

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ACUERDO No. 552
Octubre 6 de 2011

Por el cual se establecen los requerimientos para los modelos, pruebas y ajustes de los controles de excitación, velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN y se definen las pautas para el desarrollo de un plan piloto en algunas unidades del SIN

El Consejo Nacional de Operación en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas en el Artículo 36 de la Ley 143 de 1994, el Anexo General de la Resolución CREG 025 de 1995, su Reglamento Interno, y según lo acordado en la reunión No. 352 del 6 de octubre de 2011 y,

CONSIDERANDO

1. Que se requiere disponer de una base de datos actualizada y confiable que incluya la información validada de los modelos que representan la dinámica de las unidades de generación y sus controles asociados, con el fin de realizar los análisis que contribuyan a una operación segura y confiable del SIN.
2. Que el Anexo CO2 de la Resolución CREG 025 de 1995 en su numeral 3, establece entre otros, que los agentes generadores deben reportar al CND los modelos que representan los siguientes sistemas: Sistema de Excitación, Estabilizador de Potencia, Gobernador de Velocidad y Turbina.
3. Que el Código de Operación en el numeral 7.6 establece que: *"El CND en cualquier momento puede solicitar a cualquier empresa generadora que certifique los parámetros utilizados en el Planeamiento Operativo con el fin de demostrar que cumple con los declarados"*.
4. Que de acuerdo con lo establecido en el numeral 13.1 del Código de Conexión, los generadores deben proveer control de tensión y potencia reactiva, control de frecuencia mediante regulador de velocidad, estabilización de potencia y regulación secundaria de frecuencia con AGC.
5. Que los reguladores de velocidad/potencia, los sistemas de excitación y Estabilizadores de Sistemas de Potencia, son determinantes en la estabilidad del SIN.
6. Que el Acuerdo 526 de 2011 define los tipos de pruebas para las plantas o unidades de generación que están autorizadas para desviarse, entre los que se encuentra: Sistemas Estabilizadores de Potencia -PSS-, Ajuste y/o Verificación de Regulador de velocidad de Turbina y Ajuste y verificación del Regulador de Voltaje o Tensión.
7. Que el Grupo de Controles de Generación - GCG - dependiente del Subcomité de Estudios Eléctricos, tiene entre sus objetivos unificar criterios y desarrollar recomendaciones técnicas que permitan atender las necesidades que se presenten relacionadas con el tema de control de generación.
8. Que el GCG en su reunión del 10 de junio de 2011, consideró necesario adelantar los trabajos requeridos para la obtención de los modelos validados de

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

los controles de generación y contribuir con un planeamiento adecuado que considere las necesidades sistémicas presentes y futuras del SIN, buscando las mejores condiciones de estabilidad del mismo.

9. Que en la reunión del 26 de agosto del 2011, el GCG identificó la necesidad de realizar un plan de pruebas piloto en algunas plantas del SIN que permita definir e implementar las mejores prácticas en el proceso de modelado y validación de los sistemas de control asociados a las unidades de generación.

10. Que el Subcomité de Estudios Eléctricos en su reunión 189 del 22 de septiembre de 2011 dio su concepto favorable al presente Acuerdo.

11. Que el Comité de Operación en su reunión 217 del 29 de septiembre de 2011 recomendó al Consejo Nacional de Operación la expedición del presente Acuerdo.

ACUERDA

PRIMERO. Integrar un grupo de plantas hidráulicas y térmicas, en las cuales se lleve a cabo una fase inicial de pruebas de campo (pruebas piloto) que cuente con la asesoría de diferentes expertos, con el fin de identificar las mejores prácticas en la obtención y validación de los modelos de los controles de generación y reajuste de los mismos en caso de ser necesario, además de posibilitar y servir para la capacitación del sector eléctrico sobre el tema mencionado.

SEGUNDO. Las unidades sujetas a las pruebas piloto corresponden a las siguientes plantas: San Carlos, Guatapé, Guavio, Alto Anchicayá, Chivor y Termocentro.

TERCERO. Las pruebas piloto deberán ser realizadas a más tardar el 30 de Junio de 2012. Los resultados de las pruebas deberán ser presentados al Grupo de Controles de Generación (GCG) a más tardar un (1) mes después de la fecha de finalización de las pruebas en cada una de las plantas.

CUARTO. Los agentes generadores deberán verificar que los modelos validados de los controles de generación asociados a sus plantas sean estables para el modo normal de operación (por ejemplo, modo potencia, modo frecuencia) teniendo en cuenta que las unidades de generación están sincronizadas a la red, en diferentes condiciones operativas (máxima, media y mínima generación). Para las unidades hidráulicas debe verificarse también la estabilidad en el modo de control por potencia simulando la operación de la unidad en red aislada en su modo normal de operación ya sea considerando la unidad interconectada o utilizando un modelo validado que simule su operación en red aislada. Cualquiera sea la prueba que se realice, se deben presentar los resultados de las pruebas realizadas al CND, para verificar la estabilidad de las unidades simulando su operación en red aislada y considerando que se encuentran sincronizadas a la red.

Al contarse con modelos validados que reflejan el comportamiento de los controles de generación, la estabilidad de los mismos modelos reflejará la

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

estabilidad de los componentes modelados. Definiéndose la estabilidad y los criterios para calificarla, de acuerdo con lo establecido en el Anexo 1 del presente Acuerdo, el cual hace parte integral del mismo, el cual, en caso de requerir modificaciones, deberá ser aprobado por el Grupo de Controles de Generación.

QUINTO. Las unidades hidráulicas y térmicas despachadas centralmente que entren en operación comercial en fecha posterior a la vigencia de este Acuerdo, deberán reportar al CND los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación¹, a más tardar 90 días calendario después de su fecha de entrada en operación comercial.

En el evento que el agente no pueda cumplir con el plazo anterior, deberá solicitar la aprobación de la prórroga del mismo y presentar la justificación técnica de tal situación ante el Subcomité de Estudios Eléctricos y el Comité de Operación, los cuales recomendarán o no al CNO la aprobación de la solicitud de prórroga mediante Acuerdo.

SEXTO. Se define como plazo máximo hasta el 30 de Julio de 2013, para que los generadores suministren al CND los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación¹ de: San Carlos, Miel, Guavio, Paraíso, La Guaca, Guatapé, Porce 2, Porce 3, Chivor, Alto Anchicayá, Urrá, Termotasajero, unidades con turbinas de combustión de Tebsa y Flores I. Estas unidades fueron seleccionadas por el GCG teniendo en cuenta su influencia dinámica en el SIN. A partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Acuerdo, los agentes generadores definirán un cronograma de trabajo para la entrega de los modelos validados, el cual será coordinado en el Grupo de Controles de Generación, y deberá estar sujeto al plazo máximo establecido en el presente artículo.

En caso que el agente no pueda cumplir con el plazo anterior, deberá solicitar la aprobación de la prórroga del mismo y presentar la justificación técnica de tal situación ante el Subcomité de Estudios Eléctricos y el Comité de Operación, los cuales recomendarán o no al CNO la aprobación de la solicitud de prórroga mediante Acuerdo.

SÉPTIMO. Se define como plazo máximo hasta el 30 de diciembre de 2013, para que las unidades hidráulicas existentes, no mencionadas en el artículo sexto del presente Acuerdo y con capacidad igual o superior a 30 MW, suministren al CND los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación¹.

OCTAVO. Se define como plazo máximo hasta el 30 diciembre de 2013, para que las plantas térmicas existentes a partir de 250 MW, plantas en ciclo combinado o plantas que cuenten con unidades térmicas a partir de 100 MW, y que no están

¹ Los modelos validados requeridos corresponden a: Regulador de Velocidad/potencia, Sistema de Excitación, y Estabilizador del Sistema de Potencia asociado.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

mencionadas en el artículo sexto del presente Acuerdo, suministren al CND los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación¹.

NOVENO. Los generadores deberán actualizar y enviar al CND la información de los modelos validados:

- En un tiempo no mayor a 30 días calendario después de que una unidad tenga un cambio en un control de generación (estabilizador del sistema de potencia, sistema de excitación y/o regulador de velocidad/potencia).
- Al menos una vez cada 5 años.

Los agentes generadores deberán presentar los resultados del proceso de validación ante el Subcomité de Estudios Eléctricos.

DÉCIMO. El CND deberá verificar que los modelos entregados por el agente generador estén correctamente validados.

- Para las plantas que entren en operación comercial en fecha posterior a la vigencia del presente Acuerdo, esta verificación se hará antes de 60 días calendario después de haber recibido la información de los modelos validados.
- Para las plantas existentes se realizará la verificación en un plazo máximo de 180 días calendario después de haber recibido la información de los modelos validados por parte del agente generador.

Para determinar si los modelos están correctamente validados, el CND verificará que las pruebas que resulten necesarias para determinar la validez del modelo, fueron realizadas y que existe correspondencia entre las curvas comparativas reportadas del sistema real con las obtenidas con el modelo validado, teniendo en cuenta los índices de evaluación que se definen para estas curvas en el Anexo 2 del presente Acuerdo, el cual hace parte integral del mismo.

Para cumplir con los requerimientos de los modelos validados, el agente generador debe realizar pruebas de validación en las que se pueda contrarrestar la respuesta del sistema real con la simulada con el modelo obtenido. En el Anexo 3 del presente Acuerdo, que hace parte integral del mismo, se presenta una guía con pruebas recomendadas que pueden ser realizadas para verificar la validez de los modelos de los controles de generación.

Independientemente de las pruebas que se realicen, las mismas deben desarrollarse con la unidad operando en el mínimo técnico, en un valor intermedio y en su valor máximo y deben considerarse perturbaciones en las que se exciten las dinámicas lineales y no lineales de los equipos modelados. Asimismo, al comparar las curvas correspondientes al sistema real con las del sistema simulado utilizando los modelos obtenidos, se debe verificar la coherencia en al menos las siguientes variables:

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

- **Sistema de Excitación:** Señal de referencia de voltaje, voltaje en terminales del generador y el voltaje de campo del generador (voltaje de campo de la excitatriz y la corriente de campo para las unidades sin escobillas).
- **Regulador de velocidad/Potencia:** Señal de referencia de velocidad/potencia, frecuencia, velocidad de la unidad de generación y potencia activa del generador, apertura de agujas o de distribuidor (unidades hidráulicas) y apertura de válvulas (unidades térmicas).
- **Estabilizador del Sistema de Potencia:** Potencia reactiva del generador, voltaje en terminales del generador, señal de salida y señal(es) de entrada al estabilizador del sistema de potencia.

Para cada una de las pruebas realizadas se deben tomar mínimo 10 muestras por segundo hasta que se logre la estabilización de la señal.

Los riesgos asociados a las pruebas por daño a equipos, animales o personas, serán asumidos por los agentes generadores, quienes deberán hacer la gestión correspondiente con los fabricantes, en caso de ser necesaria su ayuda, para garantizar el éxito y seguridad de las pruebas.

En el Anexo 4 del presente Acuerdo, que hace parte integral del mismo, se presenta el formato para entrega de los modelos validados de los controles de generación.

DÉCIMO PRIMERO. El CND deberá revisar los modelos validados de los controles de generación a los que hace referencia el presente Acuerdo, en un plazo máximo de 30 días calendario, contados a partir de la fecha de entrega de esta información por parte de los agentes generadores. Esta revisión que se realizará utilizando las herramientas de simulación disponibles, incluirá la verificación de la estabilidad de los modelos. En caso de presentarse diferencias entre la respuesta del modelo suministrado y el comportamiento real, teniendo en cuenta los requerimientos considerados en el Anexo 2 del presente Acuerdo, el CND notificará al agente para sus respectivas correcciones.

Para presentar nuevamente el modelo validado y estable, el agente tendrá un plazo de 60 días calendario contados a partir de la notificación del CND. Si este último reporte no cumple con los criterios establecidos y no existe una justificación técnica adecuada, el CND informará tal situación al CNO.

El CND de común acuerdo con el agente, podrá solicitar nuevamente pruebas de validación al agente, cuando se presenten condiciones dinámicas del sistema que requieran reajuste de los parámetros de los sistemas de control de generación.

DÉCIMO SEGUNDO. El CND mantendrá una base de datos actualizada con los modelos validados. Esta base de datos será pública para los agentes de mercado,

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

tal y como lo establece la Resolución CREG 062 del 2000 o aquella que la modifique o sustituya.

DÉCIMO TERCERO. Las plantas hidráulicas y térmicas que se encuentran en proceso de especificaciones técnicas que entren en operación comercial en fecha posterior a la vigencia del presente Acuerdo, con capacidad superior o igual a 100 MW, deberán implementar estabilizadores de sistemas de potencia² de acuerdo con lo recomendado por el CND. El CND deberá presentar ante el Subcomité de Estudios Eléctricos la justificación técnica para esta solicitud y enviar al agente las especificaciones del equipo teniendo en cuenta los requerimientos sistémicos.

DÉCIMO CUARTO. Utilizando los modelos validados de los controles de generación de cada planta, el CND definirá para cuales plantas del SIN existentes, se requiere la implementación o cambio de estabilizadores de sistemas de potencia para garantizar la seguridad del SIN.

El CND en conjunto con el agente generador, y el fabricante si se requiere, definirá si es posible técnicamente esta implementación. El CND y el agente deberán presentar ante el Subcomité de Estudios Eléctricos el análisis técnico que soporta esta solicitud. En caso de que se determine la viabilidad técnica de la implementación, el CND establecerá las especificaciones técnicas del equipo teniendo en cuenta los requerimientos sistémicos y el agente generador enviará un cronograma donde detalle el proceso de puesta en servicio del equipo, que no debe superar un año, salvo casos en los que existan factores externos que dificulten la implementación de la recomendación o el cumplimiento del plazo y que no sean gestionables por el agente generador.

El CND evaluará el impacto en la estabilidad del SIN, de los estabilizadores de sistemas de potencia implementados, mediante el análisis de la respuesta dinámica del sistema utilizando los equipos de supervisión disponibles.

De presentarse diferencias técnicas entre el CND y el agente generador respecto a la necesidad de implementación de estabilizadores de sistemas de potencia, las partes deberán presentar la justificación técnica ante el Subcomité de Estudios Eléctricos, el cual emitirá su concepto técnico, que será presentado posteriormente al CNO.

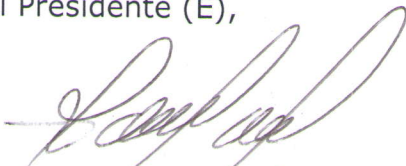
DÉCIMO QUINTO. Las definiciones técnicas referenciadas en el presente Acuerdo se presentan en el Anexo 1. Los índices de desempeño con los que se verificará la validez de los modelos de controles de generación requeridos, una guía que incluye pruebas de validación propuestas y el formato para entrega de información se presentan en los Anexos 2, 3 y 4 del presente Acuerdo.

² Las estructuras asociadas a los estabilizadores del sistema de potencia deben estar reportadas en la Norma IEEE 421-(5) o aquella(s) que la(s) modifique(n) o sustituyan

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

DÉCIMO SEXTO: El presente Acuerdo rige a partir de la fecha de su expedición.

El Presidente (E),



MANUEL ARTURO LÓPEZ

El Secretario Técnico,



ALBERTO OLARTE AGUIRRE

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 1

Definiciones

Modelo validado: Modelo matemático del que ha sido comprobada su capacidad de reproducir dentro de márgenes razonables el comportamiento de: Regulador de velocidad, Sistema de excitación y Estabilizador del Sistema de Potencia asociado mediante la contrastación entre ensayos de campo o eventos reales y la simulación de condiciones equivalentes.

Estabilidad: Es aquella en la que se verifica que las señales de salida de los modelos validados son amortiguadas en el tiempo ante señales de entrada escalón, para los modos y condiciones operativas analizadas.

Modelo Estable: Es aquel en el que se verifica que las señales de salida son amortiguadas en el tiempo ante señales de entrada escalón, para todos los modos y condiciones operativas analizadas.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

ANEXO 2.

Índices de evaluación para verificar la validez de los modelos

El principio esencial de la validación de la respuesta dinámica de un modelo es que éste al ser integrado en el programa de simulación utilizado por el CNO para el planeamiento del SIN, permita reproducir dentro de niveles aceptables de precisión, la respuesta real de los elementos modelados ante pruebas o perturbaciones en diferentes condiciones operativas.

Con el fin de contar con modelos útiles para el análisis y planeamiento del SIN, los agentes generadores deben garantizar que la respuesta real y la simulada utilizando los modelos validados en el programa de simulación utilizado por el CNO para el planeamiento del SIN sean coherentes en los siguientes aspectos:

- Forma general de las curvas para las distintas pruebas de validación que se desarrollen, incluyendo la magnitud y velocidad de la respuesta
- Tiempo de subida, sobreimpulso
- Bandas muertas y tiempos de retardo
- Valores iniciales y finales

Con el fin de verificar que las curvas sean coherentes en los parámetros y características señaladas, se determinará los índices de evaluación que se presentan a continuación:

- **Error absoluto del sobreimpulso** = $\% \text{ sobreimpulso}_{r(t)} - \% \text{ sobreimpulso}_{m(t)}$

$$\text{Siendo el sobreimpulso} = \frac{v_{\max} - v_f}{v_f} \times 100$$

Donde,

$v_{\max}$: Valor máximo de la curva

v_f : Valor final de la curva

- **Error relativo en el tiempo de subida** = $\frac{ts_{m(t)} - ts_{r(t)}}{ts_{r(t)}} \times 100$

Siendo el tiempo de subida el tiempo requerido para que la curva se eleve del 10% al 90% del valor final

- **Error relativo del valor final** = $\frac{vf_{m(t)} - vf_{r(t)}}{vf_{r(t)}} \times 100$

$r(t)$: Curva obtenida del sistema real

$m(t)$: Curva obtenida con el modelo

$ts_{r(t)}$: Tiempo de subida curva real

$ts_{m(t)}$: Tiempo de subida obtenida con el modelo

$vf_{r(t)}$: Valor final de la curva obtenida del sistema real

$vf_{m(t)}$: Valor final de la curva obtenida con el modelo

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

- **Factor de error compuesto de magnitud y fase se calcula como sigue:**

$$v_{rr} = (t_2 - t_1)^{-1} \int_{t_1}^{t_2} r^2(t) dt$$

$$v_{mm} = (t_2 - t_1)^{-1} \int_{t_1}^{t_2} m^2(t) dt$$

$$v_{rm} = (t_2 - t_1)^{-1} \int_{t_1}^{t_2} r(t)m(t) dt$$

Donde.

$t_1 < t < t_2$ es el intervalo de tiempo en el que se comparan las curvas

Error de magnitud de curva obtenida con el modelo:

$$M_E = \sqrt{v_{mm}/v_{rr}} - 1$$

Error de fase de curva obtenida con el modelo:

$$F_E = \frac{1}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{v_{rm}}{\sqrt{v_{rr} v_{mm}}} \right)$$

Finalmente, el factor de error compuesto de magnitud y fase se calcula como:

$$C_{MF} = \sqrt{M_E^2 + F_E^2}$$

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

ANEXO 3.

Guía de pruebas recomendadas para realizar la validación de los modelos

A continuación se presenta una guía con pruebas que pueden ser realizadas para verificar la validez de los modelos de los controles de generación.

A.3.1 Validación y modelamiento de sistemas de excitación de generadores y estabilizador de sistemas de potencia

A.3.1.1 Información básica a reportar:

-Nombre del Fabricante, tipo de sistema de excitación, y estabilizador del sistema de potencia (si está instalado).

-Modelo del sistema de excitación y del estabilizador del sistema de potencia considerando las ganancias, constantes de tiempo, limitadores asociados y no linealidades adicionales que permitan simular el comportamiento dinámico del sistema modelado ante eventos de pequeña y gran señal.

A.3.1.2 Validación del modelo del sistema de excitación

La validación del modelo del sistema de excitación se puede realizar considerando como mínimo las siguientes pruebas:

-Determinando la respuesta al escalón con la unidad en vacío con el regulador de voltaje en modo de control automático. La prueba debe realizarse tanto en condiciones en las que se exciten todas las dinámicas no lineales del modelo (sub y sobre-excitación) como en condiciones en las que no se activen estas no linealidades. Se deben verificar los siguientes requerimientos:

- El escalón en la referencia del voltaje en terminales debe ser al menos un 2% del voltaje nominal del generador.
- Se deben almacenar los registros de al menos el voltaje en terminales del generador y el voltaje de campo del generador (voltaje de campo de la excitatriz y la corriente para las unidades sin escobillas), los cuales serán utilizados como variables de comparación para realizar la validación del modelo.
- Se deben tomar mínimo 10 muestras por segundo durante al menos 10 segundos después de estabilizadas las señales registradas en la prueba.
- Se deben comparar los registros almacenados del sistema real con la respuesta del modelo. Se debe verificar una coherencia entre la forma de la curva, el valor inicial, el tiempo de subida, el sobreimpulso, tiempo de establecimiento y el valor final.

-Determinando la respuesta al escalón con la unidad sincronizada con el regulador de voltaje en modo de control automático. La prueba debe realizarse tanto en condiciones en las que se exciten todas las dinámicas no lineales del modelo (sub y sobre-excitación) como en condiciones en las que no se activen estas no linealidades. Se deben verificar los siguientes requerimientos:

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

- El escalón en la referencia del voltaje en terminales debe ser al menos un 2% del voltaje nominal del generador.
- Se deben almacenar los registros de al menos el voltaje en terminales del generador y el voltaje de campo del generador (voltaje de campo de la excitatriz y la corriente para las unidades sin escobillas), los cuales serán utilizados como variables de comparación para realizar la validación del modelo.
- Se deben tomar mínimo 10 muestras por segundo durante al menos 10 segundos después de estabilizadas las señales registradas en la prueba.
- Se deben comparar los registros almacenados del sistema real con la respuesta del modelo. Se debe verificar una coherencia entre la forma de la curva, el valor inicial, el tiempo de subida, el sobreimpulso, tiempo de establecimiento y el valor final.

-De ser posible, se debe almacenar la respuesta de la unidad a una perturbación del sistema que verifique los siguientes criterios:

- La perturbación debe originar un cambio repentino en el voltaje del sistema de al menos el 2% del voltaje nominal en barras o un cambio de al menos el 10% de la potencia reactiva respecto a los MVA nominales.
- Se deben tomar mínimo 10 muestras por segundo durante al menos 10 segundos después de estabilizadas las señales registradas en la prueba.
- Las variables almacenadas incluyen potencia reactiva del generador, voltaje en terminales del generador y voltaje del sistema, señal de salida y señal(es) de entrada al estabilizador del sistema de potencia.
- El regulador del voltaje debe estar en modo de control automático y se deben realizar pruebas con y sin estabilizador del sistema de potencia en servicio.
- Los datos almacenados se comparan con los del modelo considerando una perturbación modelada del voltaje del sistema. Debe haber coherencia entre la potencia activa y reactiva generada y el voltaje en terminales del generador en términos de: forma de las curvas, valores iniciales, tiempos de subida, sobreimpulsos, tiempos de establecimiento y valores finales.

A.3.1.3 Validación del modelo del estabilizador del sistema de potencia

Esta verificación se debe realizar desarrollando una prueba de respuesta en frecuencia con el regulador de voltaje en modo control automático y el estabilizador del sistema de potencia en servicio. La prueba debe verificar los siguientes requerimientos:

- Se debe considerar un barrido de frecuencia desde 0.02 a 3 Hz. El límite inferior de frecuencia podrá ser modificado de acuerdo a las limitantes técnicas del equipo.
- Se debe almacenar al menos la(s) señal(es) de entrada y salida del estabilizador del sistema de potencia y el voltaje en terminales del generador.
- Los datos almacenados son comparados con los resultados de la respuesta al barrido de frecuencia. Debe haber coherencia entre la magnitud del voltaje en terminales y la fase.

A.3.1.4 Consideraciones adicionales de las pruebas:

- Todos los elementos de protección deben estar en servicio durante cualquier prueba en línea o fuera de línea.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

- Todas las pruebas que se realicen en línea se deben desarrollar manteniendo el voltaje en la barra del sistema en un valor definido. Si es necesario se debe realizar la coordinación con otras unidades para lograrlo.

A.3.2 Validación y modelamiento del regulador de velocidad/potencia, turbina, actuadores y conducciones hidráulicas³.

A.3.2.1 Información básica a reportar:

-Nombre del fabricante y tipo de estrategia de control del regulador de velocidad (P, PI, PI paralelo, PI prealimentado, etc).

-Modelo validado del regulador de velocidad incluyendo ganancias, constantes de tiempo, limitadores, bandas muertas y no linealidades adicionales que permitan simular el comportamiento dinámico del sistema modelado ante eventos de pequeña y gran señal.

A.3.2.2 Validación del modelo para el regulador de velocidad/potencia

Esta validación debe realizarse con la unidad generando el mínimo técnico, un valor intermedio y su valor máximo. La validación puede realizarse considerando al menos uno de los siguientes métodos:

- Desarrollar una prueba ante un escalón en la velocidad de referencia. Se deben:
 - Tomar mínimo 10 muestras por segundo durante al menos 10 segundos después de estabilizadas las señales registradas en la prueba.
 - Almacenar los registros de la señal de referencia de velocidad, frecuencia y potencia activa del generador
 - Comparar los registros almacenados con los obtenidos con el modelo del regulador de velocidad. Se debe verificar la coherencia entre la forma de la curva, el valor inicial, el tiempo de subida, el sobreimpulso, el tiempo de establecimiento y el valor final.
- Desarrollar una prueba de rechazo de carga. La prueba debe verificar los siguientes requerimientos:
 - El rechazo de carga no debe superar el 20% de la potencia nominal de la unidad de generación.
 - Se deben tomar mínimo 10 muestras por segundo durante al menos 10 segundos después de estabilizadas las señales registradas en la prueba.
 - Almacenar al menos los registros de potencia activa del generador y velocidad de la unidad de generación.
 - Comparar los registros almacenados con los obtenidos con el modelo del regulador de velocidad. Se debe verificar la coherencia entre la forma de la curva, el valor inicial, el tiempo de subida, el sobreimpulso, el tiempo de establecimiento y el valor final.

³ La validación del modelo en el que se considere los actuadores hidráulicos y conducciones hidráulicas sólo aplica para los generadores hidráulicos

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN

CNO

- Almacenar los registros de una unidad ante un cambio repentino en la frecuencia que cumpla con los siguientes requerimientos:
 - La perturbación debe estar acompañada de un cambio en la frecuencia de al menos 0.05 Hz dentro de un periodo de un segundo.
 - Los registros deben contar con al menos 10 muestras por segundo.
 - Los registros y la simulación deben cubrir al menos 30 segundos.
 - Se deben almacenar los registros de frecuencia y potencia activa del generador.
 - Comparar los registros almacenados con los obtenidos con el modelo del regulador de velocidad. Se debe verificar la coherencia entre la forma de la curva, el valor inicial, el tiempo de subida, el sobreimpulso, el tiempo de establecimiento y el valor final.

A.3.2.3. Consideraciones generales de las pruebas

Los riesgos asociados a las pruebas por daño a equipos, animales o personas, serán asumidos por los agentes generadores, quienes deberán hacer la gestión correspondiente con los fabricantes, en caso de ser necesaria su ayuda, para garantizar el éxito de las pruebas.

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 4

Formato para entrega de los modelos validados de los controles de generación

Compañía _____ Nombre de la planta _____

Número de la Unidad _____ Fecha de entrega _____

Reportado por _____

Regulador de voltaje

Fabricante _____ Modelo _____

Modo de operación normal (Voltaje, Control de VAR, Factor de potencia, Manual, Otro: especificar) _____

Fecha de la(s) prueba(s) _____

Adjuntar diagrama de bloques en el dominio de s con el modelo validado incluyendo los parámetros requeridos (p.u)

Adjuntar las curvas comparativas del sistema real vs la respuesta del modelo para las pruebas realizadas y los datos utilizados para construir las curvas en una hoja de cálculo.

Adjuntar detalles de las pruebas que permitan reproducirlas vía simulación

Estado de los controles auxiliares:

Dispositivo	Estado*
Estabilizador de Sistema de Potencia	
Compensación de Corriente Reactiva	
Otros	

*Usar "ES" para en servicio, "FS" para fuera de servicio, o N/A para no aplica

Estabilizador del Sistema de Potencia

Fabricante _____ Modelo _____

Fecha de la(s) prueba(s) _____

Adjuntar diagrama de bloques en el dominio de s con el modelo validado incluyendo los parámetros requeridos (p.u)

Adjuntar las curvas comparativas del sistema real vs la respuesta del modelo para las pruebas realizadas y los datos utilizados para construir las curvas en una hoja de cálculo.

Adjuntar detalles de las pruebas que permitan reproducirlas vía simulación

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Regulador de Velocidad

Fabricante_____Modelo_____

Tipo de Regulador (hidráulico, electro-hidráulico, etc)_____

Método de verificación_____Fecha de la(s) prueba(s)_____

Adjuntar diagrama de bloques en el dominio de s con el modelo validado incluyendo los parámetros requeridos (p.u)

Adjuntar las curvas comparativas del sistema real vs la respuesta del modelo para las pruebas realizadas y los datos utilizados para construir las curvas en una hoja de cálculo.

Adjuntar detalles de las pruebas que permitan reproducirlas vía simulación