

Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo

Conceptos Generales y Componentes

Oscar Perpiñán Lamigueiro

<http://oscarperpinan.github.io>

Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

- ▶ Las **curvas de generación fotovoltaica y de consumo de agua están bien adaptadas**: las épocas de mayor calor y radiación solar son de mayor consumo de agua.
- ▶ Se puede utilizar el **agua como medio de acumulación de energía**, evitando baterías con el consiguiente ahorro de costes, a la vez que aumenta la seguridad, eficiencia y fiabilidad.
- ▶ El bombeo de agua directo fotovoltaico es limpio: **no presenta los riesgos de una contaminación del pozo a causa de posibles derrames de combustible**. Asimismo, se evitan los problemas logísticos de suministro y transporte de carburante.

Composición

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

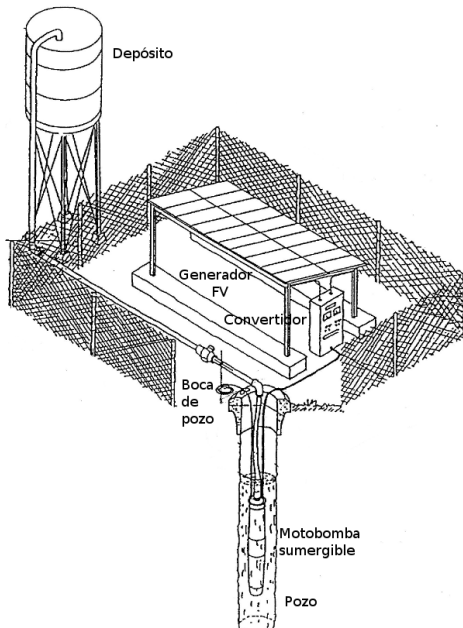
Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico



Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Motor eléctrico

Máquina eléctrica que **transforma energía eléctrica en energía mecánica** por medio de interacciones electromagnéticas.

Bomba

Máquina hidráulica generadora que **transforma la energía mecánica** con la que es accionada **en energía hidráulica del fluido** (agua).

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

- ▶ **Estator-Inductor** alimentado por **corriente DC** (o imanes permanentes).
- ▶ El **colector de delgas** transforma la frecuencia de alimentación (DC) en alterna.
- ▶ **Rotor-Inducido gira sincronizado** con la frecuencia «transformada».
- ▶ Los **motores DC con escobillas están sometidos a desgaste**. Necesitan mantenimiento y por tanto deben evitarse con bombas sumergidas.
- ▶ Existen **motores DC sin escobillas**, donde la conmutación se realiza mediante un **circuito electrónico**.
- ▶ No necesitan inversor (pero si **adaptador**), tienen buen rendimiento, pero están indicados para **potencias bajas**.

Motor asíncrono o de inducción

- ▶ **Estator-inductor** alimentado por una **corriente trifásica alterna**. Produce un campo giratorio.
- ▶ **Rotor-inducido** constituido por **espiras cortocircuitadas** (jaula de ardilla).
- ▶ Son los más comunes, y más baratos que los DC.
- ▶ Tienen **pares de arranque muy bajos**, adecuados para bombas que requieren bajo par de arranque, como las **centrífugas**.

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF

Bombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Conservación de energía

$$\frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2} + g \cdot \Delta h = cte.$$

- ▶ Δp : presión (bombas de desplazamiento positivo)
- ▶ Δv^2 : velocidad (bombas rotodinámicas)
- ▶ Δh : altura (objetivo)

Bombas de desplazamiento positivo

Sistemas
Fotovoltaicos de
Bombeo

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Introducción

Motobombas

Motores eléctricos en ESF
Bombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Circuito
Hidráulico

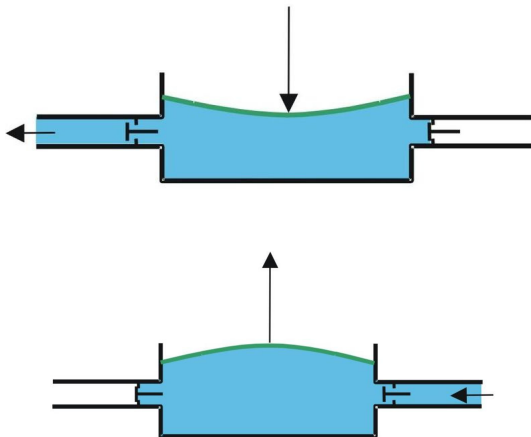
$$\frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2} + g \cdot \Delta h = cte.$$

Principio: cambio de presión

El aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen.

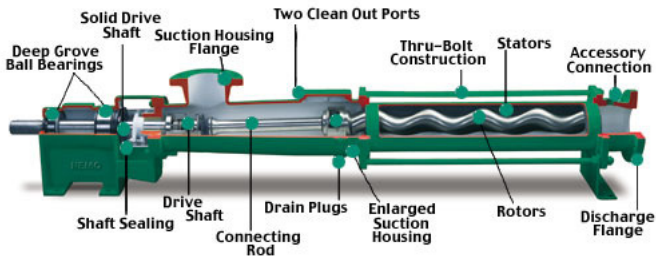
Bombas de membrana

Bombas oscilantes, compartimentos fijos de volumen variable por el movimiento de un pistón o por la deformación de un diafragma.



Bombas helicoidales

Bombas rotatorias, compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. (p.ej. bomba de tornillo o helicoidal).



Bombas helicoidales y de membrana

- ▶ Son apropiadas para **altos incrementos de presión y bajos caudales**.
- ▶ Necesitan un **elevado par de arranque** (por tanto no pueden ser acopladas directamente al generador).
- ▶ Las bombas de diafragma, más económicas, requieren el **reemplazo de los diafragmas** cada dos o tres años, dependiendo del fabricante.

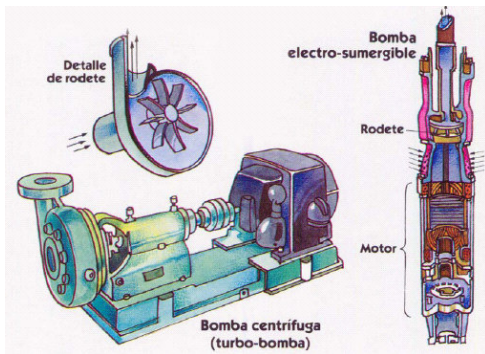
$$\frac{\Delta p}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2} + g \cdot \Delta h = cte.$$

Principio: añadir cantidad de movimiento

En este tipo de bombas hay uno o varios rodetes con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido.

Bombas centrífugas

- ▶ El fluido entra por el centro del rodete cuyos álabes conducen el fluido
- ▶ Por la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior y es recogido por la carcasa
- ▶ Es conducido hacia la salida o hacia el siguiente rodete (bombas multietapa)



- ▶ Están diseñadas para vencer una **presión más o menos constante**,
- ▶ Proporcionan **elevados caudales para bajas alturas manométricas**.
- ▶ Se puede aumentar la altura añadiendo etapas en serie en la misma bomba (bomba multietapa)
- ▶ Son **bombas simples y robustas, de bajo coste**.
- ▶ Funcionan bien con pequeños pares de arranque.

► Bombas sumergibles

- Pozos profundos de pequeño diámetro
- Normalmente ensambladas con el motor.

► Bombas flotantes

- Instalación en ríos, lagos o pozos de gran diámetro en flotación.
- Mucho caudal pero poca altura manométrica

► Bombas de superficie

- Instaladas a nivel de suelo (fácil mantenimiento)
- Tienen un límite en el nivel de succión (8 metros).
- Si utilizan agua como lubricante, no deben operar en seco para evitar el sobrecalentamiento.

- ▶ **Sistemas de baja potencia (50 a 400 Wp)**
 - ▶ Motor DC accionando una bomba de membrana
- ▶ **Sistemas de media potencia (400-1500 Wp)**
 - ▶ Bomba sumergible centrífuga multietapa con motor asíncrono
 - ▶ Motor DC sin escobillas accionando una bomba helicoidal
- ▶ **Potencia superior a 1 kWp**
 - ▶ Bomba sumergible centrífuga multietapa con motor asíncrono

Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Motivo

- ▶ La **potencia y tensión suministrada por un generador FV varían** con la radiación y la temperatura.
- ▶ Las condiciones de funcionamiento **no se adaptan siempre a todos los requerimientos de la motobomba.**
- ▶ Es necesario adaptar las condiciones de funcionamiento de la motobomba al punto de trabajo del generador FV.
 - ▶ **Motor AC: variador de frecuencia**
 - ▶ **Motor DC: convertidor DC-DC**



Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Convertidores

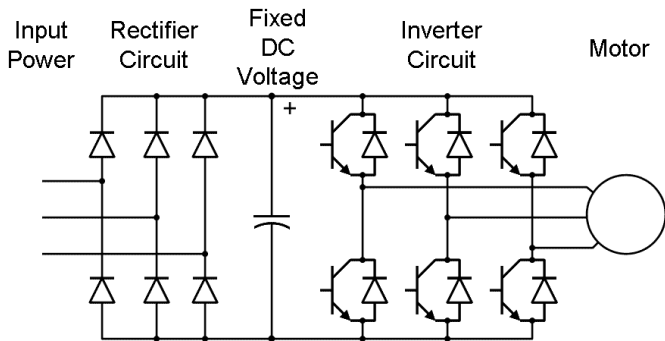
Protecciones

Circuito Hidráulico

- ▶ Dispositivo que **transforma corriente continua de una tensión a otra.**
 - ▶ Suelen ser reguladores de conmutación, dando a su salida una tensión regulada.
- ▶ Se utiliza para alimentar **motores DC con generador FV.**
- ▶ Normalmente no incorporan buscador de MPP.

Variador de frecuencia

- ▶ El variador de frecuencia **transforma una señal alterna de una frecuencia en otra señal alterna de otra frecuencia.**
- ▶ Está compuesto por un rectificador y un inversor con frecuencia variable.
- ▶ Eficiencia cercana al 95%.
- ▶ Habitualmente sin seguidor de MPP.



Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Convertidores

Protecciones

Circuito Hidráulico

Control de frecuencia de salida del variador

- ▶ Cuando el motor trabaja en vacío, la corriente consumida baja y el variador debe subir la frecuencia para alcanzar la tensión de referencia.
- ▶ Si se supera la frecuencia de 55 Hz se para el sistema y se marca un intervalo de espera para permitir que el pozo vuelva a llenarse.

Presostáto en la tubería combinado con una boya en el depósito

- ▶ Cuando en el depósito se alcanza un nivel determinado, la boya acciona el cierre de la entrada al depósito.
- ▶ Sin embargo, la bomba sigue elevando agua. De esta forma, la presión dentro de la tubería aumenta hasta accionar el presostato.
- ▶ Se pone en marcha un temporizador para permitir que baje el nivel del depósito.

Introducción

Motobombas

Acoplamiento
generador-
motobomba

Convertidores

Protecciones

Circuito
Hidráulico

Introducción

Motobombas

Acoplamiento generador-motobomba

Circuito Hidráulico

Circuito hidráulico

- ▶ Tubería de impulsión
- ▶ Boca de pozo
- ▶ Tubería de distribución y valvulería



Tubería de Impulsión

Tubería instalada a la salida de la bomba.

- ▶ Polietileno de alta densidad y calidad alimentaria
 - ▶ Coste menor
 - ▶ Tendencia a enrollarse.
- ▶ Tuberías autoportantes flexibles
 - ▶ Coste mayor
 - ▶ Requiere terminales específicos fabricados en acero inoxidable



Depósito elevado

- ▶ **Tamaño adecuado para 1 o 2 días de consumo**
- ▶ Para depósitos pequeños (20 a 1.000 l) debe elegirse un **depósito plástico de color negro** para evitar aparición de algas y otros contaminantes.

