

Formulario de Aprobación Curso de Actualización 2013

Asignatura: **Generación Eólica**

**Profesor de la asignatura:**

M.Sc. Ing. César Briozzo, Gr 5 - IIE

**Otros docentes de facultad:**

M.Sc. Ing. Ignacio Afonso, Gr.2 – IIE

M.Sc. Ing. Fernando Berrutti, Gr.2 – IIE

**Instituto ó Unidad:** Instituto de Ingeniería Eléctrica

**Departamento ó Area:** Departamento de Potencia

**Fecha de inicio y finalización:** Agosto 2013 – Octubre 2013

**Horario y Salón:** Lunes y miércoles de 18hs a 20hs. Salón a definir.

**Horas Presenciales:** 50 horas

**Arancel:** \$ 12.000

**Público objetivo y Cupos:** Ingenieros Electricistas y Electrónicos. Máximo 20 estudiantes. El cupo se justifica por la acotada disponibilidad de tiempo de los docentes del curso y la carga horaria asociada a la corrección de la prueba escrita y a la corrección de los trabajos finales.

**Objetivos:**

1. Presentar los principios básicos de funcionamiento y control de generadores eólicos.
2. Estudiar el impacto de la inserción de parques eólicos en la operación y control de sistemas eléctricos.
3. Brindar elementos básicos para comprender el modelado de aerogeneradores y parques eólicos para la realización de estudios electromecánicos.

**Conocimientos previos exigidos:**

Principios de funcionamiento y control de máquinas eléctricas, electrónica de potencia, control, estabilidad de sistemas eléctricos de potencia.

**Conocimientos previos recomendados:**

Diseño, protección y control de instalaciones de media y alta tensión.  
Estudios de flujo de potencia. Simulación dinámica de sistemas eléctricos.

**Metodología de enseñanza:**

- **Horas de clase (teórico):** 36 horas
- **Horas de clase (práctico):** 4 horas
- **Horas de clase (laboratorio):** 0 horas
- **Horas de consulta:** 6 horas
- **Horas evaluación:** 4 horas
  - **Subtotal horas presenciales: 50 horas**
- **Horas de estudio:** 20 horas
- **Horas de resolución de ejercicios:** 0 horas
- **Horas proyecto final/monografía:** 20 horas
  - **Total de horas de dedicación del estudiante: 90 horas**

**Forma de evaluación:**

- Una prueba individual escrita de 60 puntos al finalizar el punto 5 del temario.
- Un trabajo grupal al finalizar el curso de 40 puntos.

La prueba individual es eliminatoria debiendo alcanzarse un mínimo de 30 puntos.

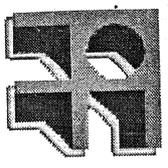
La suma del puntaje de las evaluaciones debe ser de al menos 60 puntos para obtener la ganancia del curso.

Temario:

- 1. Características del recurso eólico**  
Modelado del recurso. Disponibilidad energética en sistemas de conversión eólicos. Diferencias eléctricas entre centrales de generación convencionales y parques eólicos.
- 2. Descripción general de funcionamiento de aerogeneradores**  
Sistemas de orientación (yaw). Sistemas de control de potencia (pitch, stall, active stall). Curvas de potencia – velocidad.
- 3. Topologías eléctricas de aerogeneradores**  
Aerogeneradores velocidad fija: generadores asíncronos de jaula; generadores de inducción con resistencias rotóricas. Aerogeneradores de velocidad variable: generadores de inducción doblemente alimentados (DFIG); generadores de interfaz electrónica (Full Converter).
- 4. Principio de funcionamiento y control de aerogeneradores**  
Lógica de operación y control de turbinas eólicas de velocidad variable. Conceptos fundamentales de control de aerogeneradores de velocidad variable. Principio de funcionamiento de aerogeneradores DFIG. Transformación de Park aplicada a control de aerogeneradores DFIG. Control desacoplado de potencia activa y reactiva. Control de velocidad de máquinas de inducción de rotor bobinado. Controles estándar de convertidores de máquina. Controles estándar de convertidores de red. Funciones de control para aplicaciones especiales: control de tensión, control de frecuencia, amortiguamiento de oscilaciones de potencia eléctrica, inercia artificial. Funcionamiento del aerogenerador frente a perturbaciones severas, como son los huecos de tensión. Principio de funcionamiento de aerogeneradores Full Converter.
- 5. Diseño eléctrico y centros de control en parques eólicos**  
Diseño físico de parques eólicos, on-shore y off-shore. Conceptos generales sobre centros de control de parques eólicos. Control de potencia reactiva y tensión centralizados. Control de potencia activa y frecuencia centralizados.
- 6. Análisis de modelos de parques eólicos para estudios de estabilidad transitoria**  
Conceptos generales de modelado electromecánico. Modelado de parques eólicos basados en aerogeneradores DFIG y Full Converter. Introducción a la simulación dinámica de parques eólicos.
- 7. Impacto de parques eólicos en el desempeño de la red eléctrica**  
Consideraciones sobre la inserción a gran escala de generadores de velocidad variable. Influencia de los parques eólicos sobre el desempeño dinámico de la red eléctrica. Influencia frente a cortocircuitos y huecos de tensión. Influencia sobre la estabilidad oscilatoria. Participación en el control primario y secundario de frecuencia. Reserva rotante.
- 8. Reglamentación aplicada a la inserción de generación eólica (códigos de red)**  
Requerimientos sobre rangos de operación de tensión y frecuencia.  
Característica P-Q y control de potencia reactiva. Requerimientos para soportar huecos de tensión.

Bibliografía:

- Wind power in power systems. T. Ackermann. J.Wiley & Sons. ISBN 0-470-85508-8. Año 2005.  
Induction generators for wind power. V. Akhmatov. Multi-Science Publishing Co.. ISBN: 0-906522-40-4. Año 2005.  
Wind energy generation modelling and control. O. Anayalara. J.Wiley & Sons. ISBN: 978-0-470-71433-1. Año 2009.  
Optimal control wind energy systems. I. Munteanu. Springer. ISBN 978-1-84800-079-7. Año 2008.  
Vector control of three-phase machines. N.P.Quang, J.A. Dittrich. Springer. ISBN: 978-3-540-79028-0. Año 2008.  
Variable speed generators. I. Boldea. CRC Press. ISBN: 978-0-8493-5715-2. Año 2006.  
Voltage-sourced converters in power systems. A. Yazdani. IEEE Press. ISBN: 978-0-470-52156-4. Año 2010.  
Wind turbine control systems. F.D. Bianchi, H. De Battista, R.J. Mantz. Springer. ISBN 1-84628-492-9. Año 2007.  
The Induction Machine Handbook. I. Boldea. CRC Press. ISBN 0-8493-0004-5. Año 2002.  
Doubly Fed Induction Machine: Modeling and Control for Wind Energy Generation. Gonzalo Abad. IEEE Press. ISBN-13: 978-0470768655. Año 2011.  
Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. José Luis Rodríguez Amenedo. Rueda, S.L . ISBN-13: 978-8472071391. Año 2003.



**EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA EN SESIÓN ORDINARIA DE FECHA 11 DE ABRIL DE 2013, ADOPTO LA SIGUIENTE RESOLUCIÓN:**

507.

**(Exp. N° 060170-002487-12)** - Visto la solicitud de la Comisión del Instituto de Ingeniería Química y el informe de la Comisión Académica de Posgrado. Tomar conocimiento de que en el año lectivo 2013 se dictarán los siguientes cursos de posgrado que ya habían sido aprobados por el Consejo en años anteriores:

- "Fundamentos de la Producción de Papel"
- "Economía y Mercado de pulpa de celulosa y papel"
- "El complejo forestal en el Uruguay"
- "Biodiesel"
- "Conversión electroquímica de energía"
- "Fundamentos del sector energético"

(7 en 7)

*Liliana Kastanas*

DECANO INTERINO

Montevideo, 12 de Abril de 2013

Pase al DEPARTAMENTO DE BEDELÍA a sus efectos. Cumplido, archívese.

*Liliana Kastanas*

LILIANA KASTANAS  
DIRECTORA  
Dpto. de Apoyo al Cogobierno