

PROGRAMA RESUMIDO DE CURSOS

Curso: **Estabilidad y control en sistemas eléctricos de potencia**

Programa Sintético

1. Características generales de sistemas de potencia modernos.

- 1.1 Evolución de los sistemas eléctricos de potencia.
- 1.2 Estructura de los sistemas de potencia.
- 1.3 Regulación de sistemas de potencia
- 1.4 Criterios de diseño para obtener la estabilidad

2. Introducción a los problemas de estabilidad en sistemas eléctricos de potencia

- 2.1 Conceptos básicos y definiciones
 - 2.1.1 Estabilidad de ángulo del rotor
 - 2.1.2 Estabilidad de tensión y colapso de tensión
 - 2.1.3 Estabilidad de mediano plazo y de largo plazo
- 2.2 Clasificación de la estabilidad

3. Teoría y modelación de la máquina sincrónica

- 3.1 Descripción física
 - 3.1.1 Estructura del campo y la armadura
 - 3.1.2 Máquina con muchos pares de polos
 - 3.1.3 Formas de onda de la fuerza magnetomotriz
 - 3.1.4 Eje directo y eje en cuadratura
- 3.2 Descripción matemática de una máquina sincrónica
 - 3.2.1 Repaso de ecuaciones de circuitos magnéticos
 - 3.2.2 Ecuaciones básicas de una máquina sincrónica
- 3.3 La transformación dq0
- 3.4 Representación en por unidad
- 3.5 Circuito equivalente en el eje d y circuito equivalente en el eje q
- 3.6 Análisis del estado estacionario
 - 3.6.1 Relaciones entre tensiones, corrientes y enlaces de flujo
 - 3.6.2 Representación fasorial
 - 3.6.3 Ángulo del rotor
 - 3.6.4 Circuito equivalente para el estado estacionario
 - 3.6.5 Procedimiento para calcular valores del estado estacionario
- 3.7 Características del comportamiento transitorio eléctrico
 - 3.7.1 Corriente de cortocircuito en un circuito RL simple
 - 3.7.2 Cortocircuito trifásico en los terminales de una máquina sincrónica
 - 3.7.3 Eliminación de la componente unidireccional
- 3.8 Saturación magnética
 - 3.8.1 Características a circuito abierto y en cortocircuito
 - 3.8.2 Representación de la saturación en estudios de estabilidad
- 3.9 Ecuaciones de movimiento
 - 3.9.1 Repaso de la mecánica del movimiento
 - 3.9.2 Ecuación de oscilación
 - 3.9.3 Tiempo de arranque mecánico
 - 3.9.4 Cálculo de la constante de inercia
 - 3.9.5 Representación en estudios de sistemas

- 4. Representación de la máquina sincrónica en estudios de estabilidad**
 - 4.1 Simplificaciones esenciales para estudios a gran escala
 - 4.1.1 Despreciar los términos $p\psi$ en las ecuaciones del estator
 - 4.1.2 Despreciar el efecto de las variaciones de velocidad en las tensiones del estator
 - 4.2 Modelo simplificado considerando despreciados a los arrollamientos amortiguadores
 - 4.3 Modelo de enlace de flujo constante
 - 4.3.1 Modelo clásico
 - 4.3.2 Modelo de enlace de flujo constante incluyendo los efectos de los circuitos subtransitorios
 - 4.4 Límites de capacidad reactiva
 - 4.4.1 Curvas de capacidad reactiva
 - 4.4.2 Curvas V y curvas compuestas

- 5. Cargas del sistema de potencia**
 - 5.1 Conceptos básicos de modelación de cargas
 - 5.1.1 Modelos estáticos de carga
 - 5.1.2 Modelos dinámicos de carga
 - 5.2 Modelación de motores de inducción
 - 5.2.1 Ecuaciones de una máquina de inducción
 - 5.2.2 Características de estado estacionario
 - 5.2.3 Construcciones alternativas del rotor
 - 5.2.4 Representación de la saturación
 - 5.2.5 Representación en por unidad
 - 5.2.6 Representación en estudios de estabilidad
 - 5.3 Modelo del motor sincrónico
 - 5.4 Adquisición de parámetros de modelos de carga
 - 5.4.1 Método basado en mediciones
 - 5.4.2 Método basado en componentes
 - 5.4.3 Ejemplos de características de carga

- 6. Modelación de sistemas de excitación de la máquina sincrónica**
 - 6.1 Elementos de un sistema de excitación
 - 6.2 Tipos de sistemas de excitación.
 - 6.3 Desempeño dinámico del control de excitación
 - 6.4 Funciones de control y protección
 - 6.5 Modelos de sistemas de excitación.

- 7. Modelación de sistemas de regulación de velocidad y de control de turbinas**
 - 7.1 Fundamentos de la regulación de velocidad
 - 7.2 Turbinas hidráulicas y sus sistemas de regulación de velocidad.
 - 7.3 Turbinas a vapor y sus sistemas de regulación de velocidad.
 - 7.4 Turbinas a gas y sus sistemas de regulación de velocidad.
 - 7.4 Modelos de sistemas de regulación de velocidad.

- 8. Estabilidad transitoria**
 - 8.1 Una visión elemental de la estabilidad transitoria: Respuesta a un cambio de tipo escalón en la potencia mecánica, criterio de áreas iguales, respuesta a un cortocircuito, factores que influyen la estabilidad transitoria
 - 8.2 Métodos de integración numérica
 - 8.3 Simulación de la respuesta dinámica del sistema de potencia: estructura del modelo del sistema de potencia, representación de la máquina sincrónica,

- representación del sistema de excitación, representación de la carga y de la red de transmisión, ecuaciones del sistema, solución de las ecuaciones del sistema
- 8.4 Análisis de fallas desbalanceadas: componentes simétricas, redes de secuencia, impedancias de secuencia de la máquina sincrónica, de líneas de transmisión y de transformadores, simulación de diferentes tipos de fallas.

9. Estabilidad de pequeña señal

- 9.1 Problemas de estabilidad de pequeña señal.
- 9.2 Análisis modal. Análisis de valores y vectores propios
- 9.3 Análisis de estabilidad de pequeña señal de un sistema simple.
- 9.4 Efecto de los sistemas de excitación.
- 9.5 Estabilizador del sistema de potencia. Modelación.
- 9.6 Estabilidad de pequeña señal en sistemas multimáquinas. Técnica de análisis.

10. Estabilidad de tensión

- 10.1 Conceptos básicos relacionados con la estabilidad de tensión: Características del sistema de transmisión; características del generador; características de la carga; características de los dispositivos de compensación de potencia reactiva.
- 10.2 Colapso de tensión: Escenario típico de colapso de tensión; caracterización general basada en incidentes reales; Clasificación de la estabilidad de tensión.
- 10.3 Análisis de estabilidad de tensión: Requerimientos de modelación; análisis dinámico; análisis estático; factores de participación (barras, ramas, generadores) determinación de la más corta distancia a la inestabilidad; el análisis de continuación del flujo de potencia.
- 10.4 Acciones para evitar el colapso de tensión: medidas de diseño del sistema; medidas de operación del sistema.

11. Estabilidad de frecuencia

- 11.1 Respuesta del sistema ante perturbaciones severas.
- 11.2 Respuesta de las plantas generadoras ante perturbaciones severas.
- 11.3 Análisis de estabilidad de frecuencia. Simulación dinámica de largo plazo.
- 11.4 Medidas de control, acciones preventivas. Esquema de desconexión de carga. Operación en islas.