

## III Jornada del Programa Tecnología de las Organizaciones

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda

### Estudio de Controles de Paso de Pala para Generador eólico de Baja

Potencia, (UTN1899)

Alejandro Blas de Villaflor, Facultad Regional Haedo, París 532 Haedo, Bs. As

Andrés Persello, Facultad Regional Haedo, París 532 Haedo, Bs. As

Germán Garcia Motto, Facultad Regional Haedo, París 532 Haedo, Bs. As

Ruben Domingo Bufanio, Facultad Regional Haedo y del Neuquén, París 532 Haedo, Bs.

As, Pedro Rotter S/N, Plaza Huinca, Neuquén.

[ruben.bufanio@speedy.com.ar](mailto:ruben.bufanio@speedy.com.ar), [rbufanio@frh.utn.edu.ar](mailto:rbufanio@frh.utn.edu.ar), [perselloa@hotmail.com](mailto:perselloa@hotmail.com),

**Director:** Hugo Garbuglia, Facultad Regional Haedo, [hugogar@ciudad.com.ar](mailto:hugogar@ciudad.com.ar),

**Palabras Clave:** Eólica, Pala, Control

#### Resumen

El presente trabajo tiene el propósito de incrementar capacidades en el área energética, clave en el desarrollo de una región, con el menor daño medio ambiental y en forma sustentable. Dentro de este marco, se erige la generación por recurso eólico como una de la más importante. La Argentina cuenta con sitios inmejorables respecto a capacidad de recurso eólico, entre ellos es de destacar la Patagonia, con medias de densidad de potencia del viento por encima de muchas regiones del mundo en donde la energía eólica es de vital importancia.

Las características particulares de las condiciones atmosféricas de estos lugares, como por ejemplo, el alto nivel de turbulencia, hace necesario el estudio de diferentes métodos de trabajo de las turbinas eólicas de baja potencia, con el objetivo de obtener el mejor desempeño respecto a la producción, reducción de costos y aumento de vida útil.

Por ello se propone:

La optimización del rotor de un generador eólico, de potencia por debajo de los 10kW, para propender a un mejor desempeño en la obtención de energía del viento.

Modificar el paso de pala, por encima de velocidad de viento nominal, de manera de incrementar las condiciones de amortiguamiento de cargas aerodinámicas y por ende disminuir la fatiga del dispositivo electroproductor.

Desarrollar, en principio, un rotor por control de potencia por pérdida aerodinámica "Stall" (por su definición en inglés) de paso fijo y luego con controles de paso de pala, para este último a través de sistema netamente mecánico con centrífugos, como por acción de controles electromecánicos por medio de servomecanismos y control electrónico.

Modelar, por medio de programa computacional, un método de control de potencia por paso de palas, haciendo énfasis a la zona de trabajo de la turbina eólica por encima de viento nominal de manera de poder comparar contra ensayos de laboratorio y campo.

Obtener conclusiones entre los prototipos planteados, tanto del punto de vista de desempeño estructural como de extracción de energía.

## III Jornada del Programa Tecnología de las Organizaciones

### Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda

Realizar análisis técnico-económico, fundamentalmente entre el sistema de control de potencia por "Stall" o pérdida aerodinámica (sin paso de pala) respecto de los de paso variable.

#### Grado de Avance

Como se indicó en el apartado anterior, se dio comienzo (a finales de año 2012) a la construcción de un prototipo de generador eólico de 700W de potencia, con control de potencia por paso de pala fijo. En paralelo a esto se trabaja sobre modelado computacional del control de potencia por paso de pala y estudio de la mejor opción de control centrifugo para el próximo prototipo experimental.

#### Descripción de la Tarea desarrollada para primer prototipo (paso de pala fijo)

Construcción de generador sincrónico a imanes permanentes

- a) Determinación de número de vueltas y sección de bobinas de estator
- b) Armado de molde estator
- c) Montaje de bobinas generador y conexión dentro de molde estator
- d) Determinación de tipo y cantidad de imanes de rotor (n° de polos)
- e) Construcción de rotor generador con imanes permanentes

Construcción de rotor aerodinámico

- a) Determinación de material y dimensiones aerodinámicas para la construcción de las palas
- b) Construcción de palas
- c) Ensamblaje de las palas y equilibrio de rotor

Construcción sistema mecánico

- a) Construcción cuerpo aerogenerador
- b) Desarrollo de tren de transmisión mecánico
- c) Construcción cola aerogenerador (furling)

Sistema eléctrico

- a) Cálculo de rectificador y regulador de voltaje
- b) Estimación de dimensionamiento de baterías y dump load.
- c) Armado de tablero eléctrico

Ensamble y prueba aerogenerador

- a) Montaje generador eléctrico y prueba previa con variador de velocidad/motor eléctrico.
- b) Montaje de caja estanca para distribución de energía generada y furling

#### Resultados de la tarea desarrollada

Culminación del aerogenerador de paso de pala fijo de 700W de potencia y prueba de su generador. Para esta labor se construyó y se muestra en las siguientes figuras, una carga variable que permite recorrer, en función del valor de resistencia elegido, diferentes niveles de potencia de generación. Esta se conecta al generador trifásico a través de la placa reguladora de voltaje en conjunto con un motor acoplado a su eje y como entrada de alimentación al mismo un variador de velocidad de manera de recorrer diferentes frecuencias y obtener, en correspondencia, la relación con revoluciones del generador dentro de su rango de trabajo, forma y frecuencia de su salida, tensión rectificada de carga óptima de baterías (para este caso de voltaje nominal 24V), y desempeño de acuerdo a diferentes valores de carga resistiva

## III Jornada del Programa Tecnología de las Organizaciones

### Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda

utilizada. Para la obtención de las medidas se utilizaron osciloscopio conectado a la salida del aerogenerador, un multímetro digital a la salida del rectificador trifásico que alimenta la carga variable y un medidor de calidad de energía (Fluke 435) a la entrada del variador de velocidad. Los resultados se muestran en la siguiente tabla y conclusiones en próximo apartado.



R Carga [Ω]	RPM motor	F variador [Hz]	F generador [Hz]	Vo [V]	S [%]	P entrada [W]	P salida [W]	Pérdida motor [W]
Vacio	272	9.2	27.2	28.25	1%	178	0	3
4	302.3	12.2	30.23	28.18	17%	492	198.5	86
2	328	15.8	32.8	28.26	31%	1200	399.3	370
1.34	250.5	14.67	25.05	22	43%	1420	362	610.6

Pérdidas nominales aproximadas: Generador (cobre) 80W, Variador 60W, Rectificador + Schottky 60 W, Pérdidas mecánicas motor 178W.

### Conclusiones

Se observa en las medidas anteriores el buen desempeño del generador de acuerdo a los valores previamente calculados de tensión de salida en función de velocidad de giro.

Las pérdidas de potencia del aerogenerador no superan los 80W (en la mayor potencia de trabajo, alrededor de 400W de salida), lo cual indica un rendimiento mayor al 80%, acorde a lo previamente calculado.

Aunque se utiliza un variador de velocidad y motor en potencias de más del doble del aerogenerador (1500W), no es posible llegar a la nominal de este último (700W). Esto se debe a que el acople directo entre el motor y el generador hace trabajar al primero fuera de su punto óptimo de trabajo (1500rpm), lo cual produce grandes pérdidas por deslizamiento limitando en potencia al variador de velocidad. Para solucionar el problema se está construyendo una reducción 3.5/1 y se practicarán nuevamente todas las mediciones. Finalizado lo anterior se probará el sistema completo con regulador de voltaje y baterías de manera de evaluar el sistema completo.

En base a resultados de ítem anterior se pretende montar el aerogenerador en una torre con sensores de medición de recurso y sistema de monitoreo dentro de laboratorio de electrónica, de manera obtener la curva de potencia y evaluar el desempeño del rotor con paso de pala fijo.