

# Entrenamiento DigSILENT *PowerFactory*

## Estabilidad en Grandes Sistemas de Potencia

### DigSILENT PowerFactory (Basic V15)

Santiago de Chile-Chile

17 y 18 de Agosto de 2015

## 1. Introduction

El comportamiento dinámico es una de las áreas más complejas dentro de los estudios acometidos en sistemas eléctricos de potencia. En particular, la inestabilidad es un fenómeno importante, que es el origen de la mayoría de los apagones (*blackouts*) a nivel mundial, en tal sentido las personas que efectúan estudios de planificación y operación de sistemas de potencia deben disponer del conocimiento y las herramientas para el análisis adecuado de la estabilidad. DigSILENT PowerFactory es la herramienta computacional adecuada para acometer los estudios de estabilidad y éste entrenamiento la fuente de conocimiento necesaria para interpretar los resultados.

Este curso teórico-práctico está enfocado al uso de DigSILENT PowerFactory para el análisis de estabilidad de sistemas eléctricos de potencia. En el curso se abordan los problemas clásicos de estabilidad angular (transitoria y oscilatoria), de tensión y de frecuencia, y se presentan las diferentes funcionalidades disponibles en el programa que pueden ser aplicadas al estudio de cada uno de los casos.

El entrenamiento es de carácter teórico-práctico, por lo que está acompañado de la realización de ejercicios de aplicación trabajando con la herramienta.

Por tratarse de un curso intermedio, se es mandatorio la experiencia previa en el manejo de las funciones básicas del programa (contenidos correspondientes a un curso introductorio).

## 2. Descripción

Este curso teórico-práctico está completamente dirigido al uso del DigSILENT PowerFactory como una poderosa herramienta para el análisis de estabilidad de sistemas eléctricos de potencia.

El contenido de este curso está destinado a abordar el problema de estabilidad de los grandes sistemas de potencia desde todos sus posibles enfoques. Se abordan los problemas clásicos de estabilidad angular (transitoria y oscilatoria), de tensión y de frecuencia. El enfoque es el empleo del DigSILENT PowerFactory como una herramienta para la modelación y simulación en el problema de estabilidad en cada uno de los casos.

Este curso tiene un enfoque teórico-práctico, por lo que se prevé la realización de ejercicios de aplicación trabajando con el programa, a fin de ayudar a la interpretación de los fenómenos teóricos y al mismo tiempo, comprender los mecanismos prácticos para lograr los resultados.

### 3. Objetivo Terminal

Los participantes en este entrenamiento disfrutaran de un panorama completo sobre los problemas de estabilidad y control de los grandes sistemas eléctricos, junto con una introducción a la modelación dinámica y entorno de simulación de DigSILENT PowerFactory.

El curso incluye aspectos relacionados con aplicaciones en los sistemas de transmisión y una breve muestra de los sistemas industriales. Cubre los principios físicos de fenómenos de estabilidad en sistemas de potencia y los modelos matemáticos pertinentes para los generadores sincrónicos, máquinas de inducción, cargas, sistemas y excitaciones de las unidades y sistemas de gobernación.

### 4. Prerrequisitos

El análisis de la estabilidad de los sistemas eléctricos de potencia reales, requiere un buen conocimiento teórico del comportamiento dinámico de los diferentes elementos que lo componen.

Además se requiere buenos antecedentes en los aspectos de modelación y simulación de sistemas eléctricos de potencia.

En tal sentido, el participante del curso de análisis de estabilidad de sistemas eléctricos de potencia se espera que posea un buen background conceptual y práctico en modelación y simulación de sistemas de potencia.

Por tratarse de un curso a nivel intermedio se requiere que el participante disponga de un excelente conocimiento de las técnicas básicas usadas en DigSILENT PowerFactory.

## 5. Programa

### 1° Día:

9:00 h

#### Sesión de la Mañana

- Estabilidad en Sistemas Eléctricos de Potencia
  - Introducción. Definición de estabilidad. Problema de estabilidad
  - Clasificación y descripción general:
  - Estabilidad angular
  - Estabilidad de tensión
  - Estabilidad de frecuencia
  - Estabilidad Angular Transitoria
  - Formulación del problema.
  - Fundamentos electromecánicos de la maquina sincrónica: Modelo del generador sincrónico, ecuación de oscilación, constante de inercia, elementos de control del generador: AVR, Gobernador
  - Definición de los puntos estables e inestables de operación
  - Criterio de áreas iguales para el análisis de estabilidad transitoria: Ejemplo del cálculo.
  - Resolución de la ecuación de oscilación de la maquina. Métodos numéricos, error de cálculo, consideraciones del paso de integración.
- Manejo de la función de estabilidad en DigSILENT PowerFactory
- Inicialización: Modelos y red.
- Simulación de transitorios electro-mecánicos (RMS) vs. Transitorios Electro-magnéticos (EMT).
- Definición de eventos: cortocircuitos, circuitos abiertos, eventos de carga, etc.
- Eventos de parámetro, de maniobra, de máquina.
- Visualización de resultados. Instrumentos Virtuales.

#### Ejercitación:

- Análisis de estabilidad de sistemas de potencia empleando simulaciones en el dominio del tiempo (RMS): Sistema mono-máquina y sistema multi-máquinas.
- Variables de interés, interpretación de resultados
- Estabilidad angular: Cálculo del tiempo crítico de despeje de fallas.

12.30 h

#### Almuerzo

13.30 h

#### Sesión de la Tarde

- Estabilidad Oscilatoria (o Dinámica de pequeña señal)
  - Formulación del problema: Linealización de modelos.
- Conceptos esenciales
- Estabilidad angular de pequeña señal o estabilidad dinámica.
- Cálculo de autovalores en DigSILENT PowerFactory.
- Modos de oscilación. Inter-áreas, modos locales dentro planta.
- Graficación y análisis de los resultados.

#### Ejercitación

- Cálculo de autovalores en el sistema múltiple-máquina.
- Interpretación de Estabilidad de Pequeña Señal: Modos de Oscilación
- Análisis comparativo.

17.00 h

#### Final del primer día

## 2° Día:

9:00 h

### Sesión de la Mañana

- Estabilidad de voltaje
  - Definición de estabilidad de voltaje.
  - Conceptos principales sobre estabilidad de tensión: Problema de soporte de reactivos, Control Q-V.
  - Clasificación de la estabilidad de Voltaje.
  - Ejemplo simple de línea radial.
  - Influencia del modelo de carga y de la compensación de reactiva.
  - Descripción cualitativa de los elementos fundamentales del sistema de potencia (modelos de carga, tipo de compensación, límites de reactiva de los generadores, etc.) que determinan el fenómeno.
  - Requerimientos del modelado.
  - Flujo de Cargas Continuado.
  - Colapso de tensión: Punto Crítico.
  - Curvas P-U y U-Q
  - Generación de curvas P-U y U-Q en DigSILENT PowerFactory.
  - Uso de un script DPL

### Ejercitación

- Análisis de la estabilidad de voltaje en un sistema multi-máquina.
- Efecto de los controles de voltaje: Capacitor, cambiador de tomas,
- Efecto de las cargas: Cargas con dependencia de voltaje

12.30 h

### Almuerzo

13.30 h

### Sesión de la Tarde

- Estabilidad de Frecuencia
  - Conceptos principales: Respuesta inercial, efecto del amortiguamiento, Respuesta de la demanda.
  - Control de potencia activa y frecuencia.
  - Características de generación:
    - o Control primario,
    - o Control secundario,
    - o Control terciario,
  - AGC y control multi-nivel.
  - Importancia de la reserva rodante.
  - Colapso de Frecuencia.
  - Under frequency load shedding.
  - Formación de sistemas aislados
  - Requerimientos del modelación.
  - Opciones avanzadas para el análisis en estado estacionario
  - Cálculo de la desviación de frecuencia

### Ejercitación:

- Cálculo de la frecuencia, desviación de la frecuencia,  $df/dt$  en un sistema de prueba.

17.00 h

### Final del Curso

## 6. Duración:

Este entrenamiento está diseñado para una duración total de dos días, con un estimado de 8 horas de trabajo por día.

## 7. Ubicación:

Universidad de Santiago de Chile, DIE-Usach, Av. Ecuador 3519, Estación Central, Santiago, Chile.

## 8. Audiencia:

- Estudiantes de post-grado
- Ingenieros encargados de planificación y operación de sistemas de potencia
- Personal operador de red
- Consultoras relacionadas con análisis de sistemas de potencia.

## 9. Datos del Facilitador

Francisco M. Gonzalez-Longatt, PhD, SMIEEE, MIET, MCIGRE  
Lecturer in Electrical Power Systems  
Loughborough University  
School of Electronic, Electrical and Systems Engineering  
W2.63, Loughborough, LE11 3TU,  
United Kingdom

Personal Webpage: <http://www.fglongatt.org>  
Phone: +44 779 5634298  
Email: [fglongatt@fglongatt.org](mailto:fglongatt@fglongatt.org)

Vice-President  
Venezuelan Wind Energy Association  
Webpage: <http://www.aveol.org.ve>

## 10. Biografía del Instructor

Francisco M. Gonzalez-Longatt is currently a Lecturer in Electrical Engineering in the Faculty of Engineering and Computing, University of Coventry and he is Vice-President of Venezuelan Wind Energy Association. His academic qualifications include first Class Electrical Engineering of Instituto Universitario Politécnico de la Fuerza Armada Nacional, Venezuela (1994), Master of Business Administration (Honors) of Universidad Bicentenario de Aragua, Venezuela (1999) and PhD in Electrical Power Engineering from the Universidad Central de Venezuela (2008). He is former associate professor on Electrical engineering Department of Universidad Nacional Politécnico de la Fuerza Armada Nacional, Venezuela (1995-2009). He was formerly with the School of Electrical and Electronic Engineering, The University of Manchester as Postdoctoral Research Associate (2009-2011). His main area of interest is integration of intermittent renewable energy resources into future power system and smart grids. More details: [www.fglongatt.org](http://www.fglongatt.org).

## 11. Costo, contacto e inscripciones:

El **valor del curso es de 30 UF** (treinta unidades de fomento) por persona y se dictará siempre y cuando se inscriban 15 asistentes. Teniendo en cuenta que el Departamento de Ingeniería Eléctrica dispondrá equipos con licencias individuales para ejecutar el curso de manera práctica y expositiva.

**Para egresados del DIE-UdeSantiago se aplicará un 10% de descuento.**

**Se incluye el almuerzo para no demorar el curso con el horario de colación.**

Personal de contacto en Santiago de Chile, Chile:

Profesores DIE - UdeSantiago  
Humberto Verdejo [humberto.verdejo@usach.cl](mailto:humberto.verdejo@usach.cl)  
Cristhian Becker [cristhian.becker@usach.cl](mailto:cristhian.becker@usach.cl)

Webpage: [www.fglongatt.org](http://www.fglongatt.org)  
[www.dieusach.cl](http://www.dieusach.cl)