubicado en la parte baja. El esquema básico de la instalación en un aerogenerador de Remolinos se puede observar en la figura 2.

En ambos parques existe un sistema de telemando por comunicación a través del protocolo RS-485. Durante el estudio, se han utilizado bucles de intensidad para transmitir la señal de la velocidad de viento desde la torre meteorológica hasta la subestación y aerogeneradores, lo que permite tener una medida continua e instantánea de la velocidad de viento.

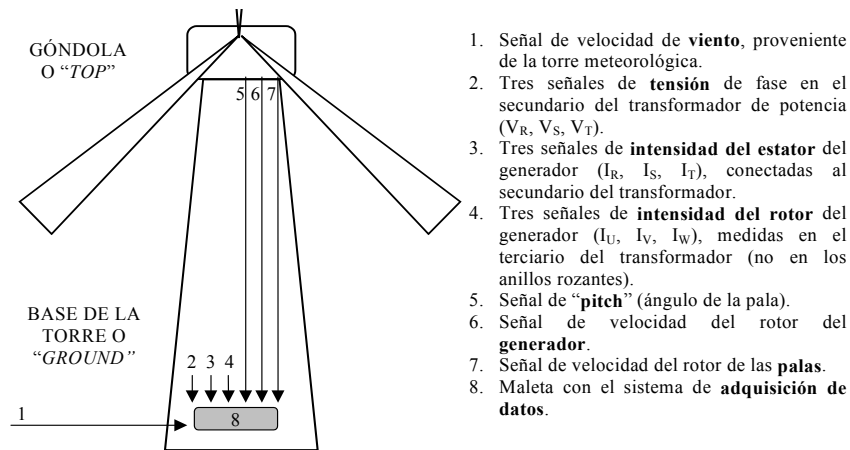


Figura 2. Esquema del sistema de medida en los aerogeneradores en Remolinos.

3. Sistema de medida

El sistema informático está ubicado en una maleta metálica aislada eléctricamente y conectada a tierra. Su interior está recubierto por espuma conductora conectada a tierra a través de la carcasa, para evitar interferencias electromagnéticas. Las señales del sistema y la alimentación de los módulos de aislamiento llegan desde el exterior a la parte inferior de la maleta a través de los conectores C_1 y C_2 de 16 contactos y clase IP65 (figura 3). Para digitalizar y registrar las señales de los aerogeneradores se ha utilizado una tarjeta de adquisición de datos DAQCARD-700 de National Instruments instalada en ordenadores portátiles tipo Pentium 133 MHz, con Windows 95.

El sistema de adquisición de datos está controlado a través de un programa en tiempo real, implementado en el lenguaje de programación LabVIEW [6]. En este programa se puede elegir el lugar de medida (aerogenerador o subestación de Borja y Remolinos), con lo que se ajusta a las características de cada emplazamiento.

Debido a la gran cantidad de información generada, los datos se recogen a través de una grabadora de CD-ROM portátil. En el análisis de los datos son utilizados programas específicos, elaborados en Visual C++, en LabVIEW y hojas de cálculo.

El sistema de captación de datos puede funcionar de dos modos:

- Osciloscopio digital. En este modo se guarda la forma de onda, muestreada hasta 8 kHz por canal, de todas las señales sin dejar ninguna separación entre muestra y muestra. Esto es útil para estudiar los transitorios y el efecto de las ráfagas, ya que los datos se guardan en CD-ROM y posteriormente se les puede aplicar cualquier tratamiento (por ejemplo, se ha realizado un programa que calcula los parámetros eléctricos más importantes de cada ciclo de red). La limitación de este modo es que la autonomía del equipo es de aproximadamente una hora, debido a la cantidad de información que se genera.
- Analizador de redes. En este modo se almacenan los valores eficaces de tensión e intensidad, potencia, desfase ϕ , armónicos, velocidad de viento, velocidad de las palas de la turbina y velocidad del generador [7]. Los valores promediados durante

cada segundo se almacenan en un fichero de texto. En este modo, el ordenador puede funcionar durante al menos un mes sin necesidad de descargar los datos.

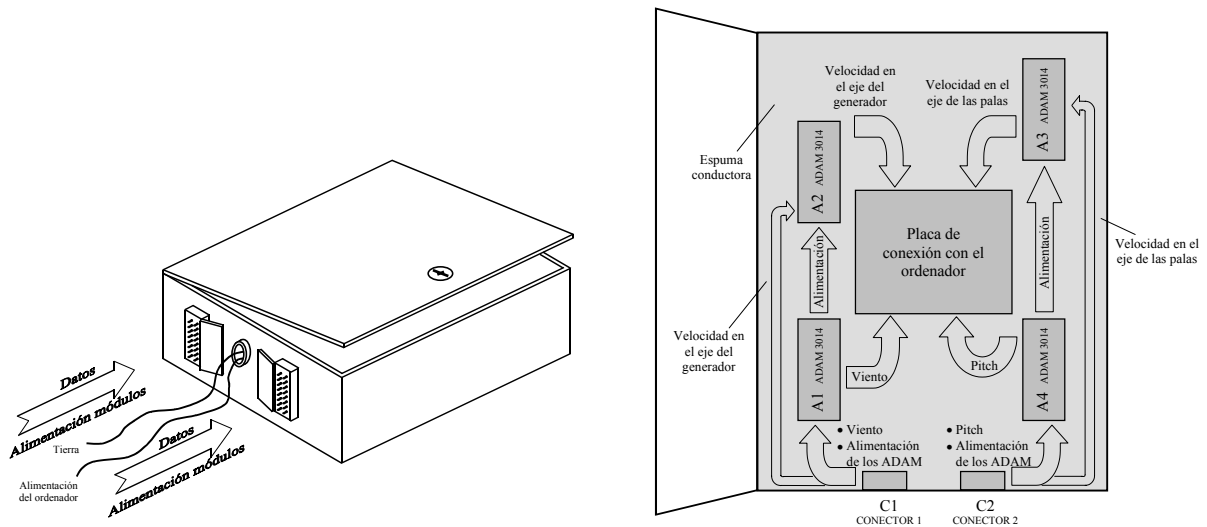


Figura 3. Esquema de la maleta de adquisición de datos

3.1. Medida del paso de las palas (“pitch”)

El sensor de *pitch* permite conocer la posición del paso de las palas. La señal de este sensor se encuentran en la góndola y se transmite hasta la base de la torre, donde se encuentra el equipo de medida y registro. Para relacionar la tensión del sensor de pitch y el paso en grados se utiliza una tabla de conversión integrada en el programa informático.

3.2. Medida de la velocidad del rotor de las palas y del rotor del generador

La velocidad de giro del rotor de las palas (eje lento) y la del eje del generador (eje rápido), se realiza mediante dos sensores inductivos puestos a tal fin, e independientes de los utilizados por los controles del aerogenerador.

El sensor inductivo del eje del generador está situado en el freno y da tres pulsos por revolución. El sensor inductivo situado en el rotor de las palas da 24 pulsos por revolución.

3.3. Medida de la velocidad del viento

La velocidad del viento se mide a través de la anemoveleta Young, modelo 05103, situada a 30 m del suelo en Remolinos y a 40 m en Borja, en la torre meteorológica. Para medir la velocidad del viento se ha conectado en la entrada del registrador o “*data logger*” de la estación meteorológica dos módulos de aislamiento DC. La señal se lleva, en bucle de intensidad, hasta cada torre donde se encuentre situado el equipo de medida y a la subestación (figura 4).

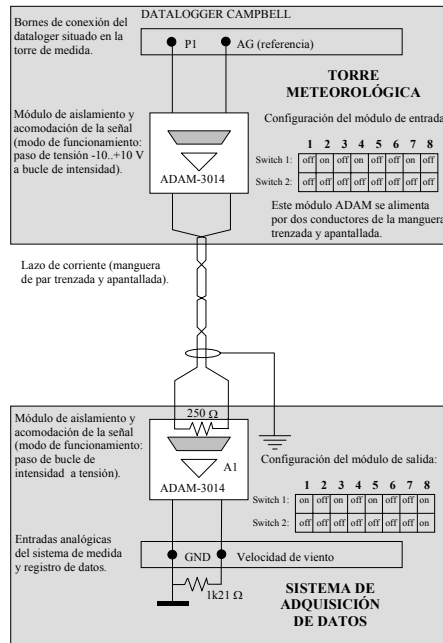


Figura 4: Esquema eléctrico de la medida de la velocidad del viento

3.4. Medida de tensión e intensidad

La potencia total que cede el generador asíncrono doblemente alimentado es la suma de la potencia del estator y del rotor. Una dificultad que presenta la medida de la potencia generada en el modelo de aerogenerador estudiado en Puntaza de Remolinos es que el rotor y el estator están conectados a devanados distintos del transformador de potencia (figura 5). La medida en el primario del transformador, a 20 kV, no era factible debido a la complejidad de hacer medidas en alta tensión dentro del aerogenerador.

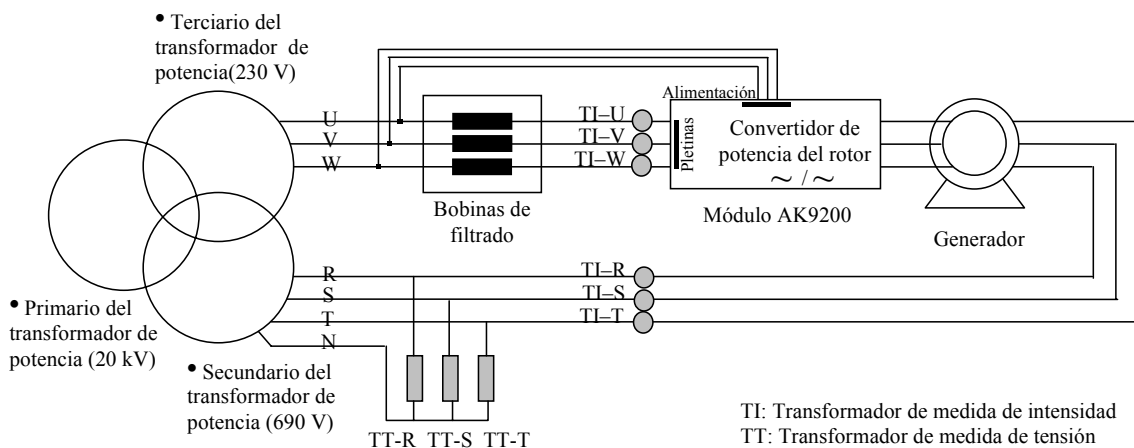


Figura 5: Esquema eléctrico de la medida de la intensidad del rotor.

Para calcular la potencia del rotor es necesario conocer la tensión y la intensidad en el terciario del transformador situado en la torre. No obstante, la tensión en el devanado terciario presenta distorsiones importantes de alta frecuencia, inducidas por el convertidor de potencia. Para evitar medir esta tensión, se comprobó que se podía tomar

la tensión en el terciario como la del secundario multiplicada por la relación de transformación.

En Borja, los transformadores de los aerogeneradores sólo tienen devanado primario y secundario, con lo que el esquema de medida se simplifica. En Borja, se mide la intensidad que circula por el banco de condensadores.

La toma de datos en la subestación se realiza a través de los transformadores que ya disponía el parque. Para no interrumpir el funcionamiento del parque, ha sido necesario utilizar pinzas amperimétricas de relación 5 A / 2 V para medir la intensidad y transformadores de tensión 110 V / 1,2 V adicionales para convertir las señales al rango de tensión admitido por la tarjeta de adquisición.

Los transformadores de medida se han calibrado en el Laboratorio de Metrología Eléctrica y los módulos de aislamiento galvánico se han verificado y ajustado.

4. Conclusiones

Para el estudio de los parques eólicos, en el Departamento de Ingeniería Eléctrica se ha desarrollado un sistema de adquisición de datos para satisfacer las necesidades anteriores. Este sistema está basado en una tarjeta de adquisición junto con un ordenador portátil, que trabajando en tiempo real, permite registrar medidas en intervalos de tiempo muy pequeños, almacenar formas de onda y programar complejos algoritmos numéricos que de otra forma serían muy costosos de implementar.

En el Departamento de Ingeniería Eléctrica se ha desarrollado un sistema de adquisición de datos de bajo costo que satisface las necesidades del estudio de los parques eólicos. Este sistema está basado en una tarjeta de adquisición instalada en un ordenador portátil, que registra en tiempo real velocidades de viento y de giro del generador, posición de paso de palas, valores eficaces de tensiones e intensidades, desfases, potencias, armónicos, etc.

Bibliografía

- [1] H. Amarís, J. Usaola. *Evaluación en el dominio de la frecuencia de las fluctuaciones de tensión producidas por los generadores eólicos*. 5^{as} Jornadas Hispano-Lusas de Ingeniería Eléctrica. Julio 1997.
- [2] N. Visboll, A. L. Pinegin, T. Fischer, J. Bugge. *Analysis of Advantages of the Double Supply Machine With Variable Rotation Speed Application in Wind Energy Converters*, DEWI Magazin Nr. 11, August 1997.
- [3] M. González, L. Rouco. *Modelos de aerogeneradores para estudios de estabilidad de Sistemas Eléctricos*, 5^{as} Jornadas Hispano-Lusas de Ingeniería Eléctrica. Julio 1997.
- [4] T. S. Nielsen, A. Joensen, H. Madsen, L. Landberg, G. Giebel. *A New Reference for Wind Power Forecasting*, Wind Energy, 1, 25-45 Septiembre 1998.
- [5] DAQCard-700 *User Manual*. National Instruments, Enero 1996.
- [6] LabVIEW *User Manual*. National Instruments Corporation. Enero 1996.
- [7] S. Caldara, S. Nuccio, C. Spataro. *A Virtual Instrument for Measurement of Flicker*, IEEE Trans. Instrum. Eas., Vol. 47, pp. 1155-1158. October 1998.