

Dimensionado del n^o máximo de módulos en serie según criterio de tensión máxima

"A. Navarro, A. Sanchis, P. Villanueva"

"Altran, Calle Campezo, 1, 28022 Madrid, España"

1. Sumario

Se plantea un cálculo alternativo al de la formulación general estándar utilizada para dimensionar el número máximo de módulos en serie (o por string), analizando los datos meteorológicos reales de un emplazamiento y detectando los valores extremos de radiación y temperatura registrados en el lugar durante un periodo de tiempo representativo.

La formulación estándar realiza suficientes simplificaciones conservadoras que permiten asegurar su validez bajo cualquier circunstancia, y por consiguiente limita a un valor más conservador la configuración de módulos en el diseño de una planta fotovoltaica. A diferencia de esta, el procedimiento propuesto permite una mayor flexibilidad a la hora de realizar un ajuste en el dimensionado del número máximo de módulos por string, garantizando igualmente que la tensión de circuito abierto (V_{oc}) del string no supera nunca la tensión máxima admisible del inversor ni de los módulos, salvaguardando así las garantías de los equipos.

Existen programas de modelado de instalaciones fotovoltaicas que realizan el dimensionamiento tomando como referencia los valores de irradiancia y temperatura de un año típico meteorológico (TMY, según sus siglas en inglés), el cual no tiene por qué ser representativo de los valores extremos que puedan acontecer en un emplazamiento. Por otro lado, la temperatura mínima para este cálculo se introduce manualmente y el adecuado uso de esta variable depende de que inicialmente se haya verificado su idoneidad.

Ante dichas limitaciones del proceder habitual, era manifiesta la necesidad de un procedimiento de cálculo más exacto y menos subjetivo.

En el cálculo alternativo propuesto se utilizan registros históricos del binomio temperatura-irradiancia para generar una Envoltura Climática (EC) que permite reconocer los puntos climatológicos más extremos en cuanto a la tensión alcanzable en el string se refiere. Mediante una aproximación numérica basada en el modelo del "diodo simple"; circuito eléctrico que asemeja las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico y utilizado habitualmente para el modelado de su comportamiento, se obtiene una V_{oc} más ajustada a la realidad de funcionamiento esperada en el emplazamiento de instalación. En base a este cálculo se puede verificar el cumplimiento de que la tensión del string no será superior a la tensión máxima admisible. El procedimiento aplicado permite, en la mayoría de ocasiones, aumentar ligeramente el número de módulos en un mismo string con respecto al procedimiento habitual, dando mayor flexibilidad en la configuración módulo fotovoltaico/inversor en el diseño de una planta y permitiendo una potencial reducción de las pérdidas eléctricas en el lado de corriente continua de la instalación.

© 2018 Published by Altran.

"Palabras clave: Dimensionado de módulos FV, Envoltura Climática (EC), tensión de circuito abierto (V_{oc}), año típico meteorológico (TMY)"

2. Introducción

La tendencia en el diseño de una instalación fotovoltaica evoluciona hacia tensiones de continua más elevadas que permiten una configuración eléctrica con un mayor número de módulos en serie, con el consecuente ahorro que ello conlleva en determinados elementos del sistema: cableado, cajas de agrupación, etc.

Una vez conocidas las características de los módulos a utilizar en el diseño de la planta, la disposición de éstos, en términos de conexionado eléctrico entre ellos y su correspondiente inversor, es clave para conseguir una instalación optimizada.

En este sentido cobra gran importancia la definición del número máximo de módulos a instalar por string y los criterios a considerar a la hora de determinar este cálculo, particularizándolos en un determinado emplazamiento y teniendo en cuenta que el diseño eléctrico que se establezca debe salvaguardar el correcto funcionamiento de los equipos a instalar en planta.

El presente documento propone un cálculo adicional al de la formulación general básica, abordando aspectos empíricos que permiten una mayor flexibilidad en el ajuste del número de módulos en serie a instalar, estableciendo una metodología para la obtención de un valor de Voc realista a partir de bases de datos climatológicos para un emplazamiento.

Nomenclatura

Voc Tensión de circuito abierto

TMY Año típico meteorológico

EC Envolverte Climática

3. Comentarios generales al diseño

Generalmente, el parámetro determinante para el cálculo del número máximo de módulos que se pueden instalar en serie es la Voc máxima que alcanzará dicho string, debiendo garantizarse que esta no supera la tensión máxima admisible del inversor ni la de los módulos fotovoltaicos, en base al valor indicado por los fabricantes. Esta garantía de funcionamiento debe ser válida para cualquier condición de trabajo que pueda acontecer durante la vida útil de la planta.

El punto más desfavorable de funcionamiento, en cuanto a la tensión máxima que puede alcanzar un string, ocurre siempre a temperaturas bajas, dada la relación inversa entre tensión y temperatura en los módulos de silicio cristalino. Bajo esta premisa, el dimensionamiento básico calcula con la fórmula general (válida para una radiación de 1000 W/m²) qué tensión se obtiene a la temperatura mínima que se considere alcanzable en un emplazamiento.

Dado que esta simplificación toma un caso muy desfavorable de remota ocurrencia; considerar una radiación de 1000 W/m² cuando la temperatura es la mínima; existe la posibilidad de realizar un mejor ajuste en el diseño buscando un binomio temperatura-irradiancia más realista.

Este procedimiento, basado en la evaluación de las condiciones de funcionamiento más desfavorables específicas de un emplazamiento, permite, en la mayoría de ocasiones, aumentar ligeramente el número de módulos instalables en un mismo string con respecto al resultado obtenido mediante la metodología básica.

4. Comentarios particulares al diseño

Como práctica alternativa a la formulación general, algunos profesionales utilizan el software PVSyst para este ajuste. Sin embargo, hay que puntualizar una serie de consideraciones al utilizar PVSyst con este propósito:

- Los datos meteorológicos que alimentan la simulación de PVSyst están basados en un TMY el cual no es representativo de los valores extremos que puedan acontecer en un emplazamiento.
- El valor de temperatura mínima para el cálculo de los límites de funcionamiento de la instalación se introduce manualmente y el adecuado uso de esta variable depende de que inicialmente se haya verificado su idoneidad.

El cálculo de la Voc máxima que realiza PVSyst a partir de la temperatura mínima introducida, supone el caso extremo, junto con una radiación de 1000 W/m². La combinación temperatura mínima del lugar/radiación máxima no es probable que tenga ocurrencia real.

Actualmente se encuentran disponibles distintas fuentes de datos meteorológicas, bien de carácter público o comercial, que proporcionan valores tanto de radiación como de temperatura ambiente, con una alta resolución temporal, y un amplio histórico de datos. Esto permite obtener un periodo de tiempo representativo con las condiciones específicas del emplazamiento que se desee evaluar.

En base a los datos obtenidos es posible evaluar a qué radiación ocurren los valores mínimos de temperatura y calcular la Voc máxima que se deriva de esta situación, comprobando si bajo una u otra configuración de string se sobrepasa los límites de la tensión máxima admisible de diseño.

5. Procedimiento para el dimensionamiento del número máximo de módulos en serie

La metodología propuesta en el procedimiento alternativo desarrollado (Figura 1) es la siguiente:

En primer lugar, a partir de las coordenadas geográficas del emplazamiento se obtienen, de entre las bases de datos meteorológicas disponibles, los valores de radiación y temperatura, para un periodo de tiempo representativo con una resolución al menos quinceminutal.



Figura 1. Procedimiento de dimensionamiento del número de módulos máximo por string

Como premisa inicial, se selecciona la componente DNI (Direct Normal Irradiance), en su versión “Clear sky”, pues es esta la que representaría el máximo que podría llegar a recibir la superficie de un módulo. Esta selección es solo posible si la variable se encuentra entre los valores de radiación disponibles, y sirve como margen de seguridad, ya que, dado que las medidas acarrearán también cierta incertidumbre, asegura que la selección constituye siempre un máximo.

En este mismo sentido, se considera para el análisis que los registros de temperatura ambiente del emplazamiento sean asimilables a la temperatura mínima que podría alcanzar el módulo.

Para que los datos de los registros históricos sean manejables se realiza un filtrado inicial que seleccione un rango de valores entre los que van a encontrarse los escenarios más desfavorables: por ejemplo, temperaturas menores a 6 °C con una irradiancia mayor a 50 W/m². Este es un criterio que se considera suficiente y conservador al mismo tiempo.

Se observa en la representación gráfica de dichos datos un contorno bordeando la nube de puntos, definido como Envoltura Climática (EC) que constituye los escenarios temperatura-irradiancia más desfavorables acontecidos durante el periodo de tiempo analizado.

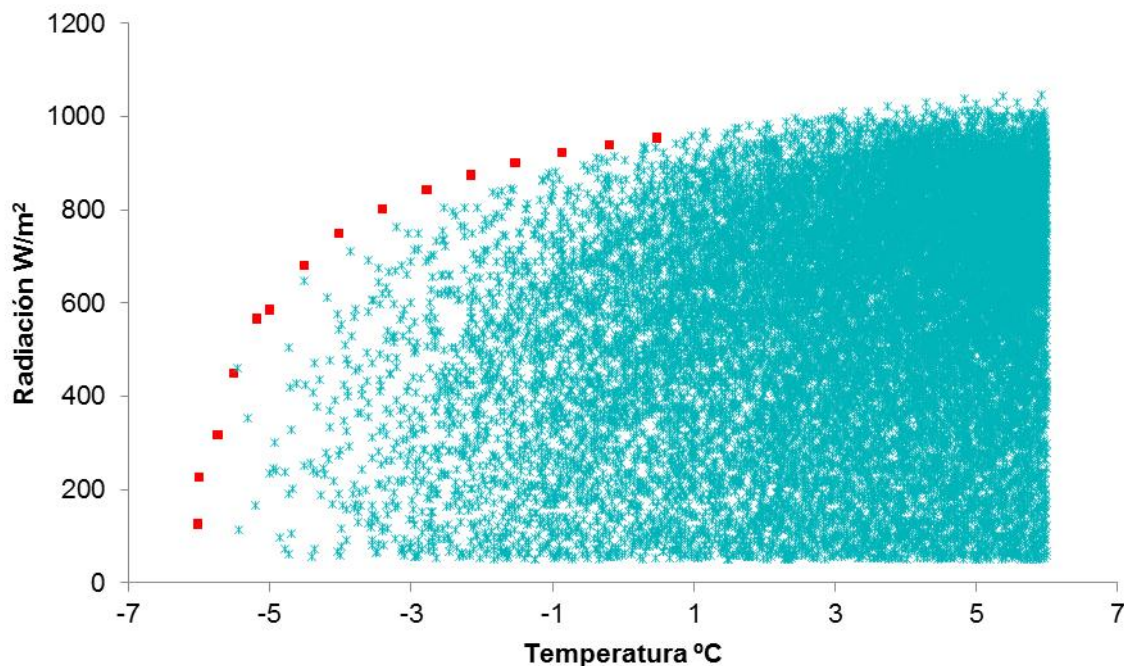


Figura 2. Pares de valores Irradiancia-temperatura que constituyen la Envoltura Climática con los escenarios más desfavorables.

5.1 Aproximación numérica mediante el modelo del “Diodo Simple”

La formulación para la relación entre irradiancia, temperatura y curva característica IV de funcionamiento del módulo no es directa, pues depende de la asimilación del funcionamiento del módulo a un circuito eléctrico y, por tanto, su evaluación se debe calcular mediante una aproximación numérica.

El modelo del “Diodo Simple” es un circuito eléctrico que se asemeja a las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico, por lo que programas de cálculo, entre ellos el PVSystem, lo utilizan para generar las condiciones de trabajo de un módulo teniendo en cuenta sus características técnicas.

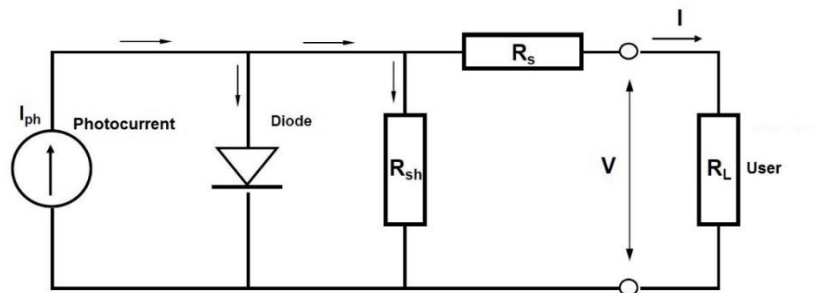


Figura 3. Representación de la célula fotovoltaica según el modelo del «Diodo Simple»

En el procedimiento propuesto (método empírico), en base a las características del módulo a instalar en el emplazamiento, y mediante una aproximación numérica basada en el modelo del “diodo simple”, se calculan los valores de V_{oc} reales que derivarían de cada binomio temperatura-irradiancia de la EC del emplazamiento elegido, verificando que el máximo valor alcanzado con el número de módulos en serie seleccionado no supere la tensión máxima admisible.

Este cálculo sobre un periodo de datos climáticos suficientemente representativo, permite asegurar que bajo las condiciones extremas que se pueden llegar a dar en un emplazamiento la tensión en el string no superaría la máxima admisible. Esta metodología, en lugar de la tradicional, permite en la mayoría de ocasiones, aumentar ligeramente el número de módulos en un mismo string, dando mayor flexibilidad en la configuración de los módulos en el diseño de una planta.

6. Conclusiones

Actualmente se pueden encontrar fuentes de información meteorológica de alta resolución temporal y con un amplio histórico de datos, que permiten, para un emplazamiento determinado, evaluar con garantías los distintos valores de radiación a los que ocurren los valores mínimos de temperatura, generando a partir de éstos unas condiciones de contorno límite o Envoltura Climática (EC) a partir de la cual calcular el valor de V_{oc} máxima alcanzable en una ubicación dada a lo largo del año.

El dimensionado del número máximo de módulos en serie teniendo en cuenta un año típico meteorológico (TMY), presenta limitaciones, dado que está definido a partir de valores promedios/típicos que no representan la existente variabilidad interanual de las condiciones climáticas. No es prudente tomar las temperaturas mínimas de un año típico como límite restrictivo del emplazamiento para criterios de diseño.

El cálculo de V_{oc} realizado a partir de la Envoltura Climática (EC) generada para el emplazamiento constituye un ajuste más realista en el dimensionamiento del número de módulos máximo a instalar en serie, en lugar de la aproximación a 1000 W/m^2 que se realiza mediante el dimensionado tradicional.