

# Configuración Eléctrica del Generador FV en un SFCR

Energía Solar Fotovoltaica

Oscar Perpiñán Lamigueiro

Universidad Politécnica de Madrid

① Configuración Eléctrica del Generador

② Cableado Eléctrico

## Modulos en serie

- El inversor está diseñado para soportar una **tensión máxima en la entrada**. Superarla puede conllevar la avería del equipo.

$$N_{sMAX} = \frac{V_{max,inv}}{V_{ocM}(G = 200 \text{ W m}^{-2}, T_a = -10^\circ\text{C})}$$

- Por otra parte, el algoritmo de **búsqueda del MPP** se realiza en un rango de tensiones limitado. Para evitar pérdidas por trabajar en un punto alejado del MPP, la tensión del generador debe estar dentro de este rango.

$$N_{sMPP}^{min} = \frac{V_{mppMIN}}{V_{mppM}(G_{stc}, T_a = 25^\circ\text{C})}$$

$$N_{sMPP}^{max} = \frac{V_{mppMAX}}{V_{mppM}(G_{stc}, T_a = 25^\circ\text{C})}$$

## Ramas en paralelo

- ▶ El fabricante del inversor elige los componentes para soportar una **corriente máxima admisible**.
- ▶ En general, el inversor es capaz de autoprotegerse ante valores superiores a este umbral desplazando el punto de funcionamiento del generador fuera del MPP.
- ▶ No obstante, el diseñador del sistema debe elegir el número de ramas en paralelo de forma que no se supere este umbral.

$$N_{pMAX} = \frac{I_{max,INV}}{I_{scM}^*}$$

# Configuración del generador

De los cálculos anteriores se obtiene un conjunto de configuraciones del generador que permiten un buen acoplamiento entre inversor y generador.

Para elegir una configuración deben tenerse en cuenta diferentes aspectos:

- ▶ Configuración eléctrica y ubicación física de los módulos en la estructura.
- ▶ Inversión y rendimiento económicos.
- ▶ Espacio disponible.
- ▶ Relación de potencias de generador e inversor.
- ▶ La curva de eficiencia del inversor depende de la tensión de entrada.

# Configuración eléctrica y estructura

- ▶ Es recomendable elegir **series** compuestas por un número de módulos que puedan ser ubicados en una **única hilera de la estructura**.
  - ▶ **Se facilita el trazado del cableado**: la propia estructura puede servir como fijación auxiliar, se evitan cruzamientos indeseados.
  - ▶ **Se minimiza la influencia de las sombras**: es muy frecuente la aparición de sombras entre partes del generador o entre seguidores, sombras de forma rectangular y que comienzan afectando a las partes bajas de la estructura. Al cablear por hileras, las sombras de las hileras bajas no afectan a las hileras inmediatamente superiores.

# Inversión y rendimiento económicos

- ▶ La potencia del generador fotovoltaico está relacionada directamente con la **inversión económica** a realizar.
- ▶ Por otra parte, la relación entre **energía generada** y potencia nominal es aproximadamente lineal, y por tanto, los **ingresos económicos** dependen casi linealmente de la potencia del generador.
- ▶ Por tanto, para decidir la potencia del generador ( $P_g^* = N_s \cdot N_p \cdot P_m^*$ ) debe tenerse en cuenta el capital o financiación disponible, y el rendimiento económico deseado.

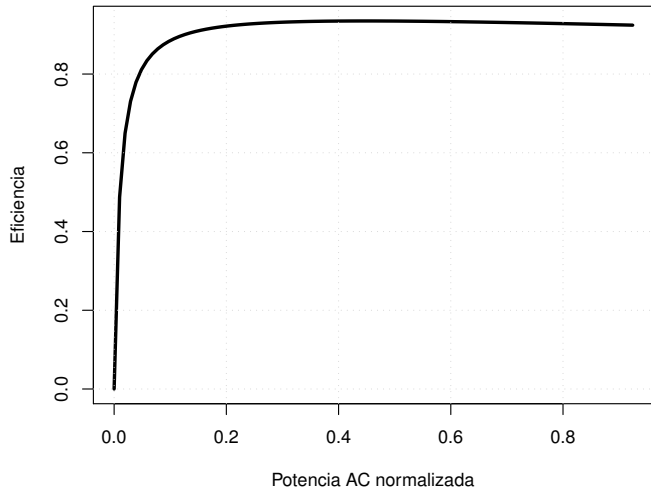
## Terreno ocupado

- ▶ La potencia del generador es proporcional al área del generador y al **terreno ocupado** (que también influye, aunque en menor grado, en el cálculo económico).
- ▶ Por tanto, debe tenerse en cuenta el espacio disponible (o el coste que se pretende asumir por el uso de terreno).



## Relación de potencias entre generador e inversor

Dado que la potencia entregada por el generador varía con las condiciones meteorológicas, el inversor trabajará en diferentes zonas de su curva de eficiencia.



## Relación de potencias entre generador e inversor

- ▶ Por tanto, una de las preguntas a responder es **que relación debe existir entre la potencia del generador FV y el inversor.**

$$F_{DI} = P_g^* / P_{inv}$$

- ▶ Si esta relación es alta, el inversor trabajará con frecuencia en la región de alta eficiencia, pero a cambio es posible que deba limitar la potencia del generador para evitar superar su umbral de corriente admisible.

## Relación de potencias entre generador e inversor

- ▶ Según el **tipo de sistema** (estático, seguimiento) se debe elegir una relación de potencias de generador e inversor.
- ▶ En **sistemas de seguimiento** esta probabilidad suele ser alta. Se recomiendan inversores de potencia similar a la del generador ( $P_g^*/P_{inv} \in [1; 1.2]$ )
- ▶ No obstante, es posible demostrar que el valor de esta relación no es tan crítico como **elegir un inversor con buena curva de eficiencia.**

① Configuración Eléctrica del Generador

② Cableado Eléctrico

# Características básicas

- ▶ Criterio de caída de tensión.
- ▶ Comprobar intensidad máxima admisible.
- ▶ En sistemas de gran tamaño reducir bucles.

## Criterio de Caída de Tensión

- ▶ En primer lugar se calculan las secciones mediante el criterio de caída de tensión (RBT ITC-BT-07):

$$S_{dc} = \frac{2 \cdot L_{dc} \cdot I_{dc}}{\gamma_{\theta} \cdot \Delta V_{dc}}$$

$$S_{1ac} = \frac{2 \cdot L_{1ac} \cdot I_{1ac}}{\gamma_{\theta} \cdot \Delta V_{1ac}}$$

$$S_{3ac} = \frac{\sqrt{3} \cdot L_{3ac} \cdot I_{3ac}}{\gamma_{\theta} \cdot \Delta V_{3ac}}$$

- ▶ La conductividad del cable,  $\gamma_{\theta}$ , depende del material y de la temperatura de operación. Por ejemplo, el cobre:
  - ▶  $\gamma_{20} = 58 \text{ m}\Omega^{-1} \text{ mm}^{-2}$
  - ▶  $\gamma_{70} = 48 \text{ m}\Omega^{-1} \text{ mm}^{-2}$ .

# Criterio de Caída de Tensión

- ▶ Según el apartado 5 de la ITC-BT-40, se exige una caída máxima de tensión 1,5 % de la tensión nominal.
- ▶ Para aplicar correctamente este porcentaje es importante caer en la cuenta de que **cada zona (DC y AC) tiene su propia tensión nominal.**

## Ejemplo

- ▶ En una instalación que conduce 75 A a la salida de un inversor trifásico, situado este a 100 m de la conexión a red, se deberá utilizar un cable de sección (teniendo en cuenta que  $\gamma_{70} = 48 \text{ m } \Omega^{-1} \text{ mm}^{-2}$ ).

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 75}{48 \cdot 1,5 \% \cdot 400} = 45,46 \text{ mm}^2$$

- ▶ Dado que la sección de los cables está normalizada, se deberá optar por la sección inmediatamente superior, y por tanto la conexión del inversor a la red se realizará con tres cables de sección  $S = 50 \text{ mm}^2$ .



## Intensidad Máxima Admisible

- ▶ Con este resultado, es necesario comprobar que la intensidad de diseño es inferior a la intensidad máxima admisible del cable para sus condiciones de servicio, según las tablas de la ITC-BT-07.
- ▶ No obstante, las secciones que resultan del criterio de caída de tensión aplicado a los sistemas fotovoltaicos habitualmente son sobradamente capaces de conducir la corriente del sistema.

## Continua vs. Alterna

Suponiendo que en una planta con varios inversores trifásicos existe la posibilidad de ubicar los inversores debajo del generador FV (*distribución en alterna*) o en un centro específico junto al punto de conexión a red (*distribución en continua*), **¿cuál es la tensión de trabajo en continua que permite optar por una distribución en continua?**

Se puede demostrar que para tensiones de generador  $V_{mpp} \geq 473 \text{ V}$ , la distribución en continua es preferible a la distribución en alterna desde el punto de vista de masa de conductor necesario.