

Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

Diseño

Oscar Perpiñán Lamigueiro
<http://oscarperpinan.github.io>

Dimensionado del
SFA

Consumo

Dimensionado del SFA

Consumo

- ▶ El dimensionado de un SFA consiste en **decidir el tamaño del generador fotovoltaico y acumulador** que serán capaces de **proporcionar la energía requerida** por una determinada carga a partir de la **radiación disponible** en la zona.
- ▶ Debido al comportamiento aleatorio tanto de la radiación como del consumo, la **probabilidad de fallo no es nula**.
- ▶ La solución es un compromiso entre el coste y la fiabilidad del sistema.

Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

Consumo: L

Probabilidad de pérdida de carga: relación entre la energía que no puede suministrar el sistema fotovoltaico y la energía solicitada por la carga durante todo el período de funcionamiento.

$$LLP = \frac{E_{def}}{L}$$

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

Capacidades normalizadas

Capacidad del generador: relación entre los valores medios de la energía que puede producir el generador y la energía consumida por la carga.

$$C_A = \frac{\eta_G \cdot A_G \cdot \overline{G_d}(\beta, \alpha)}{L}$$

Capacidad de acumulación: relación entre la capacidad útil del acumulador y la energía consumida por la carga.

$$C_s = \frac{C_U}{L} = \frac{C_B \cdot PD_{max}}{L}$$

Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

La tarea de dimensionar un sistema fotovoltaico consiste en encontrar la mejor solución de compromiso entre coste y fiabilidad.

- ▶ Diferentes valores de (C_A, C_S) pueden conducir al mismo valor de LLP .
- ▶ Cuanto mayor es el sistema, mayor es la fiabilidad, pero mayor es el coste.

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

Generador grande, acumulador pequeño

Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ La **combinación de C_A alta y C_S baja** conduce a ciclados diarios con descargas profundas y ciclados estacionales cortos.
 - ▶ Las descargas profundas y frecuentes son perjudiciales para la batería,
 - ▶ La corta longitud de los ciclados estacionales es beneficiosa.
 - ▶ La estratificación será fácilmente compensable con sobrecargas controladas aplicando el mantenimiento adecuado.

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

Generador pequeño, acumulador grande

Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- ▶ La **combinación de C_A baja y C_S alta** conduce a ciclados diarios con descargas moderadas y ciclados estacionales largos.
 - ▶ La baja profundidad de descarga es beneficiosa para la batería,
 - ▶ La longitud de los ciclados estacionales puede favorecer la sulfatación y la estratificación.
 - ▶ Dado el tamaño relativo del generador frente al acumulador, la frecuencia de sobrecargas será baja y la estratificación no será tan fácilmente compensada.

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado
Configuración de generador
y batería

Consumo

- ▶ Cuando *LLP* es muy alta (p.e. radioenlaces) o la demanda es muy elevada (poblados) el generador y acumulador serán excesivamente grandes.
- ▶ Es habitual incluir un grupo electrógeno que suministra la energía deficitaria y permite reducir el tamaño del SFA.
- ▶ Sinergia:
 - ▶ El grupo electrógeno reduce el tamaño del generador FV y el acumulador sin reducir fiabilidad.
 - ▶ El generador fotovoltaico reduce horas de funcionamiento del grupo: gasto en combustible y mantenimiento.

Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

Métodos de dimensionado

Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Método del LLP

A partir de simulaciones o de curvas de isofiabilidad, establece los valores de C_A y C_S para un consumo determinado.

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

Método del mes peor

- ▶ Determina el tamaño de batería y generador para abastecer el consumo durante el mes con peor relación entre radiación y consumo.
- ▶ Si el consumo es constante, el mes peor es aquel de menor radiación.
- ▶ Recomendaciones de expertos según zona geográfica y aplicación (tipología de consumo).

Método del LLP

Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

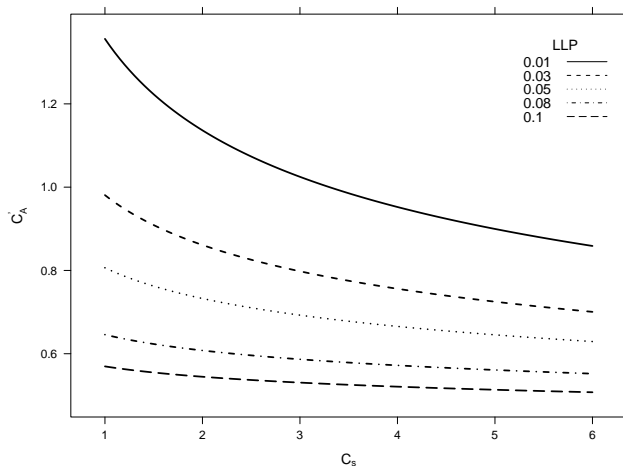
Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

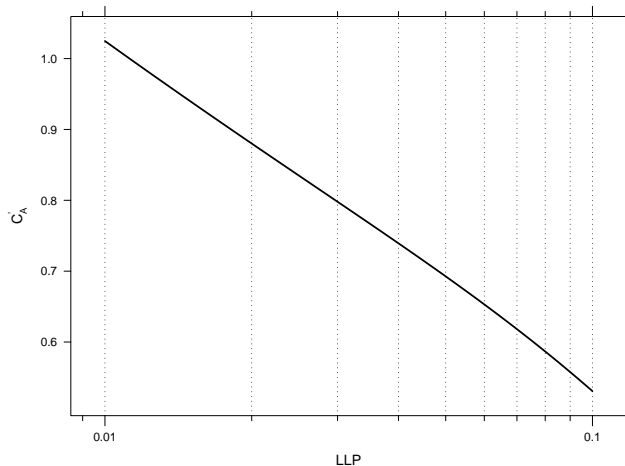
Configuración de generador
y batería

Consumo



Relación entre tamaño de generador y LLP

► $C_s = 3$



Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

Método de LLP

- ▶ Este proceso de cálculo se apoya en series de valores de radiación solar que reproducen el comportamiento estadístico de la irradiación.
- ▶ La predicción del comportamiento del sistema limitada por la incertidumbre asociada.
- ▶ Los ejercicios de cálculo para probabilidades de pérdida de carga inferiores a $LLP = 10^{-2}$ carecen de utilidad.

Recordatorio

«[...] los modelos de simulación muy exactos pueden proporcionar números también muy exactos, pero ello no significa que se traduzcan automáticamente en predicciones también muy exactas.»

Método del mes peor

Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

Valores según el UTS for SHS

- ▶ Electrificación rural:
 - ▶ $C_A = 1.1$
 - ▶ $3 \leq C_S \leq 5$
- ▶ Aplicaciones profesionales:
 - ▶ $1.2 \leq C_A \leq 1.3$
 - ▶ $5 \leq C_S \leq 8$

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

Dimensionado del SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador y batería

Consumo

Configuración de generador y batería

Sistemas
Fotovoltaicos
Autónomos

Oscar Perpiñán
Lamigueiro
[http://
oscarperpinan.
github.io](http://oscarperpinan.github.io)

- Una vez elegidos los valores de C_A y C_S , se deben configurar el generador y batería de acuerdo a las tensiones de trabajo.
- En general, la batería impone la tensión de trabajo (no hay buscador de MPP). Supondremos $V_{mpp} \simeq V_b$
- Carga en Ah

$$Q_L = L/V_b$$

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

- Capacidad en Ah (es recomendable no usar baterías en paralelo)

$$Q_B = \frac{C_S \cdot Q_L}{PD}$$

- Hay que elegir el número de vasos en serie adecuados a V_b

Dimensionado del
SFA

Nomenclatura

Objetivo

Ejemplos

Métodos de dimensionado

Configuración de generador
y batería

Consumo

- Capacidad del generador

$$C_A = \frac{\eta_G \cdot A_G \cdot \overline{G_d}(\beta, \alpha)}{Q_L \cdot V_b}$$

- Corriente de funcionamiento (determina número de ramas)

$$I_g^* \cdot V_b = \eta_G \cdot A_G \cdot G_{stc}$$
$$I_g^* = \frac{C_A \cdot Q_L \cdot G_{stc}}{\overline{G_d}(\beta, \alpha)}$$

- Hay que elegir el número de módulos en serie adecuados a V_b

Dimensionado del SFA

Consumo

Dimensionado del SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

- Energía total requerida por las cargas

$$L_T = \frac{L_{dc}}{\eta_r} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}}$$

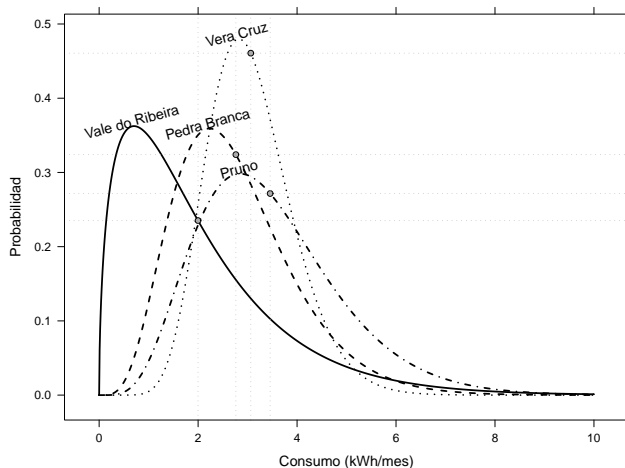
- Energía producida por el generador

$$L = \frac{L_T}{\eta_{bat} \cdot \eta_c}$$

Como valores orientativos pueden utilizarse

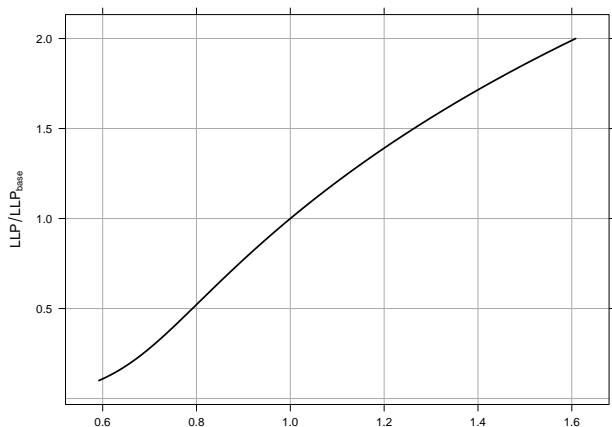
$\eta_{inv} = 0.9$, $\eta_r = 0.95$, $\eta_{bat} = 0.85$ y $\eta_c = 0.98$.

Estimación del consumo



Relación entre el consumo y la fiabilidad

- ▶ La variación en el consumo se amplifica en la variación de la LLP.
- ▶ Diseño robusto: funcionamiento en amplio abanico de condiciones (ambientales y humanas).



Dimensionado del SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

120 Wh/día

- ▶ Iluminación
- ▶ Radio
- ▶ TV b/n,
- ▶ Sin frigorífico

Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$
$$3 \leq C_s \leq 5$$

Dimensionado del
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

250 Wh/día

- ▶ Iluminación
- ▶ Radio
- ▶ TV color
- ▶ Sin frigorífico

Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$
$$3 \leq C_s \leq 5$$

Dimensionado del
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

1000 Wh/día

- ▶ Iluminación
- ▶ radio
- ▶ TV color
- ▶ Con frigorífico eficiente

Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$

$$C_S = 5$$

Dimensionado del
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo

- ▶ Todo AC
- ▶ 500 Wh/día por vivienda.

Valores recomendados

$$C_A = 1.1$$

$$C_S = 5$$

Dimensionado del
SFA

Consumo

Estimación del consumo

Escenarios de Consumo