

Coeficiente de rendimiento

Factor de calidad de la instalación fotovoltaica



Contenido

El coeficiente de rendimiento constituye una de las magnitudes más importantes para la evaluación de la efectividad de una instalación fotovoltaica.

En concreto, el coeficiente de rendimiento expresa la relación del rendimiento energético real con respecto al rendimiento energético teóricamente posible. Este coeficiente es prácticamente independiente de la orientación de una instalación fotovoltaica y de la irradiación solar que incide sobre ella. Por este motivo, con ayuda del coeficiente de rendimiento, es posible comparar instalaciones fotovoltaicas conectadas a red en diferentes lugares del mundo.

Este documento le informa acerca de lo que es el coeficiente de rendimiento y sobre cuál es la función que desempeña. Asimismo descubrirá cómo puede calcular el coeficiente de rendimiento para su instalación fotovoltaica y por qué factores está influenciado.

1 ¿Qué es el coeficiente de rendimiento?

El coeficiente de rendimiento (en inglés performance ratio) es una magnitud, independiente del lugar de ubicación, de la calidad de una instalación fotovoltaica y, por ello, constituye a menudo también un factor de calidad. El coeficiente de rendimiento se indica en porcentaje y expresa la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal de la instalación fotovoltaica. De esta forma indica qué proporción de la energía está realmente disponible para la alimentación tras haber descontado las pérdidas energéticas (p. ej. debido a pérdidas térmicas y a pérdidas por cableado) y el consumo propio para la operación.

Cuanto más cercano al 100 % sea el valor del coeficiente de rendimiento calculado para una instalación fotovoltaica, de forma más efectiva trabajará esta instalación fotovoltaica. No obstante, no es posible alcanzar un valor real del 100 % puesto que durante la operación de la instalación fotovoltaica se producen siempre pérdidas inevitables (p. ej. pérdidas térmicas por el calentamiento de los módulos fotovoltaicos). Sin embargo, las instalaciones fotovoltaicas eficientes alcanzan un coeficiente de rendimiento de hasta el 80 %.

2 ¿Qué función desempeña el coeficiente de rendimiento?

El coeficiente de rendimiento le aporta información sobre la eficiencia energética y la fiabilidad de su instalación fotovoltaica.

Por medio del coeficiente de rendimiento puede comparar el rendimiento de su instalación fotovoltaica con el rendimiento de otras instalaciones fotovoltaicas, así como controlar el estado de su instalación fotovoltaica durante un período de tiempo prolongado.

En el cálculo regular del coeficiente de rendimiento, realizado a intervalos prefijados, no se trata sin embargo de efectuar una comparación absoluta, sino de la posibilidad de llevar a cabo un control de la evolución y del rendimiento: partiendo de un valor inicial del coeficiente de rendimiento del 100 % durante la puesta en servicio de una instalación fotovoltaica y asumiendo que la instalación funciona óptimamente en ese momento, calculando paulatinamente el resto de valores del coeficiente de rendimiento es posible detectar desviaciones y tomar medidas correctivas a tiempo. Por lo tanto, las desviaciones del valor del coeficiente de rendimiento en forma de valores por debajo del rango estipulado le indican antes de tiempo un posible fallo de su instalación fotovoltaica.

Los factores que pueden conducir a una desviación del valor del coeficiente de rendimiento están descritos en el capítulo 4 "¿Qué factores influyen en el coeficiente de rendimiento?" (Página 7).

3 ¿Cómo se calcula el coeficiente de rendimiento?

Para poder calcular el coeficiente de rendimiento de su instalación fotovoltaica, precisa de diferentes magnitudes. Por un lado necesita los valores de irradiación solar del lugar de ubicación de la instalación fotovoltaica. Puede registrar estos valores con una estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox) que mida la cantidad de energía irradiada para su instalación fotovoltaica. Por otro lado precisa de la magnitud de la superficie de los módulos de su instalación fotovoltaica, así como del rendimiento de sus módulos fotovoltaicos. El rendimiento de los módulos está indicado en la hoja de datos del módulo fotovoltaico correspondiente.

Puede calcular usted mismo el coeficiente de rendimiento (véase página 3) o realizar un cálculo automático (véase página 6).

Requisitos previos para el cálculo

Si utiliza una estación de medición para su instalación fotovoltaica (p. ej. Sunny SensorBox) que mida la irradiación solar directa, los módulos fotovoltaicos y la estación de medición deben estar alineados homogéneamente para poder calcular el valor del coeficiente de rendimiento correcto. De esta forma se asegurará de que los módulos fotovoltaicos y la estación de medición están expuestos a la misma cantidad de irradiación solar y a las mismas temperaturas.

Período de estudio

El período de estudio óptimo para el cálculo del coeficiente de rendimiento es de 1 año. No obstante, también puede seleccionar intervalos más breves, p. ej. en el caso de que desee comparar su instalación fotovoltaica directamente con otras instalaciones fotovoltaicas. Sin embargo debería seleccionar un período de estudio mínimo de 1 mes con el fin de descartar que condiciones ambiente como una altura del sol insuficiente, bajas temperaturas o sombras en los módulos fotovoltaicos y/o en la estación de medición puedan influir excesivamente en el cálculo.

3.1 Cálculo manual

Si deseara calcular usted mismo el coeficiente de rendimiento, puede utilizar la siguiente fórmula simplificada:

Fórmula para el cálculo manual del coeficiente de rendimiento	
Coeficiente de rendimiento =	$\frac{\text{Rendimiento real leído de la instalación en kWh al año}}{\text{Rendimiento nominal calculado de la instalación en kWh al año}}$

El rendimiento real de la instalación en kWh se lee al final del año en el contador de inyección.

El rendimiento nominal calculado al año está formado por los siguientes factores:

Fórmula para el cálculo del rendimiento nominal de la instalación
Irradiación del año sobre la superficie del generador de la instalación fotovoltaica x rendimiento de los módulos de la instalación fotovoltaica

El valor de irradiación medido por la estación de medición se registra en el nivel de los módulos y, de forma ideal, a lo largo de un año completo. Para calcular este valor de irradiación, debe calcularse previamente el valor medio de la irradiación solar del período de estudio a partir de los valores de irradiación registrados por la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox). El valor de irradiación por m^2 calculado de esta forma debe extrapolarse a la superficie completa de los módulos de la instalación fotovoltaica (= superficie del generador). El rendimiento de los módulos está indicado en la hoja de datos del módulo fotovoltaico correspondiente.

Ejemplo: cálculo del coeficiente de rendimiento para un período de estudio de 1 año

Este ejemplo explica el cálculo manual del coeficiente de rendimiento con los datos de la Sunny SensorBox y de la Sunny WebBox. El cálculo manual debe considerarse una alternativa. SMA Solar Technology AG ofrece el cálculo automático del coeficiente de rendimiento en el Sunny Portal (véase la página 6). En las instrucciones de uso de la Sunny WebBox se describe cómo puede registrar su instalación fotovoltaica en el Sunny Portal.

Si, no obstante, deseara calcular manualmente el coeficiente de rendimiento, proceda de la siguiente forma.

Para realizar el cálculo manual precisa de la siguiente información:

- Período de estudio

Determine previamente el período de estudio. El período de estudio óptimo es de 1 año.

- Superficie del generador de la instalación fotovoltaica

Se conoce el tamaño de la superficie del generador de su instalación fotovoltaica.

- Rendimiento de los módulos fotovoltaicos

El rendimiento de los módulos de su instalación fotovoltaica está indicado en la hoja de datos de los módulos fotovoltaicos.

- Rendimiento real leído de la instalación

Consulte este valor al final del año en su contador de inyección.

- Rendimiento nominal calculado de la instalación

Para determinar este valor necesita la fórmula para el cálculo del rendimiento nominal de la instalación (véase la página 3).

- Irradiación solar medida durante el período de estudio

Para calcular este valor precisa de los valores de irradiación que la Sunny SensorBox ha transmitido a la Sunny WebBox.

La Sunny WebBox consulta regularmente los valores individuales medidos por la SensorBox. A partir de estos valores individuales, la Sunny WebBox calcula los valores medios diarios. Para calcular el valor total de la irradiación solar durante el período de estudio, deberá extrapolar de forma correspondiente los valores medios diarios para la irradiación solar. Para ello, proceda de la siguiente forma.

Independiente de los ajustes de la interfaz de usuario, la Sunny WebBox memoriza los valores medios diarios para la irradiación solar que incide en su instalación fotovoltaica en intervalos de 5, 10 o 15 minutos. La Sunny WebBox memoriza los valores medios diarios de un mismo mes junto con el resto de valores medios de su instalación fotovoltaica en archivos .csv o .xml en directorios con el nombre correspondiente.

Para calcular el valor de irradiación para, p. ej., 1 año a partir de los valores medios diarios memorizados, deberá calcular primero los valores medios mensuales. Para ello debe sumar los valores medios diarios de un mes. A continuación, divida el valor total obtenido entre el número de días del mes y así llegará al valor medio mensual. De esta forma puede calcular en el transcurso del año los valores medios mensuales para los 12 meses. Para calcular el valor medio anual, debe sumar los 12 valores medios mensuales y dividir el valor total entre el número de meses, esto es, entre 12. Seguidamente, extrapole el valor calculado de esta forma a la superficie del generador de su instalación fotovoltaica. De este modo obtendrá el rendimiento nominal de la instalación para el período de estudio de 1 año que podrá utilizar, junto con los valores ya conocidos, en la fórmula para el cálculo del coeficiente de rendimiento.

Para este ejemplo se dan los siguientes requisitos previos y valores concretos:

- Período de estudio: 1 año
- Irradiación solar media medida en 1 año: 120 kWh/m²
- Superficie del generador de la instalación fotovoltaica: 10 m²
- Rendimiento de los módulos fotovoltaicos: 15 %
- Rendimiento real inyectado de la instalación: 110 kWh

Los valores de irradiación medidos en el lugar de ubicación dan como resultado medio para el período de estudio completo una irradiación solar de 120 kWh/m². Este valor de irradiación se extrapola de la siguiente manera a la superficie de los módulos de la instalación fotovoltaica:

Valor de irradiación en kWh/m² x superficie de la instalación en m² = 120 kWh/m² x 10 m² = 1.200 kWh

Para calcular a continuación el rendimiento nominal de la instalación, el valor de irradiación calculado para la instalación fotovoltaica se multiplica por el rendimiento de los módulos:

1.200 kWh x 15 % = 1.200 kWh x 0,15 = 180 kWh

De esta forma, para el período de estudio seleccionado se obtiene un rendimiento nominal previsible de la instalación de 180 kWh. Este rendimiento nominal previsible de la instalación corresponde a un coeficiente de rendimiento del 100 %.

Sin embargo, el valor leído del rendimiento de la instalación realmente alimentado a la red por la instalación fotovoltaica es tan solo de 110 kWh. Si se introducen en la fórmula para el cálculo del coeficiente de rendimiento este valor y el rendimiento nominal calculado de la instalación, obtenemos el siguiente resultado:

Coeficiente de rendimiento = $\frac{110 \text{ kWh}}{180 \text{ kWh}}$ = aprox. 0,61 = aprox. 61 %

El valor del coeficiente de rendimiento es aproximadamente del 61 %. Esto significa que aprox. el 39 % de la energía irradiada durante el período de estudio no ha podido aprovecharse debido a circunstancias como pérdidas por cableado, pérdidas térmicas o, p. ej., fallos en componentes. En este caso, el coeficiente de rendimiento sirve a modo de indicador y puede dar lugar a una inspección más exhaustiva de la instalación fotovoltaica de forma que, p. ej., pueda eliminarse la suciedad de los módulos fotovoltaicos o repararse o sustituirse componentes defectuosos.

3.2 Cálculo automático

También puede dejar calcular automáticamente el coeficiente de rendimiento transmitiendo al Sunny Portal los datos correspondientes de su instalación fotovoltaica. Además, en el Sunny Portal puede representar visualmente el coeficiente de rendimiento en forma de diagramas.

En las instrucciones de uso del Sunny Portal en www.SunnyPortal.com se describe cómo puede calcular automáticamente el coeficiente de rendimiento y representarlo en forma de diagramas.

Requisitos previos para el cálculo automático en el Sunny Portal

Para que pueda calcular automáticamente el coeficiente de rendimiento en el Sunny Portal, deben cumplirse los siguientes requisitos previos:

- Dispone de una Sunny WebBox que transmite al Sunny Portal los datos necesarios.
- Ha conectado una Sunny SensorBox a su Sunny WebBox.
- Utiliza los sensores de irradiación de la Sunny SensorBox.
- La Sunny SensorBox mide una irradiación mínima de 60 W/m^2 por hora en el lugar de ubicación de su instalación fotovoltaica.

En las instrucciones de uso de la Sunny WebBox se describe cómo puede registrarse a través de la Sunny WebBox en el Sunny Portal.

4 ¿Qué factores influyen en el coeficiente de rendimiento?

El coeficiente de rendimiento es una mera magnitud de definición que puede llegar a alcanzar incluso valores superiores al 100 % debido a la influencia de determinados factores. El motivo de esto reside en que, al calcular el coeficiente de rendimiento, se utilizan características del rendimiento de los módulos fotovoltaicos calculadas en condiciones de ensayo estándar (irradiación de 1.000 W/m^2 y temperatura de los módulos de $25 \text{ }^\circ\text{C}$). Por ello, las desviaciones en las condiciones durante la operación real influyen en el coeficiente de rendimiento.

El valor del coeficiente de rendimiento está influenciado por los siguientes factores:

- Factores medioambientales
 - Temperatura de los módulos fotovoltaicos
 - Irradiación solar y energía disipada
 - Sombra o suciedad en la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox)
 - Sombra o suciedad en los módulos fotovoltaicos
- Otros factores
 - Período de registro
 - Pérdidas por cableado
 - Rendimiento de los módulos fotovoltaicos
 - Rendimiento del inversor
 - Diferente tecnologías de células solares en la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox) y en los módulos fotovoltaicos
 - Alineación de la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox)

4.1 Factores medioambientales

Temperatura de los módulos fotovoltaicos

La potencia y la efectividad de una célula solar dependen, entre otras cosas, de la temperatura del módulo fotovoltaico. A bajas temperaturas, el módulo fotovoltaico trabaja de un modo especialmente eficiente. El módulo fotovoltaico, por ejemplo, está frío en caso de cielo cubierto durante el invierno. Si, con esta situación atmosférica, la irradiación solar incide de pleno en el módulo fotovoltaico frío, éste funcionará con gran efectividad. Esto puede generar brevemente un valor elevado del coeficiente de rendimiento. No obstante, tras un determinado tiempo, el módulo fotovoltaico se calienta y la efectividad desciende de nuevo.

Irradiación solar y energía disipada

Por la mañana, al atardecer y, en especial, durante el invierno, cuando el sol está a baja altura, el valor de la irradiación solar se aproxima con mayor intensidad al valor de la energía disipada (= diferencia entre la potencia absorbida y la potencia desprendida) que en otros momentos del día o estaciones. Por este motivo, si se realizan cálculos en estos momentos, el valor del coeficiente de rendimiento obtenido será menor de lo habitual.

Sombra o suciedad en la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox)

En función del lugar de colocación, es posible que plantas o edificios proyecten sombra sobre la estación de medición de su instalación fotovoltaica (p. ej. Sunny SensorBox) provocando así un sombreado momentáneo o incluso permanente de la estación de medición. Incluso piezas de la propia instalación fotovoltaica pueden proyectar sombra sobre la estación de medición, en especial cuando el sol se encuentra a poca altura. El sombreado parcial o total de la estación de medición puede conducir a valores del coeficiente de rendimiento superiores al 100 %. Además, factores ambientales como la nieve, el polvo o el polen pueden ensuciar la estación de medición de su instalación fotovoltaica y generar también valores del coeficiente de rendimiento superiores al 100 %.

Sombra o suciedad en los módulos fotovoltaicos

En función del lugar de colocación, es posible que plantas o edificios proyecten sombra sobre sus módulos fotovoltaicos provocando así un sombreado momentáneo o incluso permanente de los módulos. También la suciedad p. ej. por polvo, polen, nieve, etc. conduce a un sombreado de los módulos fotovoltaicos. Este sombreado provoca que los módulos fotovoltaicos puedan absorber menos irradiación solar. De esta forma disminuye la efectividad de los módulos fotovoltaicos y, en consecuencia, también el valor del coeficiente de rendimiento de la instalación fotovoltaica.

4.2 Otros factores

Período de registro

Si el período de registro fuera demasiado breve (esto es, inferior a 1 mes), los datos de medición disponibles serán insuficientes para calcular el coeficiente de rendimiento correctamente. En este caso, factores como una altura del sol insuficiente, temperaturas altas y bajas o sombras influyen en el resultado del cálculo con mayor intensidad puesto que es posible que estos valores sólo hayan podido registrarse de un modo incompleto.

Pérdidas por cableado

Al transferir la energía del inversor al contador de inyección de la empresa explotadora de la red se producen pérdidas por cableado condicionadas por el tipo y material de los cables empleados. El valor del coeficiente de rendimiento puede disminuir debido a estas pérdidas por cableado.

Rendimiento de los módulos fotovoltaicos

El rendimiento de los módulos fotovoltaicos influye decisivamente en el coeficiente de rendimiento de su instalación fotovoltaica. Cuanto mayor sea el rendimiento de los módulos fotovoltaicos, mayor será el valor del coeficiente de rendimiento (siempre que se den las condiciones marco correspondientes como una irradiación solar elevada en el lugar de ubicación, etc.).

Rendimiento del inversor

Si el inversor utilizado en su instalación fotovoltaica presenta un rendimiento elevado, esto conducirá a valores altos del coeficiente de rendimiento. Los inversores de SMA con un rendimiento superior al 90 % permiten alcanzar valores del coeficiente de rendimiento incluso superiores al 80 %.

Diferentes tecnologías de células solares en los módulos fotovoltaicos y en la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox)

Existen diferentes tipos de células solares para los módulos fotovoltaicos. Generalmente se emplean los tres siguientes tipos de células solares: células de silicio monocristalino, células de silicio policristalino y células de capa fina. Si la estación de medición montada en su instalación fotovoltaica (p. ej. Sunny SensorBox) utiliza una tecnología de células solares diferente a la utilizada en sus módulos fotovoltaicos, pueden surgir desviaciones en el cálculo del coeficiente de rendimiento.

Degradación de las células solares

La degradación de las células solares, condicionada por su antigüedad, conduce con los años a un valor reducido del coeficiente de rendimiento. Las células solares monocristalinas y policristalinas envejecen hasta el 20 % en 20 años.

Alineación de la estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox)

Si una estación de medición (p. ej. Sunny SensorBox) forma parte de su instalación fotovoltaica y no está alineada conforme a los módulos fotovoltaicos de su instalación, pueden originarse valores del coeficiente de rendimiento superiores al 100 % debido a la diferencia en la irradiación solar.