



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Electricidad es un producto, Requisitos :

- Seguridad
- Calidad : Del servicio y de la onda
(V, f, senosoidal pura, equilibrio de fases)
- Confiabilidad



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Nivel de Compatibilidad Electromagnética:

- Con respecto a la emisión, un equipo puede perturbar el entorno lo que se conoce como “Nivel de Emisión” introducido al sistema. El valor máximo de emisión se conoce como “Límite de Emisión”
- Nivel de Inmunidad : Nivel de perturbaciones soportado por un equipo sin alterar su operación normal. El límite es el valor mínimo requerido del nivel de inmunidad.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Emisiones en Aerogeneradores:

La energía eólica introduce perturbaciones que alteran la señal de tensión siendo, algunas de ellas, consecuencia de la relación entre la velocidad del viento y la potencia generada.

Ambos factores afectan definitivamente la calidad de la energía. Por este motivo se restringe el nivel de penetración P_v/S_{cc}

La incidencia en la red depende de factores complejos como :

- Tecnología de la turbina (si incluyen o no equipos electrónicos de control)
- Naturaleza del viento local que provocan variaciones del par/potencia
- Características de la red (coci, característica resistiva/inductiva de la línea)
- Grado de carga del aerogenerador o potencia media inyectada al sistema



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

INTERACCIÓN

Red Eléctrica → Huecos/Sobretensiones → Aerogenerador

Tensiones armónicas
Desequilibrio de fases
Interrupciones

Red Eléctrica ← Variaciones P y Q ← Aerogenerador

Corrientes armónicas
Variaciones de tensión
Desequilibrios transitorios



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

De acuerdo a normas europeas (IEC 61400-1) el punto de conexión opera normalmente si se cumple lo siguiente :

Frecuencia	$\pm 2\%$
Desequilibrio	$\leq 2\%$
Interrupciones	≤ 20 por año

Los sistemas de velocidad fija presentan mayores fluctuaciones de potencia, mientras los de velocidad variable reducen estas fluctuaciones gracias a los cambios de giro en la turbina y las estrategias de control aplicadas.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

FENÓMENOS A CONSIDERAR

- Frecuencia
- Variaciones Lentas de Tensión
- Flicker
- Maniobras
- Desequilibrio de Fases
- Transitorios y Sobretensiones
- Huecos e Interrupciones de Tensión
- Armónicos e Interarmónicos.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

FRECUENCIAS

Las variaciones de frecuencia se producen principalmente por alteraciones del equilibrio generación/demanda. En condiciones normales la generación supera al consumo manteniendo reserva de energía rodante.

Los aerogeneradores podrían verse afectados en :

- Distorsión en los filtros armónicos
- Alteración en la operación de convertidores electrónicos que utilizan la frecuencia como referencia
- Cambio en la velocidad de giro de los generadores.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Variaciones Lentas de Tensión

Aquella cuyo orden de duración es del orden de minutos.

La variación temporal del viento medio es superior a los 10seg, con similar evolución temporal en la tensión.

$$\Delta V = \frac{R \cdot \Delta P - X \cdot \Delta Q}{V_0} \quad (R, X \text{ de la red que varían con las cargas})$$



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Flicker

Se entiende por fluctuaciones de la tensión cuyo valor eficaz no excede $\pm 10\%$ del nominal.

Existen diferentes tipos de variación de tensión (IEC-610002-1) como por ejemplo las escalonadas (BB.CC), y las aleatorias o continuas debidas a procesos aleatorios o ciclicos.

Las fluctuaciones de tensión asociadas a un espectro de modulación en frecuencia entre 0,05 y 35[Hz] del valor eficaz de la tensión de alimentación dan lugar al conocido parpadeo o flicker. Ocurren modulación estacionarias de los 50Hz en baja frecuencia

Sus principales efectos :

Sobre las personas (más critico)

Influencia sobre el par de arranque, deslizamiento y corriente en motores y generadores provocando aumentos de θ_t y disminución en la capacidad de sobrecarga.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Mal funcionamiento de controladores electrónicos y dispositivos de protección.

El fenómeno es característico en sistemas eólicos de velocidad fija conectados directamente a la red. En sistemas equipados con dispositivos electrónicos, es posible controlar la potencia de salida prácticamente eliminando el efecto.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Maniobras

Operaciones de arranque y parada originan variaciones de corriente lo que implica variaciones de tensión y flicker. Actualmente las turbinas cuentan con arrancadores electrónicos que alimentan en forma gradual al generador reduciendo las puntas de corriente en el arranque.

Sistemas con velocidad fija	200% Peak Inom
Sistemas con velocidad variable	10% Peak Inom

Estas variaciones de tensión, que es lo que interesa, también dependen de la potencia de cortocircuito y la impedancia de la red.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Desequilibrio de Fases

Un sistema es desequilibrado si las tensiones difieren en magnitud y/o ángulo.

El nivel de desequilibrio en tensión o corriente suele definirse como la relación de componentes de fase : $V-/V+$ y originan calentamientos y pérdidas adicionales.

Para MT/BT esta no debe exceder 2% durante el 95% de una semana.

Los aerogeneradores se ven afectados por desequilibrios en la red con pérdidas y rizado en el par producido.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

El desequilibrio de tensiones puede afectar sistemas eólicos dotados de convertidores electrónicos inyectando armónicas de sec-.

La detección de desequilibrio excesivo por parte del control, puede llevar a la desconexión de la unidad.

Sistemas de velocidad fija en forma mas pasiva, absorbiendo corrientes de sec- produciendo calentamientos.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Transitorios y Sobretensiones

Impulsos de tensión varias veces superior al valor nominal y de corta duración ($\mu\text{seg} - 10\text{mseg}$).

Simple : Frente de onda único sin perturbaciones posteriores.

Oscilatorios : Frente de onda acompañado de oscilaciones amortiguadas en el tiempo.

Estas sobretensiones, comúnmente conocidas, están normadas según origen (conexiones, descargas atmosféricas, elementos de corte, transferencia desde nivel superior de tensión)

Estas afectan a los parques, los cuales también los generan en su operación (arranques, paradas, conexión de baterías, condensadores, etc)



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Huecos e Interrupciones de Tensión

Son de importancia porque afectan la continuidad del servicio.

Existe un hueco al caer la tensión en una o más fases bajo el 90%, recuperándose al cabo de 10mseg a varios segundos.

Existe corte breve ante caída total de las tres fases durante tiempos comprendidos entre 10mseg y menos de 1min. Equivale a un hueco de tensión trifásico al 100%.

Sus causas son fallas en la red o el parque, y aumenta su magnitud con la cercanía de la falla.

Ambos tipos de corte son aleatorios, impredecibles y no es posible se reducción o eliminación total.

Afectan los mecanismos de regulación de velocidad en sistemas de velocidad variable, causando oscilaciones de tensión y aumento de corriente, y aumento de θ en el convertidor electrónico.



PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A LA RED

Armónicos e Interarmónicos.

Aparecen con cargas no lineales, creando tensiones distorsionadas al pasar las corrientes por la impedancia del sistema.

Armónicos : Múltiplos enteros de la fundamental

No armónicos : Múltiplos no enteros de la fundamental

El parámetro empleado para caracterizar la distorsión es THD que indica el porcentaje de distorsión de la señal completa.

$$THD = \frac{\sum U^2_n}{U_0}$$

Se establecen límites a las amplitudes de cada armónico y al THD, que deben cumplirse en una semana de mediciones durante el 95% de los casos.