



**RED**  
ELÉCTRICA  
DE ESPAÑA

**REQUISITOS DE LOS MODELOS  
DE INSTALACIONES EÓLICAS,  
FOTOVOLTÁICAS Y TODAS  
AQUELLAS QUE NO UTILICEN  
GENERADORES SINCRONOS  
DIRECTAMENTE CONECTADOS  
A LA RED**

**Agosto 2018**

**Versión 3**





## 1. Introducción

El titular de una instalación de generación que de acuerdo al vigente P.O.9 “Información intercambiada por el operador del sistema” deba proporcionar al operador del sistema un modelo que represente el comportamiento dinámico de la instalación frente a perturbaciones en el sistema eléctrico, deberá hacerlo preferentemente mediante modelos perteneciente a la lista de modelos admitidos publicada en documento de título “Listado de modelos dinámicos admitidos por el operador del sistema” a requerimiento del P.O.9, de forma que mediante una adecuada elección de los parámetros refleje el comportamiento dinámico de la planta en cuestión.

En el caso de que algún elemento de la instalación de generación no permita la representación adecuada de su comportamiento dinámico a través de ningún modelo de la lista publicada por el operador del sistema, el titular de la misma podrá proporcionar un modelo específico de los denominados como “escritos por el usuario” o “de usuario”. No obstante, la aceptación final de esta opción por parte del operador del sistema estará sujeta a la debida justificación técnica de que el comportamiento dinámico de la planta realmente no pueda ser representado por un modelo de la lista antes indicada.

## 2. Objeto

El presente documento describe los requisitos y condiciones que deben reunir los modelos dinámicos de usuario de cargas y que, por lo tanto, no estén incluidos en la lista de modelos admitidos por el operador del sistema.

Los modelos serán aportados como código fuente abierto en lenguaje FLECS o en lenguaje FORTRAN estándar, y serán compatibles con PSS/E (herramienta de simulación del sistema eléctrico utilizada por el operador de sistema), garantizándose el correcto funcionamiento del modelo con independencia del compilador utilizado y de la versión de PSS/E. Se deberán incluir en la documentación aportada las instrucciones precisas para la correcta compilación de los modelos proporcionados. Dichos modelos estarán sujetos a las condiciones de confidencialidad de la información establecida en el P.O.9 y deberán cumplir con las condiciones indicadas en los epígrafes siguientes.

## 3. Características a representar en el modelo dinámico

El modelo del generador individual (generador asíncrono, doblemente alimentado, de conversión total de potencia conocido en inglés como «full converter», inversor, etc) o el de la instalación completa (representada con uno o varios modelos agregados de generadores individuales de una misma tecnología), debe describir el comportamiento dinámico de la instalación desde el punto de vista del sistema eléctrico al que se conecta ante cualquier perturbación en el mismo.

El modelado del comportamiento dinámico considerará al menos los siguientes elementos:

- a) Generador, inversor, etc: deberá proporcionar la respuesta dinámica de al menos las siguiente variables: la potencia activa y reactiva, la tensión compleja en bornas de máquina (módulo y ángulo).
- b) Turbina y tren mecánico en su caso, considerando como mínimo un modelo de dos masas (inercia de la turbina, inercia del generador y un eje caracterizado por su amortiguamiento y su rigidez). Deberá proporcionar la respuesta dinámica de la potencia mecánica y la velocidad angular del tren mecánico.
- c) Controles eléctricos y/o mecánicos que consideren las relaciones físicas entre la fuente de energía primaria y la variable que controla su aprovechamiento dinámico. Por ejemplo, en el caso de eólicos sería el control de paso de pala que establece la relación velocidad de la punta de la pala y ángulo de la misma.



d) Los controles y reguladores en general que actúen sobre las variables eléctricas en función de tensión y/o de la frecuencia (corriente activa y reactiva, potencia activa y reactiva) tanto durante el régimen perturbado como en el régimen cuasi estacionario durante la estabilización al final de la perturbación. Se considerarán asimismo, los sistemas de control de la electrónica de potencia en su caso.

e) En su caso, las compensaciones estáticas o dinámicas de energía reactiva o de cualquier otra naturaleza que altere las respuestas de la instalación en su conjunto independiente de que se ubiquen en bornes de máquina o a nivel de la instalación en su conjunto.

En general, los modelos deberán considerar todas las dinámicas implicadas (mecánicas y eléctricas) de los elementos arriba indicados, u otros no indicados, con influencia en el sistema eléctrico, en concreto, se considerarán todas aquellas dinámicas cuyas constantes de tiempo sean mayores de 5 ms. Los procesos internos sin ningún tipo de influencia en el sistema eléctrico pueden simplificarse y, en particular, se despreciarán aquellos procesos con una constante de tiempo igual o inferior a 5 ms. Consecuentemente, todas las constantes de tiempo del modelo deben ser superiores a 5 ms.

En el caso de que la instalación de generación no disponga de controles de nivel jerárquico superior que regulen aspectos del comportamiento dinámico de la instalación a nivel de planta gestionando las respuestas de las diferentes unidades de generación constituyentes, el modelado se realizará mediante un único modelo agregado de todas las unidades de generación constituyentes. Se tendrá en consideración que el transformador de evacuación y/o resto de instalaciones de enlace hasta el punto de conexión a la red serán tenidos en cuenta por el operador del sistema a partir de la información estructural entregada en cumplimiento del P.O. 9, por lo que no se incluirán en el modelo de la instalación de generación.

En caso contrario, es decir, si la instalación de generación dispone de controles de nivel jerárquico superior a nivel de planta, el modelado deberá cumplir los siguientes requisitos adicionales:

- Dichos controles a nivel de planta, deberán ser considerados en uno o varios modelos separados, (por ejemplo en su caso, regulación potencia-frecuencia y/o regulación de tensión).
- El resto de controles y dinámicas a nivel de unidad de generación se modelarán en un único modelo agregado de todas las unidades de generación constituyentes.
- El modelo o modelos de los controles a nivel de planta en su caso, deberá gestionar convenientemente la respuesta correspondiente del modelo agregado de las unidades de generación constituyentes.

Adicionalmente, se deberán modelar los relés de protección cuya actuación pueda desconectar la instalación, total o parcialmente, o pueda modificar su comportamiento desde el punto de vista del sistema eléctrico durante las perturbaciones. Para tal cometido, se utilizarán modelos de la lista de modelos admitidos por el operador del sistema. En los casos justificados en los que las protecciones no queden bien representadas por modelos de dicha lista, se otorga la posibilidad de integrarlos en alguno de los elementos antes descritos o la posibilidad de remitir modelos de usuario independientes estando la aceptación final de esta opción sujeta a la debida justificación técnica. En tal caso, dichos modelos de usuario estarán sujetos a los requisitos de software y condiciones de aceptación indicadas en los apartados siguientes.

## 4. Requisitos de Software

El principal objetivo es que el modelo de la instalación de generación tenga la misma flexibilidad y tratamiento que cualquier otro modelo estándar de la librería del software PSS/E. Para lograrlo, los modelos de usuario deben cumplir una serie de requisitos:



- Antes de realizar simulaciones dinámicas, el escenario (representado por un caso de PSS/E tanto en su parte estática como dinámica, que incluye a todos los modelos dinámicos considerados) debe estar correctamente inicializado con el fin de asegurar el comportamiento adecuado de todos los modelos dinámicos que participan en el caso y tener un inicio plano de todas las variables (derivadas temporales nulas). Los datos necesarios para la inicialización de los modelos serán los correspondientes al estado eléctrico inicial del nudo de PSS/E donde la instalación esté modelada: la potencia activa y reactiva suministrada por la instalación y la tensión compleja del nudo de PSS/E. Estos datos serán suficientes para inicializar todas las variables del modelo dinámico de modo que:
  - o La tensión de consigna o el factor de potencia se tomará directamente del escenario de régimen permanente inicial (representado por un caso de PSS/E). No se permitirá, por tanto, la necesidad de ejecución de macros previas. Para elegir el tipo de control de tensión (consigna de tensión, de potencia reactiva o de factor de potencia) la opción más idónea es el uso de parámetros lógicos en el archivo de entrada de datos dinámicos.
  - o Del mismo modo, la potencia activa se tomará directamente del régimen permanente inicial (representado por un caso de PSS/E). No se permitirá, por tanto, la necesidad de ejecución de macros previas.
  - o Todas las variables de estado del modelo estarán correctamente inicializadas (con sus respectivas derivadas temporales nulas) antes de empezar la simulación. Por lo tanto, no se acepta la obligación de ejecutar la simulación durante un periodo de tiempo específico previo a la simulación de la perturbación para lograr la inicialización del modelo.
- Ningún modelo generará llamadas en las rutinas de conexión CONET/CONET de PSS/E, para lo cual se podrá hacer uso del formato de modelo CCT de PSS/E que resuelve esta problemática en su caso.
- La utilización del modelo debe ser independiente del nivel de tensión donde se ubique. Por tanto es necesario que el modelo se programe en valores unitarios.
- Cada modelo aportará las variables de entrada y salida en las unidades correspondientes utilizadas por defecto en el software PSS/E.
- La utilización del modelo debe ser independiente del código del bus (nudo de PSS/E) donde se ubique y del identificador de máquina que se le asigne.
- La utilización del modelo debe ser independiente del resto de elementos que se modelen en un caso de PSS/E, en consecuencia no se aceptarán modelos que, por ejemplo, requieran parámetros dependientes de la asignaciones de índices de matrices ICON, CONS, VAR, o STATES dado que variarán en función de los elementos acoplados y/o modelados en una caso de PSS/E.
- El modelado deberá estar capacitado para escribir mensajes estándar de PSS/E en el fichero de salida de la simulación. Como mínimo se utilizarán los mensajes que proporciona la instrucción GENTRP, como en este ejemplo:

**"MACHINE 1 AT BUS 999 [BUS\_test 20.000] TRIPPED AT TIME = 0.2760"**

Dicha instrucción GENTRP se utilizará cuando un modelo ordene la desconexión de la instalación de generación. Además, al utilizar la instrucción GENTRP se facilitará un mensaje adicional con el fin de informar sobre la causa de dicha desconexión (mínima tensión, pérdida de sincronismo, sobrevelocidad, etc.).

En el caso de que se haya ordenado la desconexión de la instalación de generación, se deberá actuar consecuentemente deteniendo las salidas de los diferentes modelos de controles segregados en su caso.



- Las operaciones de lectura/escritura en el disco duro durante el proceso de simulación no están permitidas. Sólo se aceptarán durante el proceso de inicialización. Esto es necesario para no aumentar el tiempo de ejecución en caso de simulaciones masivas con una gran cantidad de modelos dinámicos.
- El modelo debe estar completamente documentado. La documentación debe describir con detalle la estructura del modelo, las entradas y salidas, así como especificar cómo se debe preparar y usar el modelo. Adicionalmente, la documentación deberá incluir el diagrama de bloques y la tabla de parámetros con el mismo estilo y formato que el utilizado por los modelos estándar de librería de PSS/E.
- En caso de que el modelo aportado actualice alguno de los modelos aportados anteriormente para otras instalaciones, el fabricante proporcionará la actualización de los parámetros correspondientes a las instalaciones que utilicen versiones obsoletas de dicho modelo, en la medida de lo posible.
- La representación dinámica de la instalación se realizará mediante un único modelo de usuario, no obstante, en aquellos casos justificados, el operador del sistema evaluará la aceptabilidad de más de un modelo para el conjunto de la instalación.

## 5. Aceptación del modelo

- Las condiciones de validación y aceptación del modelo se encuentran redactadas en el documento al efecto denominado "*Condiciones de Validación y Aceptación de los Modelos*" editado por el operador del sistema a requerimiento del vigente P.O.9.