

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR PEDALEO



Universidad
Carlos III de Madrid

GRUPO DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

Un sistema de generación de electricidad por pedaleo es capaz de convertir la energía mecánica aportada a los pedales en energía eléctrica, que habitualmente se acumula en baterías. La energía eléctrica acumulada puede servir para motorizar eléctricamente la bicicleta o bien para otros consumos de baja potencia.

VISIÓN GLOBAL

PROBLEMÁTICA A LA QUE SE ASOCIA: Emplazamientos con escaso o nulo abastecimiento de electricidad: zonas aisladas de la red. **Uso:** pequeños consumos como leds o carga de móviles; sistema de apoyo a otros sistemas de generación de energía eléctrica que dependen de recursos variables o escasos.

FUNCIONAMIENTO: La **potencia media** que puede desarrollar una persona sobre una bicicleta, con una alimentación adecuada, está alrededor de los 150 W, de los que ya se consumen unos 100 W en mover el peso de las propias piernas. Los niveles de potencia que un ser humano puede proporcionar pedaleando depende de la fortaleza muscular, pero también del tiempo. Por breves espacios de tiempo sobre una bicicleta se pueden desarrollar potencias de hasta 400 W (determinados ciclistas de competición en un sprint), pero lo habitual es que para usos energéticos extendidos durante varias horas, no se superen los 50 W de potencia.

La **potencia real** que podemos generar depende de la relación entre la velocidad de rotación, del rendimiento de la transmisión y de la máquina que genere la energía eléctrica (generador).

VELOCIDAD. Un aficionado al ciclismo puede dar fácilmente unas 90 pedaladas por minuto (1,5 pedaladas por segundo). Un ciclista de unos 70 kg que pedalee a una velocidad entre 10 y 20 km/h consume entre 245 y 410 kcal/hora. El ritmo óptimo de pedaleo varía entre 45 rpm a 30 W y 52 rpm a 90 W [Tiwari, 2011]

RENDIMIENTO

- **Transmisión.** De forma simplificada podemos afirmar que para adaptar la velocidad del eje de la rueda a la que precisa el generador, necesitamos incrementarla entre 8 y 15 veces (dependiendo del generador). Una bicicleta con un plato en el eje de pedaleo de 48 dientes y un engranaje de 12 dientes en la transmisión nos permite un desarrollo con pérdida de rendimiento del 10-40 % respecto a uno ideal.

- **Generador,** es necesario usar una máquina de una potencia de unos 150 W, con una velocidad en su punto de máximo rendimiento en torno a las 140 rpm. Normalmente:

- Generador de corriente continua
- Generador síncrono de imanes permanentes (monofásico o trifásico)

Los generadores más usuales de bicicletas producen entre 50-200 W y a 12 V pueden proporcionar de 4 a 15 Ah. Pedaleo a buen ritmo durante treinta minutos nos aportaría 1 hora de consumo para un ordenador portátil (140 Wh).

PROTOTIPO DISPONIBLE EN EL LTA

En el Laboratorio de Tecnologías Apropriadadas de la UC3M se dispone de dos prototipos de cargadores de baterías por pedaleo:

A- Prototipo de baja potencia y bajo coste.

Las características buscadas no son comunes en la industria, sobre todo los 140 rpm de velocidad nominal, por lo que este tipo de motor especial tendría un coste muy elevado (más de 500 €). Se buscaron motores similares de corriente alterna, aceptando el sobrecoste económico y la reducción del rendimiento debido al rectificador, sin embargo, el precio seguía siendo elevado. Sí existen motores de inducción de corriente trifásica ideales para estas características, pero debido a la consiguiente complicación de la instalación y coste de los mismos, se optó por usar un motor de corriente continua con las características más similares posibles.

El prototipo consta de:

- Generador DC, 157 W, 8311 rpm
- Caja reductora y correa
- Regulador Rutland HRSi3 12/24 V
- Batería 12V y 35Ah

Potencia máxima generada: 45W
Coste: 170€



Fig. 1: Prototipo de bajo coste

B- Prototipo de alta potencia.

Lleva una transmisión de cadena que cuenta únicamente con un plato y un piñón. La relación de transmisión inicial (39/18) es muy pobre, se busca el plato más grande y el piñón más pequeño posible. Se consigue una r.t. (61/11) y se logran así entre 400 y 500 rpm. Básicamente consta de:

1. Generador síncrono trifásico de imanes permanentes, M20 de 500W
2. Rectificador de puente de diodos
3. Regulador de carga
4. Batería de plomo VRLA, 7 Ah y 12V



Fig. 2: Prototipo de alta potencia

Potencia máxima generada: 330W
Coste: 280€

Con una carga de 4,7 Ω se han conseguido aportar más de 300W.

TIPOS DE SISTEMAS DE GENERACIÓN POR PEDALEO

Estos sistemas se clasifican típicamente en:

- **Las dinamos de buje.** Estas dinamos situadas en lugar del buje tradicional tienen la ventaja de tener poco rozamiento: se han convertido ya en una tecnología muy apreciada para cargar, mientras se pedalea, pequeñas utilidades microelectrónicas tales como teléfonos móviles. Ejemplo: un cargador puede necesitar unas 2,5 horas de pedaleo para que la dinamo de buje haga una carga completa de nuestro teléfono móvil. Actualmente, existen soluciones comerciales de esta tecnología.



Fig. 3: Dinamo de buje

- **Sistemas con carga de batería.** Las baterías pueden ser de electrolito acuoso (normalmente de plomo ácido), pero se recomiendan de gel o AGM pues son baterías selladas y reguladas por válvula (SVR): no necesitan mantenimiento.

Topologías de carga: dependen fundamentalmente del sistema de transmisión de la potencia al eje del generador:

1. Asociados a caballetes de entrenamiento para bicicletas: convierten una bicicleta convencional en bicicleta estática. Existen kits comerciales con baterías de 20 a 60 Ah a 12 V que pueden proporcionar de 240 a 720 Wh, si lo usamos de cargador para una batería de 12 V este tipo de generadores pueden entregar 240 W máximo; otros ofrecen unos 100 W de potencia.
2. Con sistema de transmisión por correa: mediante una polea a la llanta quitando previamente la cubierta, o directamente del carrete de la transmisión de la bicicleta con una segunda cadena de bicicleta o mediante una polea o corona atornillada a éste.
3. Con generador acoplado en el eje de la rueda: al ser generadores de mayor potencia que las dinamos no pueden situarse en el centro del buje, y se han de desplazar a un lateral del eje. Suelen llevar un volante de inercia (ver fig. 6).



Fig. 4: Topología 1



Fig. 5: Topología 2



Fig. 6: Topología 3

ENSAYOS Y RESULTADOS

Entre los posibles ensayos que sobre un sistema de generación de electricidad por pedaleo se pueden hacer, destacan dos:

1- Energía producida y tiempo de carga de baterías La norma UNE nos indica la pauta a seguir en la carga las baterías que dependerá de la tecnología de la batería. Para baterías de plomo ácido regulada por válvula (VRLA) recomienda: Cargar a una tensión constante entre 2,35 V y 2,45 V por celda (para 12 V: entre 14,1 V y 14,7 V) y limitar la corriente constante de carga inicial a $I_{max} = 6 I_{20}$. (Para 7 Ah: 2,1 A ; Para 12 Ah: 3,6 A)

En la fig. 7 se resumen los principales métodos de carga de baterías. Lo más frecuente es cargar las baterías primero a corriente constante, y después a tensión constante. La fase final consiste en mantener la tensión constante mientras la corriente va disminuyendo hasta un valor mínimo determinado, cuando la batería se considera ya cargada.

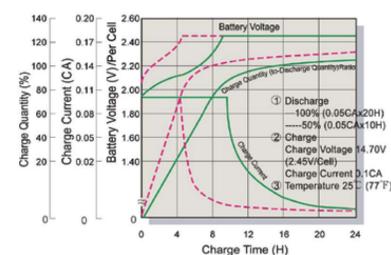


Fig. 7: Configuraciones de carga de baterías

2- Potencia máxima entregada a una carga. Con un sistema de transmisión de la energía mecánica a partir de un caballete de entrenamiento para bicicletas se pueden conseguir potencias máximas superiores a los 300 W, dependiendo de la posición del freno (fig. 8). Estas potencias también se pueden conseguir con generadores de imanes acoplados al eje de la rueda (fig. 9), aunque depende de la carga a la que esté conectado.

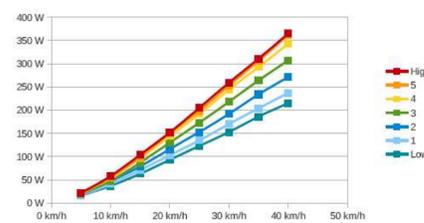


Fig. 8: P_{max} en función de la velocidad para distintas posiciones del freno



Fig. 9: P_{max} entregada a una carga de 1,2 Ω