

Evolución

**Requerimientos Técnicos
para Interconexión de Centrales Eléctricas
al Sistema Eléctrico Nacional**

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Antecedentes

- Primera Central Termoeléctrica (1879)
- El gobierno se ocupa del Servicio Público de Energía eléctrica (1917)
- Creación de la CFE (1937)
- Nacionalización de la Industria Eléctrica (1960)
- Se concluye la unificación de frecuencia (1976)
- Interconexión del Sistema Eléctrico Nacional (1978)

Antecedentes

Interconexión de Centrales Eléctricas

- Pruebas de regulación primaria a juicio del CENACE
- Ajuste del estatismo de acuerdo a políticas nacionales
- Unidades Generadoras libres de manera permanente
- Unidades en Control Automático de Generación
- Rangos de Tensión
- Rangos de Frecuencia
- Calidad de Energía

Requerimientos Técnicos de Interconexión

- Especificaciones de CFE
- Manuales de Puesta en Servicio
- Normas NMX

Normas Aplicables

**Manual Regulatorio de Requerimientos
Técnicos para Interconexión de Centrales
Eléctricas al Sistema Eléctrico Nacional**

¿Por qué es importante?

- Seguridad y Confiabilidad del SEN
- Sanciones establecidas en la Ley de la Industria Eléctrica

Requerimientos:

Tensión

Frecuencia

Calidad de Energía

Tener en cuenta las especificaciones técnicas y las normas técnicas aplicables.

Clasificación de las Centrales Eléctricas según su capacidad

Áreas síncronas	Central Eléctrica tipo A	Central Eléctrica tipo B	Central Eléctrica tipo C	Central Eléctrica tipo D
Sistema Interconectado Nacional	$P < 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} \leq P < 10 \text{ MW}$	$10 \text{ MW} \leq P < 30 \text{ MW}$	$P \geq 30 \text{ MW}$
Sistema Baja California	$P < 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} \leq P < 5 \text{ MW}$	$5 \text{ MW} \leq P < 20 \text{ MW}$	$P \geq 20 \text{ MW}$
Sistema Baja California Sur	$P < 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} \leq P < 3 \text{ MW}$	$3 \text{ MW} \leq P < 10 \text{ MW}$	$P \geq 10 \text{ MW}$
Sistema Interconectado Mulegé	$P < 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} \leq P < 1 \text{ MW}$	$1 \text{ MW} \leq P < 3 \text{ MW}$	$P \geq 3 \text{ MW}$

Requisitos del Código Red

Sistema de Excitación y Norma Mexicana NMX-J-501-ANCE

C O N C A R G A	Requisito	Criterio de aceptación	
		Código Red	NMX-J-501-ANCE
	PSS	CENACE debe indicarlo a cada Generador	Debe amortiguar las oscilaciones locales al 30%
	Limitador de mínima excitación (MEL)	Debe aprovechar toda la curva de capacidad del generador	5% de la potencia base arriba del límite de la curva de capacidad del generador
	Limitador de máxima excitación (OEL)		Entre 0.95 y 1.05 p.u de corriente nominal de campo
	Compensador de MVAR	No Requerido	$\pm 12 \%$

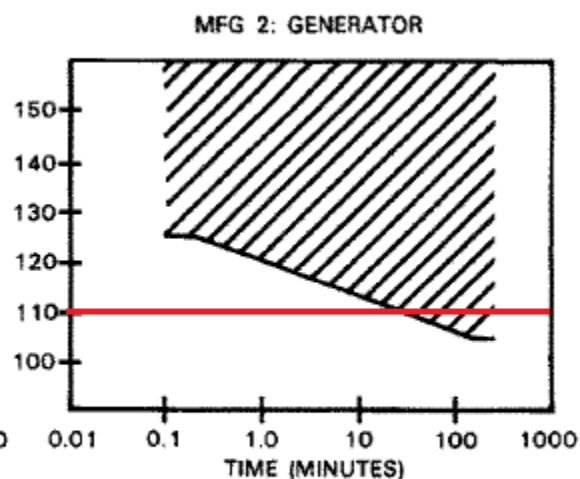
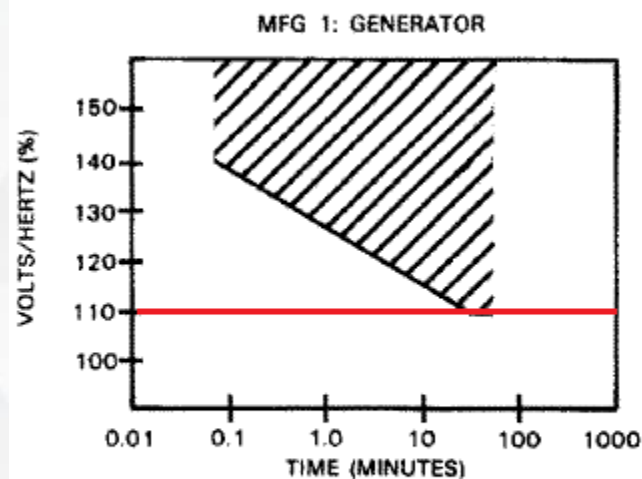
El método de prueba está definido en la Norma Mexicana NMX-J-501-ANCE

Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Característica V/Hz Generadores.

IEEE
Std C37.106-2003



— PROHIBITED REGION

IEEE GUIDE FOR ABNORMAL FREQUENCY

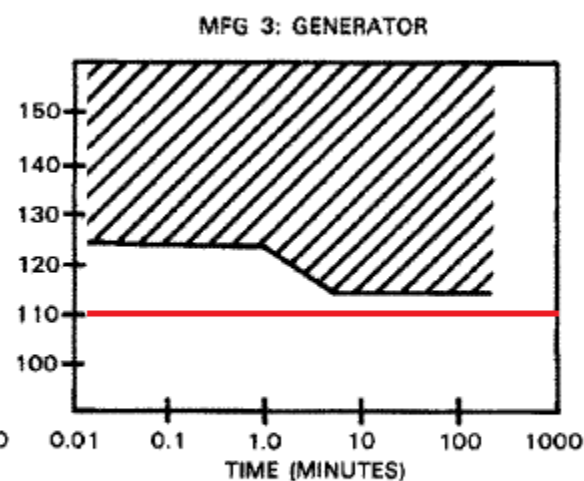
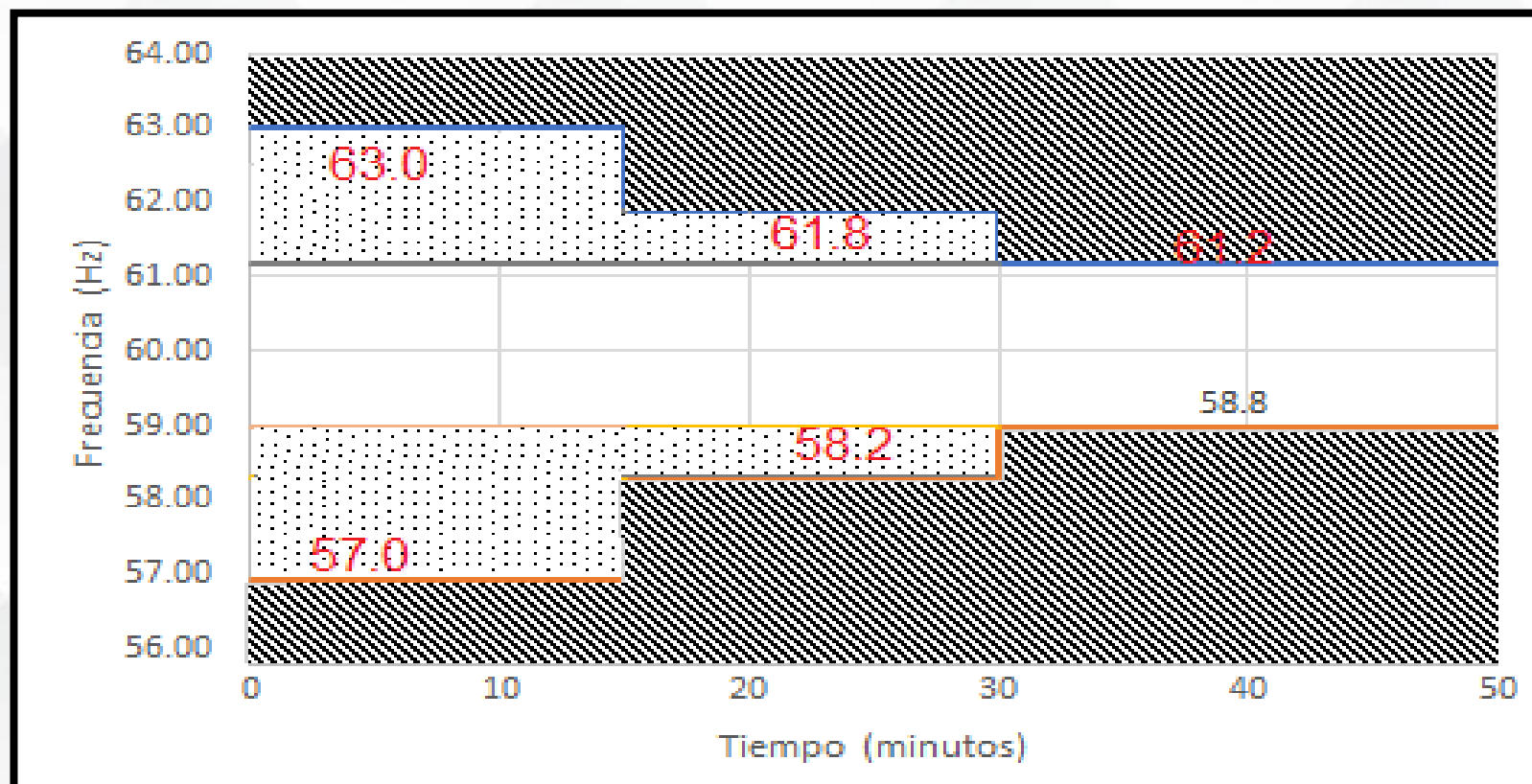


Figure 4—Overexcitation limitations (no load conditions)

Requerimientos de Frecuencia

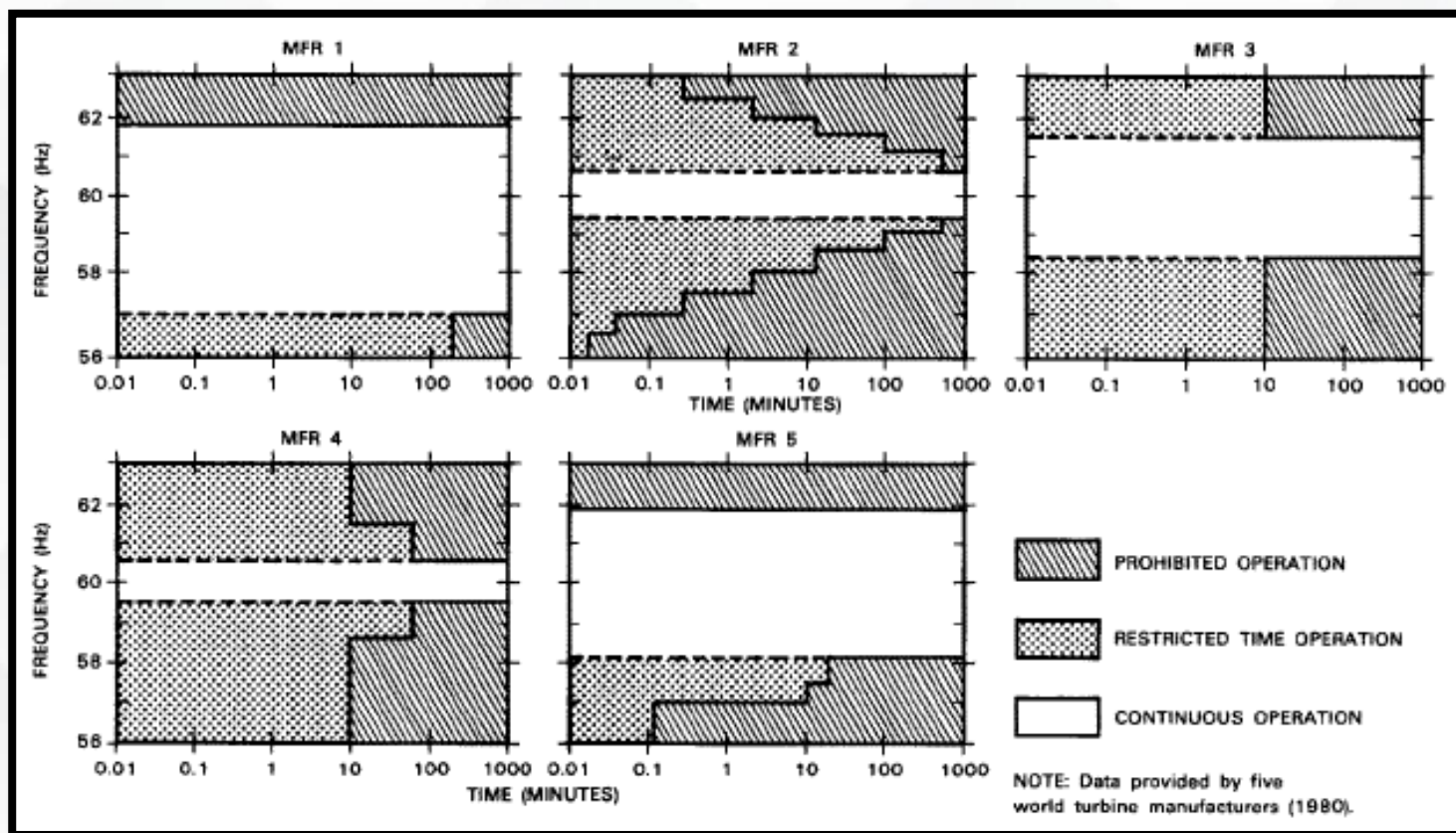


Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Requerimientos de Frecuencia

Limitaciones por diseño de turbinas de vapor



Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Requerimiento ante variaciones de frecuencia

La normativa internacional aplicable establece el rango normal de 57 Hz a 63 Hz.

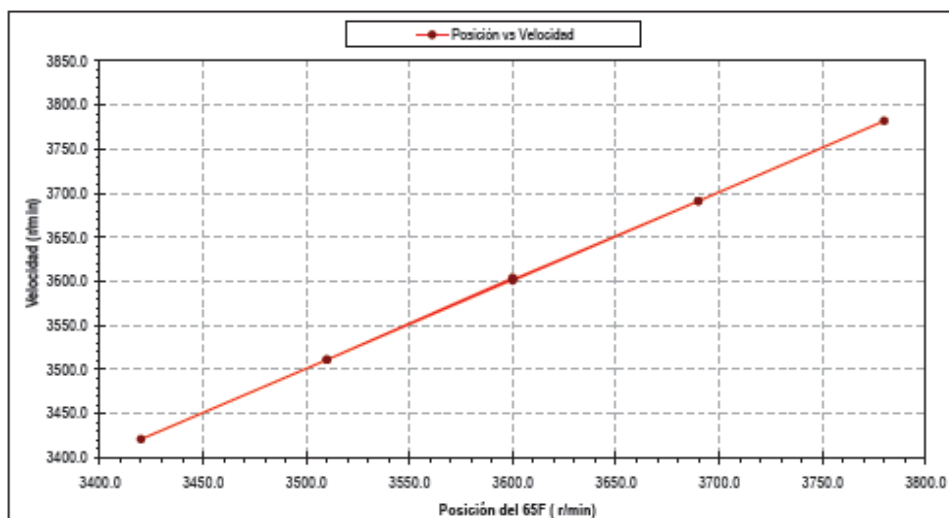
El STD ANSI B 133.4 que para turbinas de gas señala un valor máximo del 107% que equivale a 64.2 Hz. La normativa no indica algún método de prueba.

La condición de la unidad para evidenciar el comportamiento es con unidad fuera de línea.

Resultado de prueba de control Velocidad

VALORES OBTENIDOS						Observaciones
Posición 65 F (r/min)	Velocidad (r/min)	Posición Valv. Ctr. I (%)	Posición Valv. Paro A (%)	Posición Valv. Paro B (%)	Presión de Vap. Princ (bar)	
3600	3601	13.89	99.93	99.91	7.94	
3690	3691	14.25	99.91	99.94	7.81	
3780	3782	14.15	99.92	99.91	7.80	Tope Probado
3690	3691	14.04	99.90	99.92	7.92	
3600	3602	13.92	99.91	99.92	8.00	
3510	3511	13.23	99.91	99.92	7.88	
3420	3421	13.55	99.92	99.91	7.92	Tope Probado
3510	3511	13.71	99.91	99.89	7.83	
3600	3604	13.75	99.91	99.92	7.92	

332210601a



Activar Windows

Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Característica de Regulación

Estatismo de Potencia y Banda Muerta

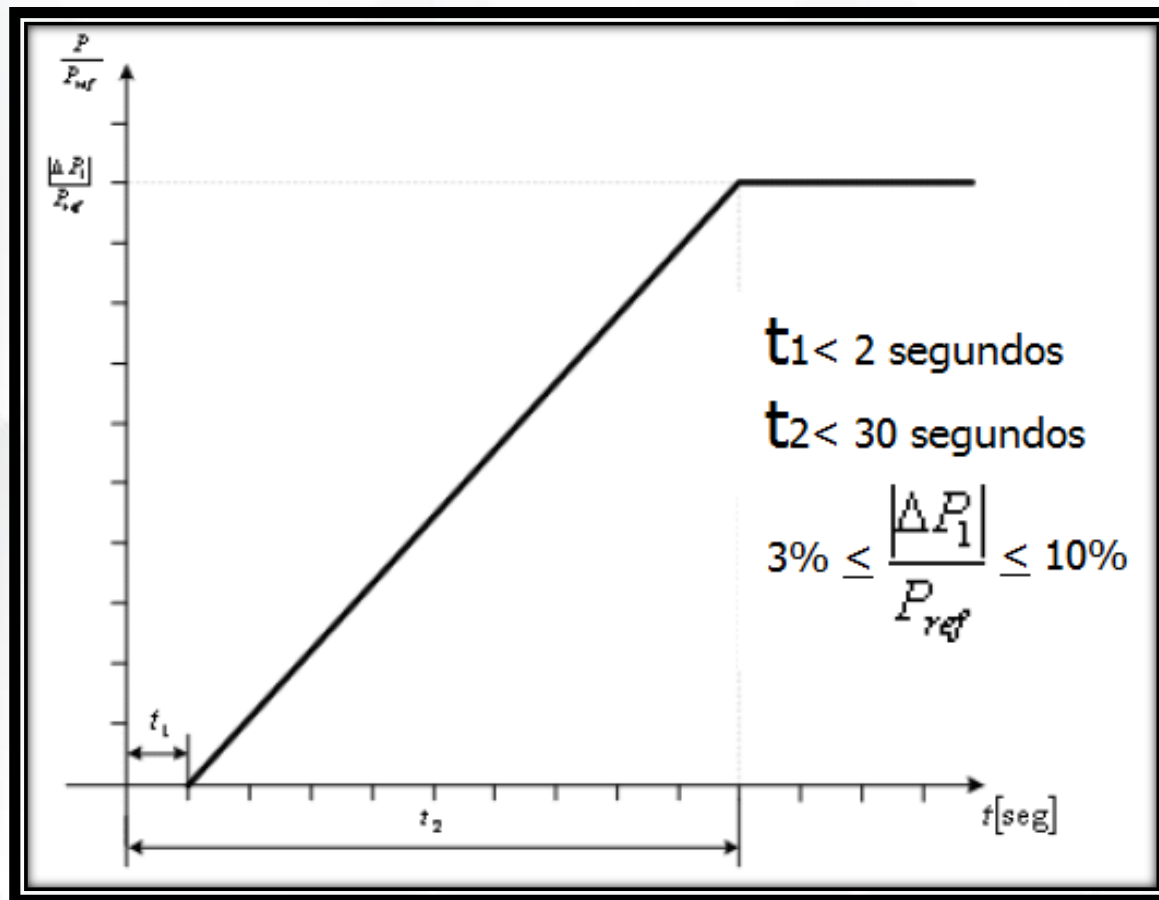
Parámetros	Rangos
Intervalo de Potencia activa en relación con Potencia de referencia	3 - 10%
Insensibilidad propia del control de respuesta a la frecuencia	5 – 15 mHz (0.008 – 0.025%)
Banda muerta de respuesta a la frecuencia	± 30 mHz
Característica de regulación	3 – 8%

Activar Windows

Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Característica de Regulación y Tiempo de Estabilización



Windows

ve a Configuración para activar Windows.

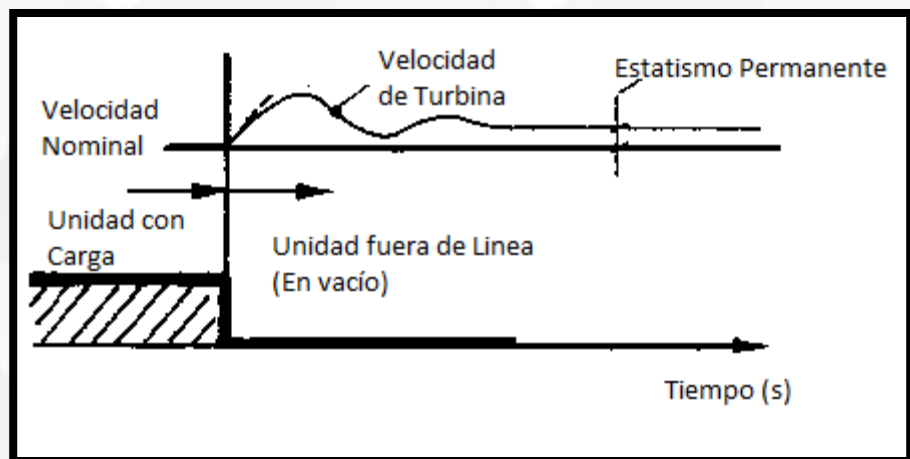
22 y 23 de agosto.

Métodos de Prueba para determinar la característica de Regulación

1. Rechazos de Carga
2. Regulación Primaria: Monitoreo y registro continuo de frecuencia y potencia o evento programado (coordinado por CENACE, generando un evento en el sistema).
3. Simular desviación de Frecuencia en la Red.

Requerimientos del Código Red Reguladores de Velocidad

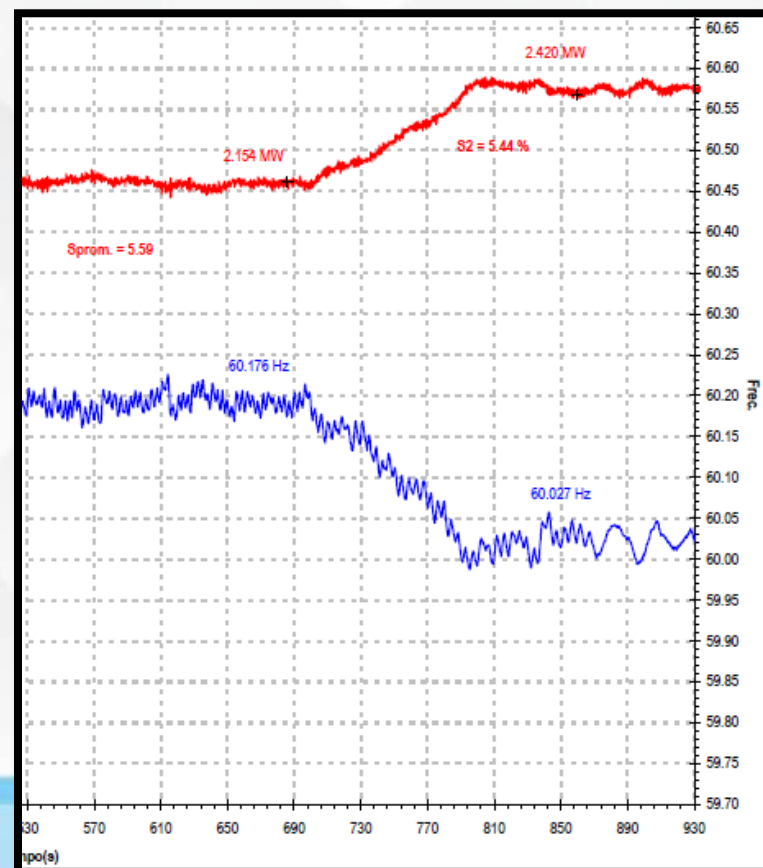
Rechazo de Carga



De lo Requerido en el código de red solo se obtiene la característica de regulación.

No permite obtener t_1 , t_2 , ni banda muerta.

Regulación Primaria



Requerimientos del Código Red Reguladores de Velocidad

Simulación de variación de frecuencia en la red

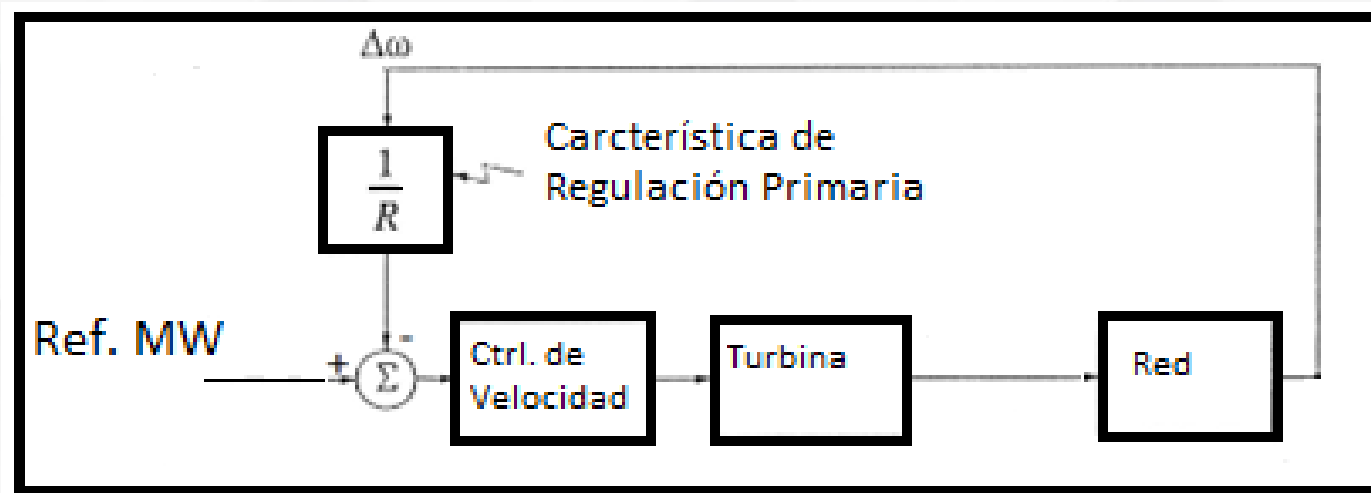


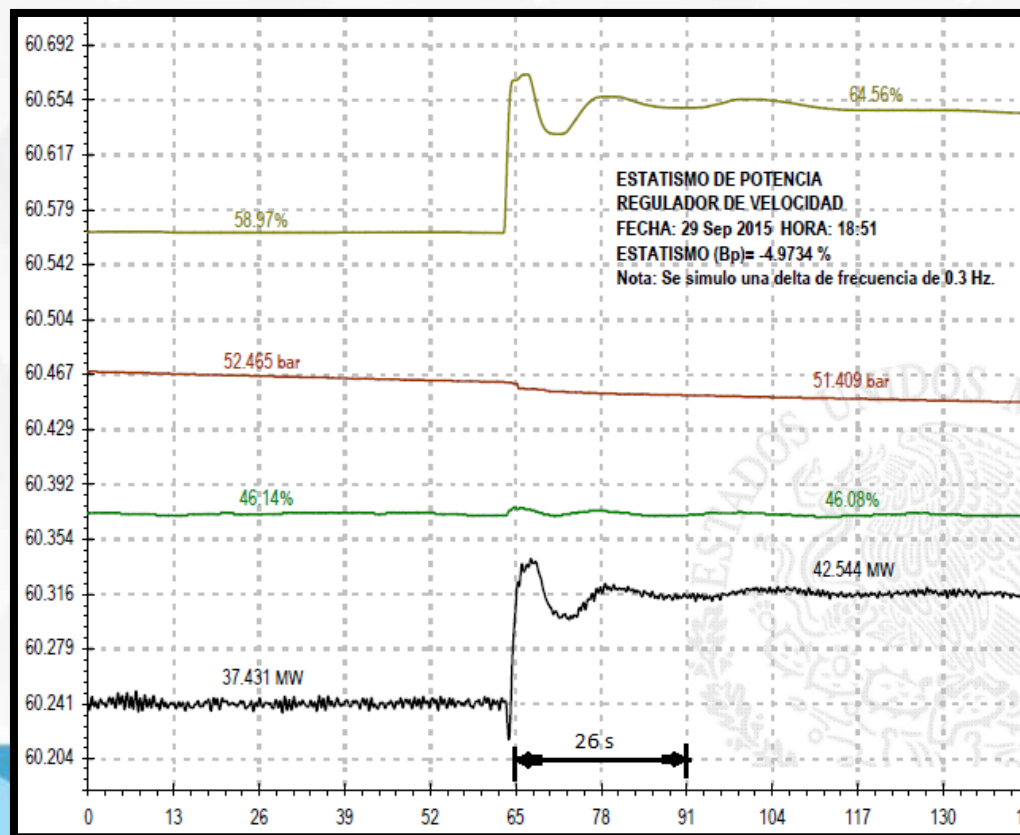
Diagrama de bloques del regulador de velocidad con
característica de estatismo o regulación primaria.

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

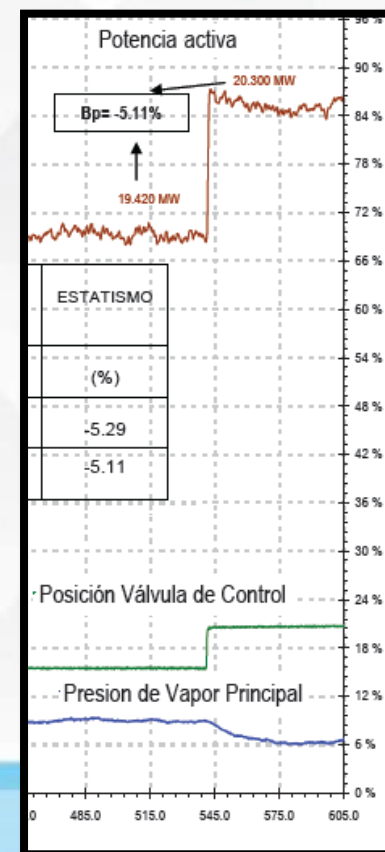
22 y 23 de agosto.

Requerimientos del Código Red Reguladores de Velocidad

Respuesta de Unidad Hidroeléctrica



Respuesta de Unidad TG



Requerimientos generales de la Calidad Energía

- Desbalance máximo
- Variaciones máximas de tensión
- Severidad del parpadeo
- Variaciones rápidas de tensión
- Contenido armónico máximo
- Inyección de corriente directa

¿Cuáles son la Sanciones?

Los Integrantes de la Industria Eléctrica que dejen de observar, de manera grave a juicio de la CRE, las disposiciones establecidas en el Código de Red, se sujetarán a las sanciones establecidas en la Ley de la Industria Eléctrica.

Del 2% al 10% de los ingresos brutos
percibidos el año anterior.

De 50 mil a 200 mil salarios mínimos.

Verificaciones realizadas por **LAPEM**

***Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales
(LAPEM)***

***UVPRPI 001
Sucursal 11***

***Unidad de Verificación
(Organismo de Inspección)
tipo “C”***

***Oficina de Sistemas de Control
U.V. No. 2***

Documentos Acreditados ante la EMA LAPEM

NMX-J-501-ANCE-2015 Sistemas de Control de Centrales Generadoras - Sistemas de Control Estático Controlados por Tiristores para Generador Síncrono - Especificaciones y Métodos de Prueba.

NMX-J-502-2-ANCE-2006 Sistemas de Control de Centrales Generadoras - Parte 2: Métodos de Prueba para los Sistemas de Control de Turbinas Hidráulicas.

CFE-GA4L0-54 Regulador de Velocidad Electrohidráulico con Control Digital Programable para Turbinas de Centrales Hidroeléctricas.

CFE-GA4L0-56 Regulador de Velocidad Electrohidráulico con Control Digital Programable para Turbinas de Centrales Termoeléctricas

CFE-VF000-72 Unidad de Control de Excitación para Modernización de Sistemas de Excitación tipo "Brushless"

CFE-W4101-16 Sistema de Excitación Estático para Generadores Síncronos de Centrales Eléctricas

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Pruebas realizadas por LAPEM

- Verificar el cumplimiento de los requisitos de funcionalidad y confiabilidad definidos en código de red.
- Determinar la capacidad operativa del generador eléctrico.
- Descubrir problemas de Protecciones y Control.
- Coordinar ajustes de control y protección.
- Obtener modelos precisos para simulación que permita mejorar la seguridad del sistema eléctrico de potencia (SEN).

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Las pruebas permiten obtener información clave del sistema relacionado con:

Parámetros del grupo turbina- generador

Parámetros del sistema de gobierno de la turbina

Parámetros del sistema de excitación

Capacidad de Potencia reactiva

Desempeño de Protecciones y Control

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.

Beneficios

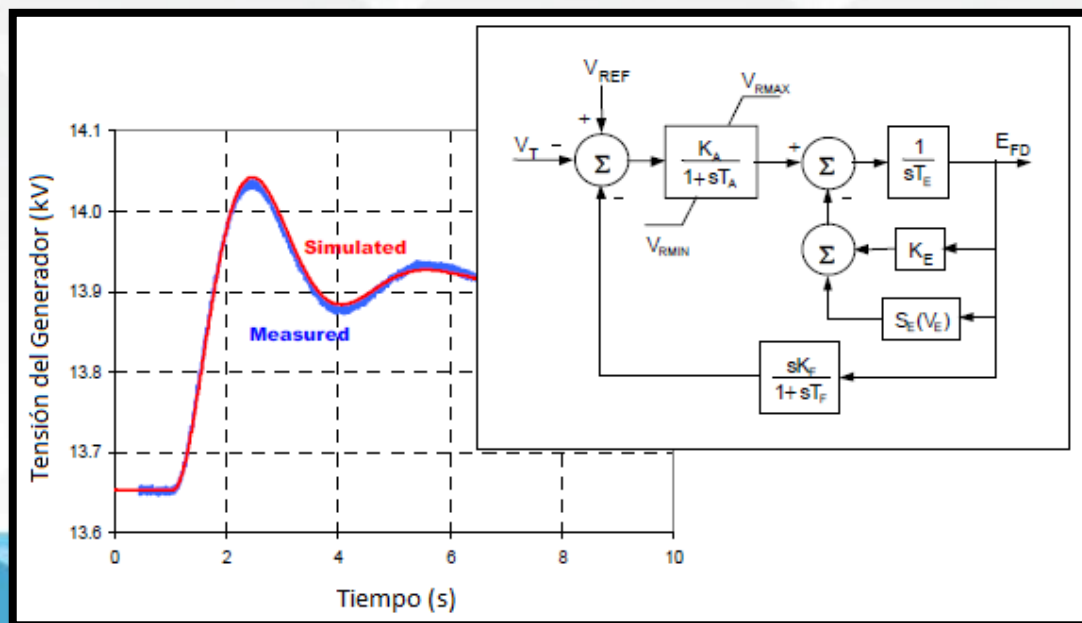
La verificación de los controles de velocidad y tensión de los generadores eléctricos, así como de la calidad de la energía en el punto de interconexión, permiten generar las evidencias requeridas de estabilidad de la unidad para su interconexión a la red eléctrica y su interacción con el sistema eléctrico en condiciones normales y de emergencia.

Genera también los elementos que permiten validar los modelos matemáticos.

Beneficios

Obtener modelos precisos para simulación que permita mejorar la seguridad del sistema eléctrico de potencia (SEN).

Validar los Modelos matemáticos es clave para predecir el comportamiento de la unidad y del sistema en condiciones normales y de emergencia, ya que permiten identificar problemas operativos, realizar análisis post-mortem.



Pruebas Típicas

Sistema de Excitación

Se obtienen las ganancias y constantes de tiempo que describen el comportamiento del regulador de tensión, limitadores de mínima y máxima excitación.

Una prueba típica adicional a las indicadas en la norma NMX-J-501 ANCE es:

- Rechazo de Potencia Reactiva

Se verifica la coordinación con las protecciones eléctricas asociadas.

Pruebas Típicas Sistema de Gobierno

Se desarrollan para obtener las constantes de tiempo de la turbina y gobernador, velocidad de apertura y cierre de elementos finales de control, algunas pruebas típicas son:

Secuencia de Arranque
Escalones de velocidad
Escalones de Potencia (respuesta transitoria)
Operación Isla
Rechazos de carga parcial o total
Rango de control de carga (65P) de potencia mínima a máxima
Limitador de Carga (65L)

Conclusiones

Se cuenta con la Normativa Nacional y los métodos de prueba para evaluar la conformidad de los Sistemas de Control de Excitación con el Código de Red.

Se debe desarrollar para los Sistemas de Control de velocidad de turbinas.

Las pruebas realizadas por LAPPEM permite tener un diagnóstico mas completo de lo requerido a los sistemas de control en el código de red.

Se cuenta con la infraestructura necesaria para desarrollar y validar los métodos de prueba y ensayo que pudieran requerirse.

Por su atención, Muchas Gracias!!

Ing. Rafael Barrera Rodríguez

**Oficina de Sistemas de Control
LAPEM-CFE**

rafael.barrera@cfe.mx

**Teléfono Dir.: 01 462 623 9459
Conmutador 01 462 623 9400 ext. 7159**

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

22 y 23 de agosto.