



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Energía Eléctrica (DEE)
2. Departamento de Electrónica y Automatización Industrial (DACI)

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Energías Renovables
2. Máquinas Eléctricas
3. Sistemas Eléctricos de Potencia

1 Proyecto de Investigación

Título: Modelación, simulación y control de aerogeneradores con máquina sincrónica de baja velocidad de imanes permanentes utilizando MATLAB

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Dado el auge de la generación eólica como fuente renovable de energía eléctrica, se propone realizar un estudio sobre el aerogenerador con máquina sincrónica de baja velocidad de imanes permanentes, en estado estable y dinámico conectado a una barra infinita.

Los componentes aerodinámicos incluyen viento y hélices y el sistema de control del ángulo de inclinación de las hélices de un aerogenerador de velocidad variable; en tanto que, los componentes eléctricos y de control constituyen máquina sincrónica multipolo de imanes permanentes, convertidor estático de frecuencia, estrategias de control del convertidor y red eléctrica.

Se utilizará la modelación de los componentes descritos para el desarrollo de un programa en la plataforma computacional MATLAB. Se estudiará el comportamiento y las estrategias de control del aerogenerador con generador sincrónico multipolo PMSG (en inglés: Multipole Permanent Magnet Synchronous Generator Wind Turbine), es decir sin caja multiplicadora de velocidad, en estado estable y dinámico. La inicialización de todos componentes se efectuará en base a las respuestas de estado estable, considerando un punto de operación normal.

Finalmente, se construirá un prototipo de aerogenerador con PMSG que será sometido a diferentes condiciones de operación y cuya respuesta será contrastada con el modelo desarrollado.

Palabras clave (4-6): Aerogenerador, máquina sincrónica de imanes permanentes, control vectorial, convertidor estático de frecuencia.



Dirección particular:		Teléfono oficina:
		Ext. EPN:
		Correo electrónico:
Formación de pregrado y posgrado		
Títulos	Fecha	Institución / Universidad

5	Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación
	<p>5.1 Objetivos</p> <p>5.1.1 Objetivo General</p> <p>Realizar la modelación, simulación y control de aerogeneradores con máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) de imanes permanentes para la operación en estado estable y dinámico mediante un programa desarrollado en el paquete computacional MATLAB.</p> <p>5.1.2 Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none">Implementar un modelo de los componentes aerodinámicos: viento y hélices y el sistema de control del ángulo de inclinación de las hélices de un aerogenerador de velocidad variable.Implementar un modelo de una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) de imanes permanentes, convertidor estático de frecuencia y sistema de control del convertidor para operación en estado estable y estado dinámico.Desarrollar un programa en la plataforma computacional MATLAB utilizando la modelación de los componentes del aerogenerador con máquina sincrónica (multipolo) PMSG.Construir un prototipo de planta de generación eólica utilizando PMSG y sus sistemas de control asociados.Comparar los resultados obtenidos del modelo con respecto a los obtenidos con el prototipo a construirse. <p>5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de Investigación asociadas</p> <p>La instalación de centrales eólicas para la producción de energía eléctrica alrededor del mundo ha aumentado rápidamente en la última década. En países como Dinamarca, Inglaterra y Alemania se han instalado parques eólicos en las riberas de los mares con el propósito de aprovechar los vientos altamente uniformes que se generan en dichas zonas. Desde que se empezó a utilizar el viento para producir electricidad se han desarrollado diversos tipos de aerogeneradores con diferente tecnología, mismos que han permitido mejorar el aprovechamiento de la energía cinética del viento.</p> <p>La modelación de los componentes aerodinámicos, mecánicos, eléctricos y de control del aerogenerador con una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) PMSG permitirá conocer profundamente la función, características durante la operación y limitaciones de cada uno de ellos. Además, al finalizar el proyecto de investigación se tendrá disponible un programa para la simulación de este tipo de aerogenerador con fines investigativos y académicos.</p> <p>Las líneas de investigación asociadas al proyecto son: Energías Renovables, Máquinas Eléctricas y Sistemas Eléctricos de Potencia, sobre la base de que los aerogeneradores con una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) PMSG permiten la producción de electricidad mediante el aprovechamiento del viento como recurso renovable, el cual incide sobre las hélices que están conectadas al rotor del generador sincrónico. Luego, el generador convierte la energía mecánica a energía eléctrica, misma que es entregada a una barra infinita del sistema eléctrico de potencia.</p>



5 **Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

5.3 Productos esperados

- a. Publicaciones científicas (obligatorio);
- b. Disertación a la Comunidad Politécnica;
- c. Proyecto de Titulación;
- d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);
- e. Aplicación tecnológica construida o implementada;
- f. Patente presentada;
- g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.

5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Establecimiento de un esquema matemático para la simulación y modelación: del viento como fuerza motriz para generación de electricidad y de las hélices como mecánico para la transformación de energía eólica a energía mecánica. En tanto que el aprovechamiento óptimo de la energía del viento se realiza mediante un sistema de control del ángulo de inclinación de la hélices. Además, el control del ángulo permite disponer de un medio de frenado del aerogenerador.
- b. Definición un esquema matemático de: una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) de imanes permanentes funcionando como generador eléctrico, un convertidor estático de frecuencia basado en elementos de electrónica de potencia así como un sistema de control del convertidor para suministro de potencia activa y potencia reactiva en operación en estado estable y estado dinámico.
- c. Elaboración de una aplicación digital programada en la plataforma computacional MATLAB para estudio de la operación de aerogeneradores con generador sincrónico PMSG conectado a una barra infinita.
- d. Contrastación de resultados del funcionamiento en estado estable y dinámico del modelo propuesto con aquellos obtenidos en el prototipo de central de generación eólica.



6 Descripción, metodología y cronograma de trabajo

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA DEL PROYECTO:

En el presente proyecto se plantea el establecimiento de un esquema matemático para la simulación y modelación de centrales eólicas [1], [2]. Específicamente, se tomará en cuenta la modelación del viento como fuerza motriz para generación de electricidad y de las hélices como la parte mecánica para la transformación de energía eólica a energía mecánica [3], [4]. En tanto que el aprovechamiento óptimo de la energía del viento se realiza mediante un sistema de control del ángulo de inclinación de la hélices. Además, el control del ángulo permite disponer de un medio de frenado del aerogenerador [5], [6].

Adicionalmente, se planteará el esquema matemático de: una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) de imanes permanentes funcionando como generador eléctrico, y un convertidor estático de frecuencia basado en elementos de electrónica de potencia así como un sistema de control del convertidor para suministro de potencia activa y potencia reactiva en operación en estado estable y estado dinámico [7], [8], [9].

Todos los elementos descritos anteriormente, se utilizarán en la elaboración de una aplicación digital programada en la plataforma computacional MATLAB para estudio de la operación de aerogeneradores con generador sincrónico PMSG conectado a una barra infinita.



Finalmente, se construirá un prototipo de una planta de generación eólica basada en PMSG que será sometido a diferentes condiciones de operación y cuya respuesta será contrastada con el modelo desarrollado [10], [11]. Este prototipo será integrado en prácticas de laboratorio para la cátedra de Energías Renovables y Máquinas Eléctricas.

Para el efecto se plantea:

FASE 1: Estudio del estado del arte.- Se realizará una revisión del estado del arte para:

- Aerogenerador con una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) PMSG y su sistema de modelación y control
- Inversor y su sistema de control
- Condiciones de operación de centrales de generación eólica con PMSG.

FASE 2: Desarrollo del modelo de PMSG y sus sistemas de control.-

Aquí se definirá el esquema matemático de: una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) de imanes permanentes funcionando como generador eléctrico, un convertidor estático de frecuencia basado en elementos de electrónica de potencia así como un sistema de control del convertidor para suministro de potencia activa y potencia reactiva en operación en estado estable y estado dinámico.

FASE 3: Construcción de un prototipo de planta de generación eólica

Se construirá un prototipo de planta de generación eólica para emular su funcionamiento, para lo cual se requerirá realizar pruebas en el laboratorio de máquinas eléctricas.

FASE 4: Contratación de prototipo y modelo.- Es indispensable contar con algoritmos que permitan contrastar los datos relevados en el prototipo y los obtenidos con el modelo desarrollado.

METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO:

Revisión Bibliográfica:

Revisión de documentos y artículos técnicos relacionados con aerogenerador con una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) PMSG y su sistema de modelación y control.

Discusiones Técnicas:

Reuniones con grupos técnicos expertos en el tema de modelación, control y operación de aerogeneradores con tecnología PMSG.

Visitas Técnicas:

A la central Villonaco, emblema de la capacidad de generación de energía eólica renovable en el país, que dispone de este tipo de tecnología.

Síntesis, Análisis y Presentación de Resultados Finales:

Análisis de los productos, revisiones, reuniones de presentación de los resultados del trabajo de investigación y elaboración de informes finales.

Elaboración de Artículos Técnicos:

Redacción de Artículos Técnicos e Informes de Proyectos de Titulación.



	Segundo Año						
	Porcentaje de avance por mes						
	Actividad	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	
Construcción del prototipo de aerogenerador PMSG y sus sistemas de control	30%	40%					70%
Instalación y pruebas en laboratorio del prototipo	25%	25%	25%	25%			100%
Estructuración del modelo en MATLAB	50%	50%					70%
Mediciones y contrastación del modelo y del prototipo			25%	25%	25%	25%	100%
Preparación de artículos	10%	10%	10%	10%	30%	30%	100%
Reportes e informes	5%	5%	10%	10%	10%	10%	50%

7 Fechas de inicio y fin

Inicio: Enero 2016

Finalización: Diciembre 2017

8	<p>Infraestructura, equipos y fondos adicionales.</p> <p>8.1 Infraestructura y equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica</i> <p>8.2 Breve justificación del equipo requerido</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Prototipo de aerogenerador con una máquina sincrónica de baja velocidad (multipolo) PMSG y su inversor con sus respectivos sistemas de control: Este equipo constituye la implementación física, real de un aerogenerador y servirá para contrastar y validar el modelo a ser desarrollado. - 2 Discos externos de 2TB de capacidad: Estos dispositivos permitirán almacenar la información de las pruebas del prototipo para contrastar con el modelo a ser desarrollado. - 2 Computadores Laptop Intel Core I7 (por adquirir): Para instalación y desarrollo de software para adquisición, estructuración y monitoreo de datos. Adicionalmente estos equipos portátiles servirán para presentaciones técnicas en reuniones. - 2 Computadoras Desktop Intel Core I7 (por adquirir): Para instalación y desarrollo de software para adquisición, estructuración y monitoreo de datos y su uso fundamental para los investigadores. - Kit de herramientas de instalación eléctrica y electrónica: Se especificará los equipos y herramientas necesarios para la instalación de los componentes y equipos descritos.
----------	--



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PRESUPUESTO PROYECTO JUNIOR 2015
PIJ-15-24

AÑO 1		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (USD \$)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>	0,00	0,0
2. Maquinaria y Equipos	46.777,92	97,7
3. Reactivos y materiales de laboratorio	0,00	0,0
4. Literatura especializada	0,00	0,0
5. Viajes técnicos y de muestreo	1.118,08	2,3
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	0,00	0,0
TOTAL AÑO 1	47.896,00	100,00

AÑO 2		
Lista de ítems	Cantidad solicitada (USD \$)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>	20.496,00	65,1
2. Maquinaria y Equipos	0,00	0,0
3. Reactivos y materiales de laboratorio	0,00	0,0
4. Literatura especializada	0,00	0,0
5. Viajes técnicos y de muestreo	3.000,00	9,5
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	8.000,00	25,4
TOTAL AÑO 2	31.496,00	100,00
PRESUPUESTO TOTAL	79.392,00	

Firma del Director del Proyecto	
Quito, 12 de octubre de 2015 Nombre: JESÚS JATIVA IBARRA C.C.: 1704904570	 Firma del Director

✓
Registrado