

A5 Las propiedades de las células solares – Tensión, corriente y potencia

Nota: En lo que sigue no se comentan las evaluaciones de los diferentes experimentos parciales salvo en aquellos casos que por experiencia conste que presentan dificultades especiales.

1 Primeras exploraciones con la célula solar

1.5 Evaluación

Enumeren los factores que inciden en la potencia de una célula solar.

Nota:

Los factores de influencia son:

- a) La intensidad de la iluminación
- b) La distancia de la fuente de luz a la célula solar
- c) El ángulo de incidencia de la luz

La intensidad de la iluminación juega un papel porque, en última instancia, la corriente es generada por el impacto de los rayos de luz (partículas de luz, fotones) sobre los átomos de la célula solar. Es decir, solamente aquellos átomos que son iluminados contribuyen a la generación de electricidad. El rendimiento de la célula aumenta cuando recibe la mejor iluminación posible, es decir, cuando la intensidad de iluminación es la mayor posible.

Al realizar el experimento con una bombilla, la intensidad de iluminación será mayor, cuanto menor sea la distancia a la célula solar. La distancia a la fuente de luz influye en la producción de corriente en la medida en que la intensidad de la iluminación decrece con la distancia al cuadrado de la fuente de luz. Es decir, cuanto más se acerca la lámpara a la célula solar (p. ej., reduciendo la distancia a la mitad), mayor es la intensidad luminosa (p. ej., al reducir la distancia a la mitad se cuadruplica la intensidad). Con la luz del sol, en cambio, no es posible captar este efecto relacionado con la distancia ya que, debido a la enorme distancia entre la Tierra y el Sol, la luminosidad en un momento dado siempre será prácticamente la misma en cualquier lugar de radiación directa situado en la misma longitud y latitud.

Pero la potencia de una célula solar también empeora cuando los rayos de luz no inciden en perpendicular sobre la célula solar. Esta dependencia angular de la potencia se basa en la dependencia angular de la radiación de energía. La ley de la naturaleza dice que el aporte de energía de la radiación es máximo cuando esta incide en vertical. Por ese motivo, la célula solar que recibe iluminación perpendicular suministra también la mayor potencia.

1.6 Preguntas

Expliquen cómo se tienen que instalar las células solares en las casas a fin de que sean lo más efectivas posible.

Respuesta: Al orientar las células solares instaladas en viviendas, es importante prestar especial atención al ángulo que las células solares forman respecto al sol, ya que las

células solares presentan rendimientos muy diversos en función del ángulo de incidencia (relación no lineal entre ángulo y potencia). La posición del sol en el sistema de coordenadas celestes se determina a través del ángulo de acimut y el ángulo de elevación. El acimut indica el ángulo de dirección del sol que, partiendo de la dirección norte, forma con el plano horizontal, en el sentido horario. El ángulo de elevación es el ángulo con el que el observador ve el sol sobre el horizonte. Lo ideal sería dotar los módulos solares con un mecanismo automático que siga la posición del sol, de modo que la luz incida siempre en perpendicular. Si, por el contrario, se instalan de manera fija, la orientación exacta al sur es por lo general la óptima. El módulo solar recibe entonces luz inclinada por la mañana y por la tarde, del este y el oeste, respectivamente, y al mediodía recibe toda la potencia de radiación, cuando el sol está en lo más alto. El mejor ángulo de inclinación teniendo en cuenta el promedio anual depende en cambio de la latitud. En el centro de Alemania, p. ej., ese ángulo de inclinación óptimo se sitúa en aprox. 35° .

De todas formas, en cada caso deben tenerse en cuenta también las particularidades climáticas y meteorológicas del lugar. Es decir, si en la región, p. ej., el sol solo sale por la mañana y por la tarde el cielo suele estar nublado, sería conveniente orientar las células solares más bien en dirección al sol naciente.

2 La intensidad de un cortocircuito y la tensión en vacío al colocar la lámpara a diferentes distancias

2.5 Evaluación

- a) Describan cómo influyen la distancia y, con esta, la intensidad de iluminación, en la intensidad y la tensión medidas.

Nota: La intensidad de corriente debería caer al cuadrado a medida que crece la distancia, es decir, los puntos de medición en el diagrama que representan la intensidad en función de la distancia a la lámpara deberían formar una parábola. La tensión debería caer de manera más o menos lineal, es decir, los puntos de medición deberían situarse a lo largo de una línea recta.

- b) Nombren lo que varía más al modificar las condiciones de luz: la intensidad o la tensión.

Nota: Las curvas de medición ponen de manifiesto que la intensidad de la corriente depende de un modo mucho más sensible de la intensidad de la iluminación, que la tensión.

2.6 Preguntas

Se puede utilizar una célula solar para medir las condiciones de iluminación en un lugar. ¿Qué magnitud es más acertada para lograrlo, la intensidad o la tensión? Expliquen por qué es así.

Respuesta: Dado que la intensidad de la corriente eléctrica es mucho más sensible a los cambios de condiciones de la luz, resulta más adecuada para determinar las condiciones de iluminación.

3 ¿Qué sucede al conectar las células solares en serie o en paralelo?

3.5 Evaluación

Si se utilizan dos células solares se genera el doble de energía eléctrica a partir de la luz. En realidad podría esperarse que el motor solar con dos células solares giraría mucho más rápido que con una sola, al margen de la interconexión realizada. Expliquen a qué podría deberse que según la conexión llegue una mayor o menor parte de la energía al motor. (Una pista: la resistencia interna de la célula solar).

Nota: En función de la conexión, se “pierde” más o menos energía eléctrica en forma de calor en la resistencia interna de las células solares. Esta energía deja así de estar disponible para el motor. Si se utiliza un motor solar con una tensión de arranque inferior a 0,5 voltios, la conexión en paralelo de las células solares reduce la resistencia interna hasta el punto de que el motor solar marchará por lo general a mayor velocidad con esa conexión.

3.6 Preguntas

- a) Expliquen por qué la potencia de la célula solar es diferente dependiendo de si se trata de una conexión en paralelo o en serie.

Respuesta: Si observamos las células solares sin(!) carga, es decir, sin la conexión de un consumidor, la teoría dice que: dos células conectadas en paralelo suministran la misma tensión y el doble de corriente, mientras que dos células conectadas en serie proporcionan el doble de tensión y la misma corriente. La potencia, como producto de la tensión y la intensidad, debería por tanto permanecer constante. (V. el resultado del experimento parcial 4). Esto podría llevar a la conclusión equivocada de que es indiferente si conectamos nuestro motor en serie o en paralelo.

Pero lo cierto es que la corriente/tensión que efectivamente suministra la célula solar bajo carga, depende de la magnitud de la resistencia interna de la célula solar, en comparación con la resistencia de carga (= motor). El hecho es que la resistencia interna de una célula solar individual de 150 mA es muy grande, en comparación con la resistencia interna de la mayoría de consumidores. Nuestro motor solar también tiene una resistencia interna muy baja, por lo que, al conectar en serie las células solares, una gran parte de la potencia se pierde en las células solares debido a su elevada resistencia interna. En cambio, si conectamos las células solares en paralelo, la resistencia interna se reducirá y el motor solar funcionará con más potencia.

Pero cuidado: también existen otro tipo de consumidores que, a diferencia de nuestro motor solar, no están controlados por la corriente, sino por la tensión. Este es el caso, p. ej., en un LED rojo. Su potencia nominal es similar a la de nuestro motor solar, pero necesita una tensión mínima de 1,6 voltios. Aquí no sirve de nada la conexión en paralelo de las células solares; en este caso, tendríamos incluso que conectar en serie hasta cuatro células solares para encender el diodo luminoso.

Así pues, no existe ninguna regla general sobre el tipo de conexión ideal de las células solares ya que esto también depende del consumidor conectado.

- b) ¿Cómo se comportan en comparación con las células solares dos pilas alcalinas AA que se conectan en paralelo o en serie?

Respuesta: Dado que la resistencia interna de una pila alcalina moderna es relativamente pequeña en comparación con la resistencia de carga de la mayoría de consumidores, se puede considerar como una fuente constante de corriente y de tensión. Por tanto, conectándolas en serie o en paralelo se puede maximizar la tensión o la corriente, respectivamente, obteniendo con consumidores como pequeños motores solares, prácticamente el mismo rendimiento.

4 La intensidad y la tensión en la conexión en serie y en paralelo de células solares

4.5 Evaluación

Comparen el resultado de este experimento parcial con el del experimento parcial 3 (¿Qué pasa si se conectan las células solares en serie o en paralelo?) y expliquen las diferencias.

Nota: Este experimento analiza la conexión en serie y en paralelo de células solares en condiciones ideales de ausencia de un consumidor. Bajo esas condiciones, la situación es relativamente sencilla. La conexión en serie duplica la tensión de circuito abierto, mientras que con la conexión en paralelo se duplica la intensidad de cortocircuito.

4.6 Preguntas

- a) Expliquen por qué el producto de la intensidad de cortocircuito y la tensión de circuito abierto no da la potencia verdadera de la célula solar.

Respuesta: En principio, resulta razonable interpretar la potencia como el producto resultante de la intensidad de cortocircuito y la tensión de circuito abierto. Sin embargo, dado que el cortocircuito y el circuito abierto se miden en condiciones básicamente diferentes, los valores no pueden usarse para calcular la potencia. Para determinar la potencia “real” es necesario realizar mediciones bajo carga (lo que efectivamente se lleva a cabo en el experimento parcial 6). Hecha esta salvedad, la potencia (como el producto de la intensidad de corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto) se puede utilizar como valor de referencia para clasificar las células solares.

5 ¿Cómo se comportan las células solares conectadas en serie o en paralelo al quedar en la sombra?

5.6 Preguntas

- a) Expliquen por qué para la fabricación de módulos solares se conectan las células solares en serie y por qué estas series a su vez son conectadas en paralelo.

Respuesta: Por medio de este tipo de interconexión se obtienen módulos con las intensidades de tensión y de corriente necesarias para un uso provechoso de la energía eléctrica suministrada.

- b) En una página en internet sobre la tecnología solar figura la afirmación: “En la conexión

en serie, el módulo más débil determina la potencia total”. Expliquen lo que significa. Formulen una frase equivalente para la conexión en paralelo.

Respuesta: Al optimizar la tensión conectando varios módulos solares en serie, hay que evitar que, en un módulo individual situado a la sombra, la potencia caiga prácticamente a cero. Esto haría que se “quemaran” algunas células del módulo, es decir, quedarían destruidas. Por esa razón, se enchufan en paralelo a los módulos unos diodos de protección, que se conectan automáticamente al quedarse a la sombra un módulo solar, y de esta forma lo puentean.

Lo mismo vale también para la conexión de los módulos entre sí: el módulo con la potencia más pequeña genera la resistencia más grande. Dado que la resistencia total en una conexión en serie resulta de la suma de las resistencias, es evidente que las resistencias más grandes tienen mayor relevancia que las pequeñas. La frase equivalente en este caso sería: “en la conexión en paralelo, el eslabón más fuerte determina la potencia total”.

Por una parte, el máximo suministro de potencia entre fuente de alimentación y consumidor se da, cuando la resistencia del consumidor y la resistencia interna de la fuente de corriente son iguales. Por otra, la potencia de los módulos solares, y con ello su resistencia interna, dependen en última instancia de la radiación solar.

Ese es el motivo por el cual la unidad de conversión de potencia, con la que está dotada toda planta solar para alimentar la corriente solar a la red pública, nunca está diseñada para una potencia constante, ya que esto supondría que la resistencia de carga permanecería constante y que la resistencia interna de la planta solar fluctuaría continuamente con la radiación solar; es decir, no se lograría nunca una perfecta adaptación entre ambas. Las centrales eléctricas solares poseen por ello en el convertidor de potencia una electrónica de control adicional que adapta automáticamente la resistencia de carga –y con ello la potencia útil– a la potencia de la planta solar disponible en cada momento.

- c) Tina quiere participar en un concurso sobre la tecnología solar. Para ello tiene que construir un bote propulsado por un ventilador. Cómo máximo puede utilizar 4 células solares (0,5 voltios, 100 mA). El motor tiene una tensión de arranque de 0,6 voltios y una corriente de arranque de 25 mA. ¿Qué conexión le recomendarían para que el bote alcance la máxima velocidad? Expliquen por qué.

Respuesta: En este caso es necesario conectar en serie dos células solares (aprox. 1 voltio) para alcanzar la tensión de arranque. Dos células solares conectadas en paralelo (200 mA) suministran corriente de arranque suficiente incluso en condiciones cambiantes de radiación solar; es decir, primero se conectan en serie las células solares en paquetes de dos y estos paquetes entre sí en paralelo. Puesto que la variación de la intensidad de la iluminación influye más en la corriente que en la tensión (v. el experimento parcial 2), gracias a esta conexión en paralelo se obtiene una seguridad de funcionamiento adicional si disminuye la luminosidad.

6 Optimización de la potencia de las células solares

6.6 Preguntas

La potencia máxima se obtiene cuando la resistencia de un aparato es equivalente a la resistencia interna de la célula solar. La resistencia interna no es constante, sino que depende de la iluminación. Para obtener una potencia máxima en peores condiciones de iluminación hay que cambiar por ello la resistencia. Diseñen un experimento con el que puedan comprobar si la resistencia de un aparato debe ser aumentada o reducida cuando cambian las condiciones de luz.

Respuesta: Trabajamos con la misma conexión que en este experimento, con la diferencia de que ahora modificamos la intensidad de la iluminación y regulamos la resistencia en el potenciómetro para que la tensión se mantenga siempre al máximo, midiendo a continuación la corriente. A partir de la tensión y de la corriente medida determinamos la resistencia correspondiente. Veremos que cuando la intensidad de la iluminación es baja se necesita una resistencia más grande para mantener la tensión.