

MEJORAS EN LAS PRESTACIONES DE AEROGENERADORES SINCRÓNICOS DE VELOCIDAD VARIABLE FRENTE A LOS HUECOS DE TENSIÓN

Ing. Julio Hernández Chilán, Universidad Técnica de Manabí (UTM), Portoviejo, Ecuador

Abstract— In the work presented are highlights that the introduction of wind turbines in a system of power, is sees limited by problems related with their behaviors facing them faults and disturbances that could occur in said system. When voltage in the system, wind turbines can be disconnected by amplifying the disturbance and its consequences. Sometimes not to use all the renewable wind energy which is available in a given natural site, due to the limitations explained above. Although is holding reserves of sources renewable of energy, its implementation practice could affect the behavior dynamic of the system of power facing disturbances. Currently, them wind turbines face them hollow of voltage dissipating the energy electric excess in form of heat, energy that is lost and not can be returned to the system of power. In this work is carried out an analysis on how to improve the performance of wind turbines for use in power distribution systems, if stored excess energy during the disturbances, which allows the use of electrical energy from small wind resources regardless of the position that windfarms in the power system are connected.

In the work presented are highlights that the introduction of wind turbines in a system of power, is sees limited by problems related with their behaviors facing them faults and disturbances that could occur in said system. When voltage in the system, wind turbines can be disconnected by amplifying the disturbance and its consequences. In sometimes not is can take advantage of all it energy wind renewable that is has in a given site natural, due to the limitations explained previously.

Index Terms— wind turbines, windfarms, power system, renewable wind energy

I. INTRODUCCIÓN

Los primeros aerogeneradores construidos utilizaban generadores de inducción directamente conectados a la red. Los generadores de inducción no necesitan excitación y por tanto su mantenimiento es mucho menor. Estos generadores de inducción precisan de potencia reactiva inductiva para su funcionamiento, la cual obtenían del propio sistema de potencia al que se conectaban. Esta demanda de reactivo inductivo no siempre es posible de cubrir en los sistemas de potencia y esto afectó el desarrollo de estos primeros aerogeneradores.

Los aerogeneradores sincrónicos no tienen los problemas de reactivo que sus predecesores, pero la excitación demandaba mucho mantenimiento. La velocidad del viento jamás es

constante, así que las acciones de control se incrementaron considerablemente.

Los aerogeneradores sincrónicos con imanes permanentes ya no precisan mucho mantenimiento, pero la velocidad variable del viento aún continuó incrementando las acciones de control.

Más tarde, con el objetivo de obtener eficazmente la energía del aire, se comenzaron a utilizar aerogeneradores sincrónicos que intercambian potencia con la red por el estator pero a través de convertidores de potencia. En la actualidad estos aerogeneradores, que exportan toda la energía a través de un convertidor, son los que incrementan su aplicación con más rapidez.

Todos estos sistemas de generación de energía eólica son susceptibles a desconectarse del sistema cuando existen fallas externas en las redes que provocan caídas de tensión durante un tiempo determinado (huecos de tensión) [1].

Los cortocircuitos provocan huecos de tensión con una duración dependiente de la velocidad con que actúen las protecciones que existen en dicho sistema. En los sistemas de transmisión (230kV, 138kV) las protecciones son muy rápidas y, por tanto, los huecos tienen muy corta duración (alrededor de 100ms). En los sistemas de distribución, las protecciones no siempre son tan rápidas y, por tanto, los huecos de tensión pueden desconectar a las centrales eólicas. [2]

Estas situaciones provocadas por la desconexión de las centrales eólicas frente a cortocircuitos en los sistemas de potencia, limitan el aprovechamiento de la totalidad de los recursos eólicos que puedan existir de forma natural. Aunque se posean potenciales eólicos mayores, quizás no puedan implementarse de forma práctica sin afectar el comportamiento dinámico del sistema.

II. DESARROLLO

Para atender el trabajo de los aerogeneradores, lo primero que presentaremos antes de entrar en el análisis de su conexión son sus características fundamentales que veremos a continuación:

La mayoría de los aerogeneradores (turbinas eólicas) instalados en el mundo son rápidos.

Sus características más importantes son:

La alta eficiencia.

El bajo peso.

La relativamente alta frecuencia de giro.

Los multiplicadores requieren menor relación de transmisión, por ende, tienen menores pérdidas, peso, tamaño, torque de arranque y costo.

La poca área relativa de exposición al viento.

Los esfuerzos sobre las palas son menores entre todas las eólicas con igual potencia, por lo que el peso de las palas y el rotor son mínimos así como sus costos de fabricación.

Los esfuerzos centrífugos son menores respecto a otras eólicas de igual potencia, a pesar de las altas r.p.m.

Las velocidades específicas son mayores.

Los sistemas de frenos y control reciben esfuerzos relativamente pequeños, lo que garantiza mínimo peso, costo y fallas de operación.

Entre sus principales componentes, podremos apreciar (fig.1):

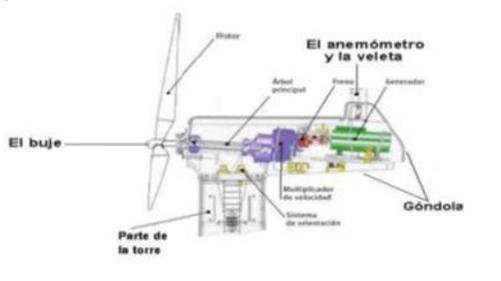


Figura 1:- Partes principales de un aerogenerador

- La torre: Soporta la góndola y el rotor. Su altura es resultado de un exhaustivo estudio realizado a las condiciones de viento del lugar, que puede variar desde 40 hasta los 100 m de altura. Es una ventaja disponer una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme se aleja del nivel del suelo.

- La Góndola o cubierta: Contiene los componentes principales del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. Se puede acceder a la góndola desde la torre de la turbina. Además, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que facilitan información continua a todo el sistema para su control.

- El rotor: Conjunto formado por las palas y el buje que las une. Consta de tres palas fabricadas de un material compuesto de resina epoxi y fibra de vidrio. Sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. Cuanto mayor sea el área barrida del rotor mayor será la producción. La disposición del rotor diferencia dos tipos de Aerogeneradores: rotor a barlovento o a sotavento.

- El buje: Pieza metálica de fundición que conecta las palas al eje de transmisión está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.

- El sistema hidráulico: Es utilizado para restaurar los frenos aerodinámicos del aerogenerador.

- Las palas: Tienen la misión de absorber energía del viento. El rendimiento del aerogenerador depende de la geometría de las palas, interviniendo varios factores, longitud, perfil, ancho, entre otros. Las palas del rotor capturan el viento y transmiten

la potencia hacia el buje. Hoy en día, la mayoría de las turbinas cuentan con tres palas.

- El mecanismo de orientación: Es activado por el controlador electrónico, que vigila la dirección del viento utilizando la veleta.

- El anemómetro: Utilizado para medir la velocidad. Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectar el aerogenerador cuando el viento alcanza aproximadamente 5 metros por segundo. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 metros por segundo, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores.

- El generador eléctrico: Transforma la energía mecánica en energía eléctrica, tal y como hace la dinamo de una bicicleta, aunque generando normalmente corriente alterna. El alternador puede ser síncrono o asíncrono. El primero suministra una energía de mayor calidad, pero es más caro y complejo. Esta es la razón por la que el asíncrono es el más extendido de los dos.

- El multiplicador: El multiplicador tiene a su izquierda el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a su derecha y conectado al generador gire decenas de veces (a partir de 50) más rápidamente que el eje de baja velocidad.

- El controlador electrónico: Un ordenador controla continuamente las condiciones de funcionamiento del aerogenerador mediante el análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, presiones, velocidad y dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas, vibraciones, etc.

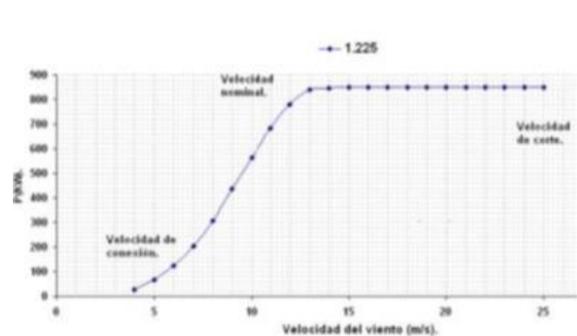


Figura 2:- Ejemplo de la curva de potencia de un aerogenerador (Densidad de aire = 1.225kg/m3)

Se define entonces como curva de potencia de un aerogenerador (fig.2), a la característica descrita al relacionar la potencia eléctrica suministrada por el aerogenerador (kW) y la velocidad del viento incidente (m/s) (para condiciones atmosféricas estándar, referida a la altura del buje). La misma representa la característica más significativa de su eficiencia energética, y permite calcular la energía que puede suministrar en un emplazamiento en el que se conozcan los datos del viento, la curva de potencia no incluye pérdidas en el transformador ni en los cables de alta tensión.

- Velocidad de conexión: Valor predeterminado de la velocidad del viento para que el aerogenerador comience a generar energía eléctrica (2- 4m/s).
- Velocidad nominal: Velocidad del viento a la que una turbina eólica rinde su potencia nominal (12-14m/s).
- Velocidad de corte: Valor predeterminado de la velocidad del viento para que el sistema de control de una turbina eólica realice su desconexión de la carga (25m/s) [3].

Los aerogeneradores modernos incorporan formas de control para proporcionar el máximo rendimiento a todas las velocidades de viento. Es decir, si el viento es muy fuerte pueden controlar las palas para que creen resistencia y no giren tan rápido mediante la regulación por control del ángulo de paso (“pitch controlled”) que hace girar las palas del rotor, o viceversa. También existe el control de los aerogeneradores de regulación por pérdida aerodinámica (“stall controlled”) en el cual el perfil de la pala ha sido aerodinámicamente diseñado para asegurar que, en el momento en que la velocidad del viento sea demasiado alta, se creara turbulencia en la parte de la pala que no da al viento y así se reducirá la velocidad de giro [4].

CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO PARA AEROGENERADORES

Condiciones eólicas: Normalmente, el sólo hecho de observar la naturaleza resulta de excelente ayuda a la hora de encontrar un emplazamiento apropiado para el aerogenerador. Los árboles y matorrales de la zona serán una buena pista para saber cuál es la dirección de viento dominante. Si nos movemos a lo largo de un litoral accidentado, observaremos que siglos de erosión han trabajado en una dirección en particular.

Riesgos en el uso de datos meteorológicos: Los meteorólogos ya recogen datos de viento para sus previsiones meteorológicas y para aviación, y esa información es a menudo utilizada para la evaluación de las condiciones de viento generales para energía eólica en una área determinada. Sin embargo, aunque para las previsiones meteorológicas no es tan importante realizar medidas precisas de la velocidad del viento, y por tanto de la energía del viento, sí que lo es para la elaboración de planes eólicos.

Las velocidades del viento son fuertemente influenciadas por la rugosidad de la superficie del área circundante, por los obstáculos cercanos (como árboles, faros u otras construcciones) y por los alrededores del terreno local. A menos de que haga cálculos que compensen las condiciones locales en las que las medidas fueron hechas, es difícil estimar las condiciones eólicas en un emplazamiento cercano. En la mayoría de los casos, la utilización directa de datos meteorológicos estimará el potencial eólico real del área.

Buscar una perspectiva: De lo que ya conocemos, podríamos tener una vista lo más amplia posible en la dirección de viento dominante, así como los mínimos obstáculos y una rugosidad lo más baja posible en dicha dirección. Si puede encontrar una colina redondeada para situar las turbinas, es posible incluso que consiga además un efecto acelerador.

Conexión a la red: los grandes aerogeneradores tienen que ser conectados a la red eléctrica. Para los proyectos de menores

dimensiones es fundamental que haya una línea de media tensión de 10 - 30 KV relativamente cerca para que los costos de cableado no sean excesivamente altos.

Los generadores de las grandes turbinas eólicas modernas generalmente producen la electricidad a 690 V. Un transformador colocado cerca de la turbina o dentro de la torre de la turbina convierte la electricidad en media tensión.

Refuerzo de red: La red eléctrica próxima al emplazamiento deberá ser capaz de recibir la electricidad proveniente de las turbinas, manteniendo los parámetros de disponibilidad, fiabilidad y eficiencia exigidos. Por tanto, en los casos que sea necesario debemos realizar inversiones para garantizar lo anteriormente expresado.

Condiciones del suelo: La viabilidad tanto de realizar las cimentaciones de las turbinas como de construir carreteras y montaje de líneas eléctricas que permitan el acceso de camiones pesados hasta el emplazamiento y la transmisión de la energía generada, deben tenerse en cuenta en cualquier proyecto de parque eólico. Así como la compactación del área de construcción para la utilización de grúas y equipos de montaje.

III. ANÁLISIS Y DISCUSIONES

Comportamiento de los aerogeneradores ante huecos de tensión

El comportamiento de los aerogeneradores frente a las perturbaciones que provocan huecos de tensión también se ha venido desarrollando y mejorando. En la actualidad, el tiempo que soporta sin desconectarse un aerogenerador depende de la profundidad y la duración del hueco de tensión. A mayor profundidad y mayor tiempo de duración del hueco menor es la capacidad de mantenerse conectado el aerogenerador al sistema de potencia. Si un hueco de tensión de 0.1 pu, dura menos de 0.3 segundos, es probable que el aerogenerador permanezca conectado al sistema de potencia luego de la perturbación.

Esta capacidad de los aerogeneradores de permanecer conectados al sistema de potencia frente a un hueco de tensión de pequeña duración se logra en la actualidad disipando la energía eléctrica sobrante en forma de calor, sin poder aprovecharla más.

Las perturbaciones comunes existentes en los sistemas de transmisión siempre serán de menor duración comparadas con las que puedan ocurrir en los sistemas de distribución. Las protecciones de la transmisión son más costosas y rápidas, por tanto, los huecos de tensión en la transmisión son de menor duración.

Conectar las centrales eólicas a la transmisión no siempre es factible económicamente, debido a que los niveles de tensión son mucho mayores y el costo del equipamiento involucrado se incrementa considerablemente.

Las centrales eólicas de media y pequeña potencia, que se conecten a los sistemas de distribución se verán afectadas continuamente (desconectadas) debido a la duración de los huecos de tensión que puedan ocurrir en estos sistemas.

Actualmente se emplean compensadores estáticos de

potencia, los llamados FACTS, que trabajan a un nivel de tensión de 33kV o superiores. Su aporte contribuye con la disminución de la profundidad de los huecos de tensión, pero su desventaja se deriva de que son muy costosos y se instalan en el punto de conexión del parque eólico con el sistema de potencia; es decir, fuera de los aerogeneradores.

Los parques eólicos pueden influir en la estabilidad de la red y calidad de la energía, por ello, los sistemas eléctricos deben aumentar su capacidad de control, con el aumento de la magnitud de generación. La experiencia ha estado en la conexión de aerogeneradores al sistema de distribución, concentrándose principalmente en la influencia en la calidad de la energía, pero se está tendiendo a conectar directamente a niveles de transmisión, para lo cual deben proporcionarse modelos que simulen la interacción dinámica entre el parque eólico y un sistema de potencia, permitiendo emprender estudios preliminares.

Al presentarse perturbaciones en un sistema de generación eólica en dependencia de la tecnología del sistema de generación, el nivel de penetración al sistema de potencia y la rigidez del punto de conexión común [5] pueden proporcionarse hacia la red eléctrica externa disturbios. La principal interferencia de los parques eólicos en la red es causada por la distorsión de voltaje, bien por fluctuaciones de la velocidad del viento o por huecos de tensión asociados a cortocircuitos en alguna parte de la red [6].

La frecuencia de sistemas de potencia grandes normalmente es muy estable, y por consiguiente los parques eólicos típicamente no influyen, pero en el caso de las redes aisladas si pueden haber variaciones de frecuencia. Para la interconexión de parques eólicos es requisito emprender estudios preliminares antes de la conexión a la red simulando la interacción entre el parque eólico dado y el sistema de potencia al que se conectará. [7]

Por otra parte, las contingencias que aparecen en todo sistema de potencia y que resultan inevitables hacen necesario observar si el sistema eólico responde favorablemente durante estos disturbios. Lo anterior plantea la necesidad de un estudio detallado de la interconexión de los parques eólicos y la red eléctrica.[8]

En general se plantea que podemos sustituir la resistencia, que en la actualidad disipa la energía sobrante provocada por el hueco de tensión en forma de calor, por un dispositivo que no solo permita almacenar sino devolverla al sistema de potencia la energía almacenada, se podrán incrementar los tiempos que soportan los aerogeneradores sincrónicos frente a los huecos de tensión y, por lo tanto, poder conectarlos confiablemente a sistemas de distribución de potencia.

Podríamos plantear entonces que se puede lograr la continuidad en el funcionamiento de los Aerogeneradores sincrónicos de velocidad variable conectados a un sistema de distribución mediante el uso de un dispositivo que no solo permita almacenar la energía sino devolverla al sistema de potencia en el momento oportuno. Con esto se tendría un aporte novedoso a la eficiencia de los aerogeneradores, y por tanto, a

las mejoras de las prestaciones de estos equipos, que van a estar sometidos durante su trabajo a huecos de tensión en las líneas.[9]

Se hace necesario entonces emprender un trabajo encaminado a la modelación, simulación y evaluación de los resultados alcanzados, y compararlo con el comportamiento actual de dichas máquinas.

IV. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo que perfilamos, se obtendrían los siguientes resultados, que constituirían beneficios en el trabajo de los aerogeneradores:

Obtención de un modelo matemático de un aerogenerador sincrónico de velocidad variable como funciona en la actualidad, que es una información que los fabricantes no ofrecen nunca, así poder trabajar en sus mejoras.

Diseño de un dispositivo que almacene y devuelva la energía sobrante al sistema eléctrico de potencia.

Obtención de un modelo matemático y simulación de la nueva tecnología propuesta del aerogenerador sincrónico de velocidad variable.

Comparación de los resultados alcanzados.

REFERENCIAS

[1].- CAMESA.: Conceptos básicos sobre la inserción de la generación eólica en un sistema eléctrico de potencia. 20 páginas.

[2].- Gallardo, Quinigatúa, C.: Estabilidad y amortiguamiento de oscilaciones en sistemas eléctricos con alta penetración eólica. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática. Leganés/Getafe, Julio 2009. Universidad Carlos III de Madrid. 218 páginas.

[3]. (2004). Gamesa Eólica S.A. Fichas técnicas de turbinas eólicas G52-850.

[4]. Adams, W. G. y Day, R. E. "Proc. Royal Soc.". olumen A2. Páginas 113 y 1877.

[5].-RIVERA, I.: Energía Eólica y Estabilidad de Red. Asea Brown Boveri, S. A. ABB. 21/24/2006. 27 páginas.

[6].-Fernández Francisco, Fernández M.: Análisis Comparativo de aerogeneradores conectados al sistema Electroenergético nacional. INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO "JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA" Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL). Ciudad de La Habana, 2010 Cuba.

[7].-López González, O.: Tesis de Maestría. “Modelación y Análisis del comportamiento dinámico de pequeños aerogeneradores de imán permanente sin multiplicador”. INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO “JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA” Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL). Ciudad de La Habana, 2010 Cuba.

[8].-KUNDUR, P.: Power System Stability and Control. Edited by Neal J. Balu, Mark G. Lauby, McGraw-Hill, Inc. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata. Manuales Sobre energía renovable: EÓLICA/Biomass User Network (BUN-CA), Septiembre del 2002.

[9]. (2005). “Curso básico de operación de parques eólicos”. Centro de formación en Energía eólica de Ciego de Ávila. Cuba.