

Sistema de Bombeo y Generación de Velocidad Variable

Características

- ◆ Las centrales de bombeo y generación tienen gran capacidad y pueden acumular la energía eléctrica durante largas horas, contribuye a la nivelación de la demanda del sistema eléctrico y sirve para el manejo eficiente de todo el sistema eléctrico.
Sin embargo, los equipos de bombeo convencionales eran operados a velocidad de rotación fija y no era posible el ajuste de la potencia de entrada durante la operación de bombeo.
- ◆ Con el uso del sistema de bombeo y generación de velocidad variable que permite cambiar la velocidad de rotación de los equipos de bombeo, se obtienen las siguientes ventajas operativas.
 - 1) Debido a que es posible regular la energía durante la operación de bombeo durante la noche o en las horas de baja carga, pueden pararse los equipos de generación térmica que antes se operaban para regular la frecuencia, lo cual contribuye a la operación económica del sistema energético y a reducir la emisión del CO₂.
 - 2) Puede absorber las variaciones de la potencia de la energía renovable como la energía eólica y solar, elevando la estabilidad del sistema eléctrico.
→ Facilita la promoción de la introducción de la energía renovable.
 - 3) En la operación de generación durante la carga pico, mejora la eficiencia especialmente en la parte de la carga operando la turbina hidráulica a la velocidad de rotación óptima.
 - 4) Puede realizarse instantáneamente el ajuste de la potencia y de la tensión, contribuyendo a la estabilización de las variaciones del sistema eléctrico.

Descripción o principios

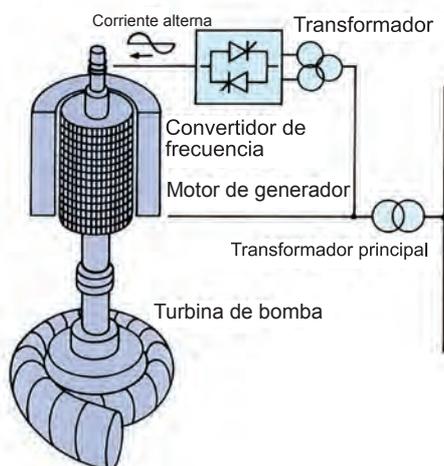
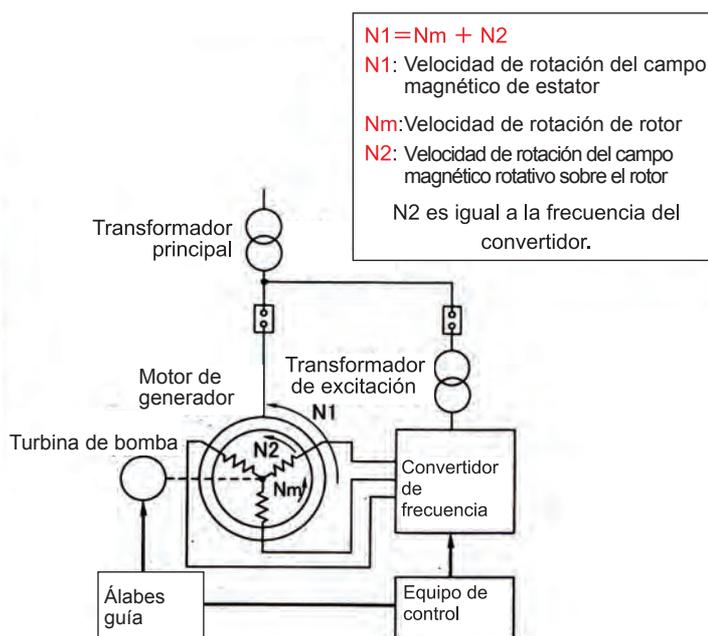


Diagrama de configuración del sistema de bombeo y generación de velocidad variable



Explicación del principio de la operación de velocidad variable

- 1) El rotor del generador-motor es del tipo cilíndrico y tiene una bobina trifásica.
- 2) Al fluir por el rotor la corriente alternada trifásica de baja frecuencia del convertidor de frecuencia, se produce el campo magnético giratorio en el rotor y su velocidad de rotación (N2) es proporcional a la frecuencia de la corriente que sale del convertidor.
- 3) A la velocidad de rotación del rotor Nm se suma la velocidad de rotación del campo magnético giratorio N2, mantiene el sincronismo con el campo magnético giratorio N1 del estator que es el lado estático y se produce una relación de $N1 = Nm + N2$. Es decir, cuando se produce una variación en la velocidad en rotor, el campo magnético giratorio que se produce en el rotor compensa la diferencia que existe entre la velocidad de sincronismo, y con la potencia eléctrica que sale del rotor del generador se hace posible mantener la frecuencia fija.
- 4) El ancho de la variación de la velocidad de rotación es de alrededor de $\pm 5 \sim 8\%$ y la entrada durante la operación de bombeo puede regularse en alrededor del $60\% \sim 100\%$.

- ◆ Se posibilita la parada de los generadores térmicos que antes debían operarse como potencia suplementaria para regular la frecuencia del sistema durante la operación de baja carga en la noche, etc., y es posible reducir el consumo de los combustibles fósiles como el petróleo, el carbón, etc.
Explicación: Para regular la frecuencia del sistema es necesario regular la potencia de generación o la potencia de consumo para que la potencia de generación sea igual a la potencia de consumo. Durante las horas de baja demanda de energía como en la noche se paran muchos de los generadores térmicos e hidráulicos, reduciéndose el margen de regulación de la potencia de generación. Consecuentemente hasta la fecha no había más remedio que depender de una deficiente eficiencia energética haciendo funcionar varios generadores de energía térmica capaces de regular el potencial de salida, y controlando el potencial de salida de cada máquina para garantizar una capacidad de ajuste contra oscilaciones del consumo. Pero, la introducción del sistema generador por bombeo con velocidad variable permite garantizar con una bomba una capacidad de ajuste contra variación del consumo nocturno, lo que puede reducir el número de mencionados generadores en operación en la central térmica y también el consumo de combustibles fósiles.
- ◆ Cuando se genera la operación, se puede operar la unidad a menor potencia de salida cambiando la velocidad de rotación, y el rango de ajuste de la potencia de salida puede ampliarse.
Explicación: Los sistemas de almacenamiento por bombeo se consideran a menudo como ajustadores de potencia y pueden servir como estabilizadores del sistema para proporcionar la cantidad necesaria de potencia aumentando la salida en casos donde otras fuentes de energía caen involuntariamente del sistema durante la operación de salida mínima. Dado que los sistemas de almacenamiento por bombeo con velocidad ajustable pueden funcionar a una salida inferior a los sistemas de almacenamiento por bombeo convencionales y tienen un rango de ajuste de potencia de salida más amplio entre sus salidas (nominales) mínimas a máximas, el número de unidades operativas en los sistemas de almacenamiento por bombeo y la potencia requerida para la próxima operación de bombeo se pueden reducir, y se espera que disminuyan los costos de combustibles fósiles y las emisiones de CO₂.
- ◆ La reducción del consumo de combustibles fósiles antes mencionada permite reducir emisiones de CO₂ y obtener ventaja económica.
- ◆ Pese a la promoción de la introducción de la energía renovable como la energía eólica o la energía solar para reducir el CO₂, no se estabiliza la potencia debido a que al utilizar la energía natural es influenciada por el tiempo, y a medida que se incrementa la relación de la energía renovable se dificulta la regulación de la frecuencia del sistema.
Especialmente en las áreas donde es grande la generación eólica durante la noche, esta variación de potencia puede ser absorbida por el sistema de bombeo y generación de velocidad variable, existiendo la expectativa de poder contribuir a la estabilidad del sistema.
- ◆ Mediante la operación a la velocidad óptima de la turbina hidráulica durante la operación de generación, el rendimiento de la operación con carga parcial puede mejorarse en alrededor del 3%.
- ◆ La fase de la corriente de salida del convertidor puede cambiarse instantáneamente con el control del vector y es posible cambiar instantáneamente la potencia activa del generador-motor en potencia reactiva (tanto durante la generación como durante la operación de bombeo). De esta manera, se puede lograr el control de la fluctuación de la potencia eléctrica en el sistema de energía y en caso de variaciones de voltaje, se puede controlar la variación aumentando o disminuyendo la fuerza eléctrica de la potencia reactiva con un control tan veloz como un compensador estático de potencia reactiva (SVC).
- ◆ Con la aplicación del sistema de bombeo y generación de velocidad variable, se está también aplicando el sistema de generación de volante para estabilizar la frecuencia del sistema. Debido a que la compañía eléctrica de Okinawa es un sistema eléctrico independiente, se producían las variaciones de frecuencia debido a las variaciones de la potencia por la parada de la operación de los hornos de arco voltaico de la acería. Se instaló el generador de volante que permitió estabilizar la frecuencia de manera que las variaciones de la potencia pudieran ser acumuladas y liberadas como energía rotativa del rotor y del volante.

Antecedentes o programa de introducción

- Japón**
- 1990: Se instaló el equipo de 85MVA en la Central de Yagisawa de la Compañía Eléctrica de Tokyo (Primero en iniciar las operaciones en el mundo)
 - 1995: Se instaló el equipo de 360MVA en la Central Shiobara de la Compañía Eléctrica de Tokyo.
 - 1996: Se instaló el equipo de 345MVA en la Central Okukiyotsu N° 2 de J-Power.
 - 1999: Se instaló el equipo de bombeo de agua del mar de 31,5MVA de Yambaru de J-Power.
 - 1996: Se instaló el generador del volante de 26,5MVA en la subestación de la Bahía de Nakagusuku de la Compañía Eléctrica de Okinawa. (Producto de aplicación)
 - Junio de 2014: Comienzo de las operaciones comerciales del equipo de Unidad 4, 475 MVA en la Central hidroeléctrica de Kazunogawa de Tokyo Electric Power Company.
 - 2014: Comienzo de las operaciones comerciales del equipo de Unidad 1, 230MVA en la Central de Kyogoku de la Compañía Eléctrica de Hokkaido
 - 2015: Comienzo de las operaciones comerciales del equipo de Unidad 2, 230MVA en la Central de Kyogoku de la Compañía Eléctrica de Hokkaido

Contacto: Toshiba Corporation, Energy Systems & Solutions Company,
Hydropower Engineering Department
<http://www3.toshiba.co.jp/power/english/hydro/index.htm>