

CURSO DE PERFECCIONAMIENTO PARA GRADUADOS

Estabilidad de Pequeña Señal y Sintonización de dispositivos PSS sobre modelos

AÑO 2023

PLANIFICACION DEL CURSO

Unidad ejecutante:	Instituto de Energía Eléctrica UNSJ-CONICET
Dirección:	Dr. Ing. Delia Graciela Colomé, DNI N°13.487.145
Dictado teórico - práctico	Dr. Ing. Delia Graciela Colomé, DNI N°13.487.145
Duración del curso:	3 semanas
Periodo de dictado de clases:	desde el 21 de noviembre al 5 de diciembre
Cronograma de clases:	21, 23, 24, 27, 28, 29 y 30 de noviembre, 1, 4 y 5 de diciembre de 2023.
Crédito horario:	80 horas totales con 40 horas de clases presenciales teóricas y de actividad práctica y 40 horas de estudio.
Horario de dictado:	días hábiles de 16:00 a 20:00 hs Arg., GMT -3
Lugar:	Instituto de Energía Eléctrica UNSJ-CONICET
Cupo:	Un máximo de 15 participantes.
Tipo de Curso:	de perfeccionamiento para graduados

Objetivos del curso

Objetivo general: Al finalizar el curso, los participantes contarán con el debido know-how en materia de estabilidad de pequeña señal u oscilatoria de los sistemas de transmisión de energía eléctrica, así como también con las herramientas necesarias para afrontar los desafíos que plantean su estudio, evaluación y mejora tanto en la planificación como en la operación de los sistemas eléctricos.

Objetivos Específicos:

- Formar en la comprensión del problema de estabilidad de pequeña señal y en las técnicas para su análisis.
- Brindar los conocimientos teóricos y metodológicos para la evaluación de la estabilidad de pequeña señal a partir del modelo del sistema eléctrico, análisis modal, y del procesamiento de mediciones sincrofasoriales obtenidas en campo durante la operación.
- Brindar los conocimientos teóricos y metodológicos para la mejora de la estabilidad de pequeña señal a partir de la sintonización de dispositivos PSS (Power System Stabilizer).

Destinatarios

Ingenieros Eléctricos o Electromecánicos o Electrónicos, o Profesionales Graduados afines de Instituciones Gubernamentales, Educativas y de I+D o Empresas del Sector Energético-Eléctrico.

Los extranjeros deben enviar los títulos legalizados e incluir la Apostilla de La Haya o la respectiva certificación del Consulado Argentino en los países no firmantes del Convenio.

Modalidad del Curso:

Dictado de clases teóricas y explicación de ejercitación práctica a cargo del personal docente. Resolución de problemas con aplicación de funciones de análisis, simulación de modelos y sintonización.

La ejecución de la actividad práctica del curso se realizará en PC individuales de cada asistente con acceso a o instalación de los programas Matlab y Power Factory de DigSilent. Se procurará la participación activa de todos los asistentes para la fijación de conceptos en cada tema del programa.

Modalidad de dictado: El desarrollo del curso es de modalidad intensiva. Las clases teóricas y prácticas se impartirán de forma presencial en el Instituto de Energía Eléctrica, con la opción de asistir a las clases de forma virtual de manera sincrónica.

Evaluación del Curso: Al finalizar el curso se realizará una evaluación individual final teórico-práctica integradora.

Certificación: Se certificará la aprobación del curso a los participantes que alcancen el 70% de contenidos correctos en la evaluación final. Se controlará la asistencia, que no podrá ser menor que el 80% del total de horas del curso.

Arancel del curso

El arancel es de \$75.000 para residentes de Argentina y U\$S 400 para no residentes. Se tendrán en cuenta los siguientes descuentos: 50% para alumnos de programas de posgrado, 15 % para egresados UNSJ, 15 % para docentes y/o investigadores universitarios. 15 % para profesionales, cuando en cantidad de dos o más pertenezcan a la misma institución/empresa. Es importante destacar que los descuentos no son acumulativos.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN
FACULTAD DE INGENIERIA
INSTITUTO DE ENERGIA ELECTRICA**

Curso de Perfeccionamiento para Graduados

Año 2023

Estabilidad de Pequeña Señal y Sintonización de dispositivos PSS sobre modelos

Programa Sintético

- Motivación
- Características generales de los sistemas de potencia
- Representación de la máquina sincrónica en estudios de estabilidad
- Técnicas y herramientas de teoría de control
- Sistema de excitación de la máquina sincrónica
- Estabilidad de pequeña señal
- Estabilizador del sistema de potencia (Power System Stabilizer - PSSs)
- Metodología de ajuste del PSS por medio de compensación de fase
- Ubicación y procesamiento de mediciones PMU para la identificación en tiempo real de modos oscilatorios

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN
FACULTAD DE INGENIERIA
INSTITUTO DE ENERGIA ELECTRICA

Curso de Perfeccionamiento para Graduados

Año 2023

Estabilidad de Pequeña Señal y Sintonización de dispositivos PSS sobre modelos

Programa analítico

Motivación

Tema 1. Características generales de los sistemas de potencia: Estructura de un sistema de potencia. Requerimientos de desempeño a un sistema de potencia. Control de sistemas de potencia. Estabilidad de sistemas de potencia

Tema 2. Representación de la máquina síncrona en estudios de estabilidad: Transformada dq0. Representación en pu. Ángulo del rotor. Ecuación de movimiento. Parámetros de la máquina síncrona. Modelo de la máquina síncrona para estudios de estabilidad. Límites de capacidad de la máquina síncrona.

Tema 3. Técnicas y herramientas de teoría de control: Sistemas de control. Representación de sistemas de control. Función de transferencia. Diagrama de bloques. Ecuaciones de estado. Estabilidad de sistemas lineales. Análisis de respuesta temporal y técnica del lugar de las raíces. Análisis de respuesta en frecuencia. Controladores típicos.

Tema 4. Sistema de excitación de la máquina síncrona: Requerimientos al sistema de excitación. Elementos de un sistema de excitación. Tipos de sistemas de excitación. Desempeño dinámico del control de excitación. Funciones de control y protección. Modelos de sistemas de excitación.

Tema 5. Estabilidad de pequeña señal: Problemas de estabilidad de pequeña señal. Modos oscilatorios. Estabilidad de sistemas dinámicos. Métodos de análisis de estabilidad de pequeña señal. Análisis modal. Análisis de estabilidad de pequeña señal de un sistema simple. Análisis Modal en el Programa Power Factory de DigSilent. Sistema de dos áreas y cuatro generadores. Métodos para mejorar la Estabilidad de Pequeña Señal.

Tema 6. Estabilizador del sistema de potencia (Power System Stabilizer - PSS): Conexión de los PSSs en los SEPs. Modelo del estabilizador del sistema de potencia. Bloques. PSS de una banda: entrada dual PSS2A. PSS Multibanda. Estabilidad de pequeña señal en un sistema multimáquina. Requisitos técnicos al Estabilizador del Sistema de Potencia (PSS). Procedimiento Técnico N°4 de CAMMESA

Tema 7. Metodología de ajuste del PSS por medio de compensación de fase: Introducción. Análisis dinámico Generador - Barra infinita. Estados de operación analizados en el ajuste del PSS. Compensación de Fase. Análisis de la respuesta en el dominio de la frecuencia. Ajuste de la ganancia. Técnica del Lugar de las raíces. Verificación de amortiguamiento modo local. Estudios por simulación requeridos por CAMMESA. Sintonización del PSS. Verificación de amortiguamiento modo inter área en el sistema de dos áreas y cuatro generadores.

Tema 8. Ubicación y procesamiento de mediciones PMU para la identificación en tiempo real de modos oscilatorios: Análisis de pequeña señal por procesamiento de señales. Identificación paramétrica en línea de modos oscilatorios poco amortiguados o inestables en registros de mediciones PMU. Localización de PMUs y selección de señales

Actividad práctica: Análisis de estabilidad de pequeña señal sistema de dos áreas y 4 generadores en ambiente Power Factory de DigSilent. Análisis Modal. Análisis de alternativas. Análisis de estabilidad de pequeña señal a través del análisis y procesamiento de señales. Análisis Prony. Sintonización de PSS sobre modelo en Matlab/Simulink. Generadores del sistema 2 áreas y 4 máquinas. Generadores de centrales hidráulicas y térmicas del SADI o del Sistema Patagónico Argentino.

Bibliografía

- [1] Prabha Kundur and Om P. Malik. "Power System Stability and Control" Mc Graw Hill, 2022.
- [2] E. V Larsen and Swann. "Applying Power System Stabilizers". Part I, II, III. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 6 June 1981, pp. 3017-3024.
- [3] Graham Rogers. Power System Oscillations. Kluwer's Power Electronics and Power Systems Series. Series Editor: M. A. Pai. 2000, 328 p.
- [4] G. Rogers. "Power System Toolbox", Versión 2. Dynamic Tutorial and Functions, Copyright Joe Chow/ Cherry Tree Scientific Software, 1991-2004. [6] NORMA Std. IEEE 421.5-2005.
- [5] Neby Castrillón Gutierrez. Tesis doctoral: "New methodology to tune PSSs using adaptive and robust control techniques and optimization tools", Universidad Nacional de San Juan, Argentina, febrero 2011.
- [6] Y. Zhang and A. Bose, "Design of Wide-Area Damping Controllers for Interarea Oscillations," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 23, no. 3, pp. 1136-1143, 2008.
- [7] C. Martinez , J. Parashar, J. Dyer, and J. Coroas. "Phasor Data Requirements for real time WideArea Monitoring, Control and Protection Applications" CERTS/EPG, Jan 2005.
- [8] C.A. Juárez, D.G. Colomé, "Tendencias en la supervisión en tiempo real de la estabilidad de pequeña señal de sistemas de potencia" XIII ERIAC Décimo Tercer Encuentro Regional Iberoamericano de CIGRÉ. Puerto Iguazú, Argentina 2009, pp. 1-8.
- [9] J. Quintero, G. Liu, y V. M. Venkatasubramanian, "An Oscillation Monitoring System for Realtime Detection of Small-Signal Instability in Large Electric Power Systems," presented at the Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE, págs. 1-8, 2007.
- [10] T. J. Browne, V. Vittal, G. T. Heydt, y A. R. Messina, "A Comparative Assessment of Two Techniques for Modal Identification From Power System Measurements," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 23, n°. 3, págs. 1408-1415, 2008.
- [11] D. Trudnowski, J. Johnson, y J. Hauer, "Making Prony analysis more accurate using multiple signals," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 14, n°. 1, págs. 226-231, 1999.
- [12] S. Bruno, M. De Benedictis, y M. La Scala, "'Taking the pulse" of Power Systems: Monitoring Oscillations by Wavelet Analysis and Wide Area Measurement System," in Power Systems Conference and Exposition, 2006. PSCE '06. 2006 IEEE PES, págs. 436-443, 2006.
- [13] Amara Graps, "An Introduction to Wavelets," Computing in Science and Engineering, vol. 2, no. 2, pp. 50-61, June 1995.

- [14] P. S. Addison, J. N. Watson, and T. Feng, "Low-Oscillation Complex Wavelets", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 254, No. 4, July 2002, pp. 733-762.
- [15] José L. Rueda, Carlos A. Juárez and István Erlich, "Wavelet-based Analysis of Power System LowFrequency Electromechanical Oscillations", *IEEE Transactions on Power Systems*. (sujeto a aprobación)
- [16] D. K. Lindner, J. Babendreier, and A. M. Hamdan, "Measures of Controllability and Observability and Residues," *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 34, no. 6, pp.648-650, Jun. 1989
- [17] Los Procedimientos XXV Procedimientos técnicos Nro 1 y Nro. 4 de CAMMESA. <https://cammesaweb.cammesa.com/los-procedimientos>.
- [18] D. J. Viscarra and D. G. Colomé, "Determination of oscillatory modes in the SADI from the analysis of PMU measurements in Low Voltage," XIII Latin-American Congress on Electric Power Generation, Transmission and Distribution CLAGTEE 2019, Santiago de Chile, Chile, Octubre 2019. •
- [19] D. J. Viscarra and D. G. Colomé, "Distributed parametric identification of low frequency oscillatory modes in multiple PMU." *IEEE Transmission and Distribution Latin America (T&D-LA)*, Montevideo, Uruguay, Septiembre 2020. •
- [20] O. Ramos, D. J. Viscarra, C. Juarez and D. G. Colomé, "Identificación de modos oscilatorios pocoamortiguados en mediciones PMU del ProyectoMedFasee BT Argentina," XIX Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, San Juan, Argentina, Noviembre 2021.