

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
EL7033	Control e Integración a la Red de Sistemas Eólicos de Generación			
Nombre en Inglés				
Control and Grid Integration of Wind Energy Systems				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	4	2	4
Requisitos			Carácter del Curso	
Autorización				
Resultado de Aprendizaje del Curso				
<p>Al final del curso se espera que el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evalúe las técnicas de control de convertidores de potencia y máquinas eléctricas para la operación de sistemas eólicos conectados a la red o alimentando una carga aislada. 2. Diseñe sistemas de control para máquinas eléctricas y convertidores de potencia en aplicaciones eólicas 3. Modele y simule la operación de sistemas eólicos para suministrar energía a una red eléctrica o a una carga aislada. 				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La metodología de trabajo será activo-participativa, en donde se desarrollarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cátedras expositivas. • Tareas. 	<p>La evaluación permitirá que los estudiantes demuestren los resultados de aprendizaje alcanzados en los distintos momentos del proceso de enseñanza, siendo éstos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles. • Tareas. <p>El examen dará cuenta del resultado de aprendizaje del curso.</p>

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Sistemas eólicos de generación operando a velocidad variable	3 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1.1. Conceptos básicos relacionados con energía eólica. Coeficiente de Betz, coeficientes de torque y potencia, ángulo de ataque, razón de punta de aspa.</p> <p>1.2. Clasificación del régimen de vientos de acuerdo a su turbulencia. Vientos tipo I, II, etc.</p> <p>1.3. Operación de turbinas eólicas a velocidad fija y variable.</p> <p>1.4. Sistemas eólicos de generación utilizando tecnologías sincrónicas y asincrónicas.</p> <p>1.5. Topologías disponibles comercialmente. Sistemas eólicos de generación con cajas multiplicadoras, sistemas sin cajas multiplicadoras, híbridos.</p> <p>1.6. Estrategias de control de sistemas eólicos. Maximización de la captura de energía, control de frecuencia, emulación de inercia.</p> <p>1.7. Operación de sistemas eólico-diesel.</p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante demuestre que puede:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compara y selecciona topologías para sistemas eólicos de generación. 2. Analiza las no linealidades y no idealidades de sistemas eólicos de generación. 3. Discrimina las limitaciones propias de un sistema eólico de generación. 4. Evalúa las ventajas y desventajas de los sistemas de control utilizados en sistemas eólicos. 	[1],[2],[3],[6],[7]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Convertidores de Potencia Utilizados en Sistemas Eólicos	4 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>2.1. Convertidores back-to-back de tres entradas, tres salidas y de tres entradas y cuatro salidas.</p> <p>2.2. Modulación vectorial para convertidores tipo fuente de voltaje de cuatro piernas.</p> <p>2.3 Convertidores multiniveles tipo NPC, convertidores implementados con puentes H y convertidores con condensadores volante.</p> <p>2.4 Técnicas de modulación para convertidores multiniveles.</p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñe esquemas de modulación para sistemas de generación eólica 2. Evalúe las topologías de electrónica de potencia utilizadas en sistemas eólicos de generación. 3. Diseñe sistemas de control de potencia activa y reactiva, para aplicaciones eólicas. 	[3],[4],[5],[7],[9]

<p>2.5 Convertidores matriciales directos e indirecto. Técnicas de modulación para convertidores matriciales.</p> <p>2.6 Convertidores matriciales de cuatro piernas para sistemas desbalanceados.</p> <p>2.7 Sistemas comerciales basados en convertidores back-to back.</p> <p>2.8 Estrategias de control de potencia activa y reactiva para sistemas eólico.</p>		
---	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Técnicas de control utilizadas en sistemas eólicos de generación	4 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>3.1. Técnicas de control vectorial sensorless para máquinas de inducción jaula de ardilla y máquinas de inducción de rotor bobinado.</p> <p>3.2. Modelos linealizados utilizados en el diseño de sistemas de control vectorial sensorless.</p> <p>3.3. Técnicas de control para máquinas sincrónicas de rotor bobinado e imanes permanentes.</p> <p>3.4. Control resonante de sistemas de generación. Ventajas y desventajas del control vectorial vs. control resonante.</p> <p>3.5. Control de convertidores para alimentar cargas aisladas.</p> <p>3.6. Modelación de sistemas trifásicos desbalanceados. Cálculo de los componentes de secuencia positiva, negativa y cero en procesadores digitales.</p> <p>3.7. Efectos de conectar generadores de inducción en sistemas desbalanceados.</p> <p>3.8. Técnicas de control utilizadas para conectar sistemas eólicos a redes desbalanceadas.</p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Diseñe sistemas de control vectorial sensorless para generadores eólicos. Diseñe sistemas de control resonante para convertidores de potencia. Compare los esquemas de control vectorial y resonante para sistemas eólicos balanceados y desbalanceados. Evalué los efectos de conectar sistemas eólicos de generación en redes desbalanceadas. 	[4], [5],[6]-[9].

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Control tolerante a falla de sistemas eólicos conectados a la red.	4 Semanas
Contenidos	Resultados de Aprendizaje de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>4.1 Concepto de Fault Ride-Through en sistemas eléctricos.</p> <p>4.2 Fallas transitoria en la red. Definición de fallas simétricas y asimétricas. Clasificación de las fallas asimétricas en tipo A, B, C. etc.</p> <p>4.3 Regulaciones existentes para controlar sistemas eólicos de generación en condiciones de falla.</p> <p>4.4 Estrategias de control tolerante a fallas. Inyección de potencia activa, o activa reactiva. Uso del <i>crow-bar</i> para regular la tensión del enlace DC.</p> <p>4.5 Control vectorial de generadores de inducción de doble excitación para fallas simétricas balanceadas o desbalanceadas.</p> <p>4.6 Control de un convertor back-to-back en el caso de fallas simétricas balanceadas y desbalanceadas.</p> <p>4.7 Dimensionamientos de convertidores y del "<i>crow bar</i>" al operar en condiciones de falla transitoria.</p>	<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñe esquemas de control utilizados en convertidores tipo back-to-back para fallas transitorias en la red. 2. Compare las distintas estrategias de control tolerante a fallas para regular la potencia activa y reactiva. 3. Evalúe las ventajas y desventajas de distintas máquinas eléctrica para operar en condiciones de falla simétricas o asimétricas. 	<p>[1], [2],[8-9]</p>

Bibliografía

Bibliografía Básica

- [1] S. Heier, *“Wind Energy Conversion Systems”*, Wiley and Sons, 2ed. 2006. Capítulos 2-6
 [2] Thomas Ackermann, *“Wind Power in Power Systems”*, Wiley and Sons, 2005, 1st edition, Capítulos 3-7.
 [3] Remus Teodorescu, Marco Liserre, Pedro Rodríguez, *“Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems”*, Wiley-IEEE, 1st edition 2011.

Bibliografía Complementaria

- [4] Simone Buso, *“Digital Control in Power Electronics”*, Morgan and Claypool Publishers, 1st edition, 2006, Capítulos 4-5.
 [5] Jogendra Singh Thongam, *“High Performance Sensorless Induction Motor Drive: Vector Control and Estimation”*, LAP LAMBERT Academic Publishing, 1st edition, 2010.
 [6] Diapositivas de accionamientos y control de máquinas eléctricas. Professor Greg Asher Universidad de Nottingham. 2009.
 [7] M. Prats, *“Nuevas Técnicas de Modulación para Convertidores Electrónicos de Potencia Multinivel”* (Ph.D Thesis), Universidad de Sevilla, 2004.
 [8] , R.; Molinas, M.; Rodriguez, J.; , *“Overview of Multi-MW Wind Turbines and Wind Parks,”* Industrial Electronics, IEEE Transactions on , vol.58, no.4, pp.1081-1095, April 2011.
 [9] Carrasco, J.M.; Franquelo, L.G.; Bialasiewicz, J.T.; Galvan, E.; Guisado, R.C.P.; Prats, Ma.A.M.; Leon, J.I.; Moreno-Alfonso, N.; , *“Power-Electronic Systems for the Grid Integration of Renewable Energy Sources: A Survey,”* Industrial Electronics, IEEE Transactions on , vol.53, no.4, pp.1002-1016, June 2006.

Vigencia desde:	Octubre 2011
Elaborado por:	Roberto Cárdenas
Revisado por:	Doris Sáez Luis Vargas Claudia Rahmann Área de Desarrollo Docente (ADD)