

INFORME DEL PROYECTO REF.SV-24-GIJÓN-1-14

Título del proyecto: Diseño del Sistema de Control de una Turbina Savonius con regulación de la posición de pala

Fechas inicial y final del proyecto:

01 / 09 / 2024 al 31 / 12 / 2024

Investigador/a Principal:

Antonio j. Calleja Rodríguez

Otros investigadores:

Manuel Rico Secades, Pablo Quintana Barcia, Emilio López Corominas', Eduardo Álvarez Álvarez, Aitor Fernández Jiménez.

Personal contratado:

Pelayo Fernández Padilla

Fechas inicial y final de contratación:

01 / 09 / 2024 al 31 / 12 / 2024

Empresas o instituciones colaboradoras:

I4life marian@i4life.es (María Antonia García Prieto) <https://www.i4life.es> - TSK
Electrónica y Electricidad, S. A, Dr. Juan Luis Carús Candás, <https://www.grupotsk.com/>.

Redes sociales de investigadores y empresas:

Añade los respectivos enlaces de los participantes y colaboradores del proyecto.

Resumen Gráfico

En la Fig. 1 se muestran los elementos mecánicos en rotación de una turbina hidrocinética acoplada al rotor de un generador (PMG), que incluye un sensor de par y de velocidad de rotación acoplado al eje turbina-PMG. Se muestra un equivalente eléctrico que permite el estudio del sistema considerando todos los elementos mecánicos. Se observa como la potencia hidráulica extraída del fluido se convierte en potencia mecánica en el eje turbina-PMG para posteriormente convertirse en potencia eléctrica a la salida del PMG.

$$P_h = T_h \cdot \omega_{mec} \longrightarrow P_{mec} = T_{mec} \cdot \omega_{mec} \longrightarrow P_e = T_e \cdot \omega_{mec}$$

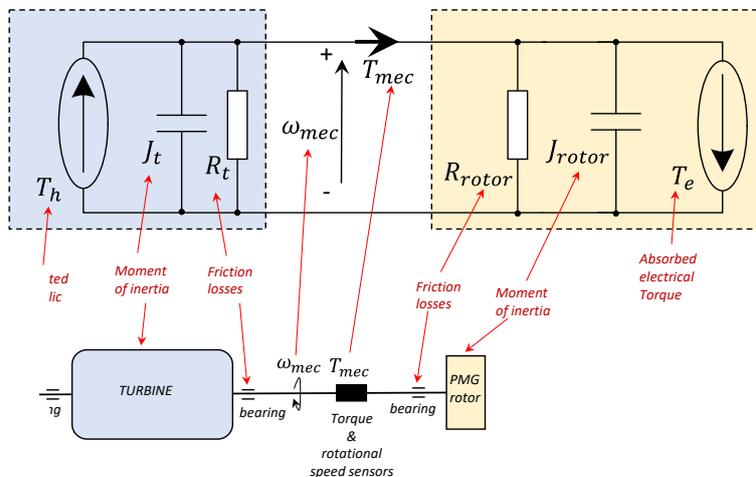


Figura 1

Si vamos ahora a la parte eléctrica no rotativa del sistema, en la Fig. 2 se pueden ver los elementos fijos (no rotacionales) del sistema de turbina hidrocinética, que constituyen ya la parte electrónica del sistema de generación de energía. Incluye el estator del PMG, un sensor electrónico para la medida de la frecuencia eléctrica, la etapa de electrónica de potencia que extrae energía del PMG para entregarla a las etapas de continua (bus o batería) y el sistema MCU encargado de implementar el algoritmo MPPT. La propia figura enfatiza como la potencia eléctrica en alterna a la salida del PMG se entrega como potencia eléctrica en continua a la salida de la etapa MPPT de electrónica de potencia.

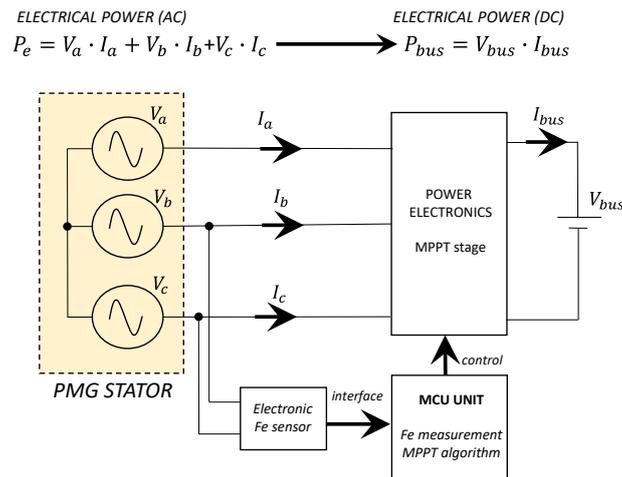


Figura 2.- Sistema PMG, potencia, y sistema MPPT

Memoria descriptiva del proyecto

1. Resumen ejecutivo

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un sistema que permita ajustar la posición de las palas de una turbina para maximizar su eficiencia energética mediante la implementación del seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés). Para alcanzar este objetivo, se ha estructurado un plan de trabajo detallado, que incluye las siguientes etapas:

- Diseño del mecanismo de regulación de las palas: Se diseñará un sistema mecánico que permita ajustar el ángulo de las palas de la turbina, optimizando su rendimiento en función de las condiciones del viento.
- Selección del motor, tipo imanes permanentes con control electrónico, de regulación: Se elegirá un motor adecuado para realizar los ajustes necesarios en las palas, teniendo en cuenta criterios de eficiencia, durabilidad y compatibilidad con el sistema.
- Elección de la topología de potencia: Se determinará la configuración del sistema electrónico de potencia encargado de extraer y convertir la energía generada por la turbina, asegurando la máxima transferencia energética hacia la carga o la red eléctrica.

- Selección de la sensórica del sistema: Se identificarán y seleccionarán los sensores necesarios para el monitoreo de variables clave como la velocidad del viento, la corriente, la tensión y la potencia generada. Estos datos serán esenciales para el control y ajuste del sistema.
- Integración en un entorno IoT basado en el protocolo MQTT: Se incorporará la turbina en una plataforma de control y monitoreo basada en Internet de las Cosas (IoT), utilizando el protocolo MQTT para garantizar una comunicación eficiente y en tiempo real con el sistema.

Este enfoque integral permitirá no solo mejorar el rendimiento energético de la turbina, sino también facilitar su monitoreo y control remoto, promoviendo su aplicación en entornos modernos y tecnológicos

2. Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

En esta sección, recomendamos completar la siguiente tabla, añadiendo los apartados que se vean necesarios o quitando los que no se necesiten.

Tipo	Objetivo	Imagen	Grado de consecución
Principal	Diseño de un sistema que permita el ajuste de la posición la pala de forma que podamos obtener el MPPT de la turbina.		0 - 50%
Secundario/ Específico	Diseño de un mecanismo para la regulación de las palas de la Turbina		0 - 75%
Secundario/ Específico	Selección del Motor de imanes permanentes que permitirá la extracción de la energía		0 - 100%
Secundario/ Específico	Selección de la topología de potencia.		0 - 100%
Secundario/ Específico	Selección de la sensorica asociada al sistema, medidas de velocidad de viento medidas de corriente tensión y potencia, etc.		0 - 100%
Secundario/ Específico	Integración de la turbina en un entorno de control basado en IOT utilizando el protocolo MQTT		0 - 50%

3. Tareas realizadas:

ID	Descripción	MESES
----	-------------	-------

		1	2	3	4	5	6
Fase 1	Estado del arte de las Turbinas Savonius						
Tarea 1.1	T1.1: Revisión bibliográfica sobre rotores Savonius. Responsable: Dr Eduardo Álvarez- Dr Aitor						
Fase 2	Selección de Generadores de Imanes permanentes para aplicaciones de Turbinas Eólicas. Responsables: Dr Eduardo Álvarez- Dr Aitor						
Tarea 2.1	T2.1: Análisis Generadores de Imanes Permanentes, características generales. Revisión Bibliográfica						
Tarea 2.2	T2.2: Selección de PMGs en función de las características de par y velocidad.						
Tarea 2.3	T2.3: Selección de los datos más adecuado para completar los valores de PSA.						
Fase 3	Selección de la topologías de potencia. Responsables: Antonio Calleja, Manuel Rico- Dr Pablo Quintana						
Tarea 3.1	Estudio de topología de potencia en función las características de tensión y corriente obtenida de PMG”.						
Tarea 3.1	Simulación e implementación de la topología de potencia seleccionada.						
Fase 4	Selección de los sensores a utiliza. Responsables: Dr. Manuel Rico – Dr Antonio Calleja- Dr Pablo Quintana. Dr. Emilio López						
Tarea 4.1	<i>Identificación de las variables a medir y selección de los sensores más adecuados.</i>						
Tarea 4.2	<i>Selección y prueba de los sensores,</i>						
Fase 5	Análisis y selección del Microcontrolador para el control del sistema: Dr. Dr. Manuel Rico-Emilio López						
Tarea 5.1	<i>Análisis del microcontrolador o la plataforma más adecuada y para la realización del control</i>						
Tarea 5.2	<i>Pruebas del Microcontrolador seleccionado</i>						
Tarea 5.3	<i>Selección del lenguaje de programación</i>						
Fase 6	<i>Integración de los sensores dentro de una red de sensores IoT. Dr. Pablo Quintana, Dr. Manuel Rico.</i>						
Tarea 6.1	<i>Diseño de la red IoT e implantación de un Broker.</i>						
Tarea 6.2	<i>Pruebas de los sensores IoT</i>						

Fase 7	<i>Integración y prueba del Sistema Diseñado. (Desarrollada durante todo el periodo del proyecto) Contratado</i>						
Tarea 7.1	<i>Construcción y pruebas de las Palas y del sistema mecánico de control.</i>						
Tarea 7.2	<i>Integración y pruebas del PMG</i>						
Tarea 7.3	<i>Integración y pruebas de la Topología de Potencia</i>						
Tarea 7.4	<i>Integración y pruebas de los sensores utilizados.</i>						
Tarea 7.5	<i>Integración y pruebas del microcontrolador junto con el programa de control.</i>						
Tarea 7.6	<i>Integración y pruebas del sistema de la Red de sensores IoT.</i>						

- **Fase 1:** Estado del arte de las Turbinas Savonius
 - **Tarea 1:** Revisión bibliográfica sobre rotores Savonius.

(Los rotores Savonius son un tipo de turbina eólica de eje vertical caracterizados por su simplicidad de diseño y capacidad para operar eficientemente a bajas velocidades de viento. Su estructura típica consta de dos o más palas semicilíndricas dispuestas de manera que forman una "S" cuando se observa desde arriba. Este diseño permite que el rotor aproveche el viento desde cualquier dirección, lo que lo hace especialmente útil en entornos urbanos o áreas con vientos variables.

Desarrollo y Optimización de Diseños

La investigación en torno a los rotores Savonius ha explorado diversas modificaciones para mejorar su eficiencia y adaptabilidad. Por ejemplo, se ha propuesto un diseño de aerogenerador Savonius modificado para suministrar energía eléctrica a usuarios residenciales en áreas rurales. Este diseño busca optimizar las dimensiones del rotor y su rendimiento en función de la velocidad del viento disponible en la zona, demostrando que es posible generar energía eléctrica suficiente para satisfacer las necesidades básicas de una familia en localidades aisladas . Otro estudio se centró en la optimización del diseño de la turbina eólica Savonius mediante simulaciones computacionales. Se analizaron diferentes geometrías y configuraciones para identificar aquellas que ofrecen un mejor rendimiento aerodinámico. Los resultados indicaron que ciertas modificaciones en la forma y disposición de las palas pueden incrementar significativamente el coeficiente de potencia de la turbina .

Aplicaciones en Generación de Energía

Los rotores Savonius han sido considerados una solución viable para la generación de electricidad en pequeñas comunidades, especialmente en zonas rurales o aisladas donde la infraestructura eléctrica es limitada o inexistente. Su capacidad para operar con vientos de baja velocidad y su construcción sencilla y de bajo costo los hacen adecuados para estas aplicaciones. Un estudio concluyó que es posible utilizar el rotor Savonius para generar electricidad en pequeñas comunidades, destacando su potencial como fuente de energía renovable .

Modelado y Simulación Computacional

El modelado computacional ha sido una herramienta clave en el estudio de los rotores Savonius. Investigaciones han empleado simulaciones para analizar diferentes modelos de hélices y configuraciones del rotor, evaluando su desempeño bajo diversas condiciones de viento. Estos estudios permiten comparar las capacidades de generación de torque y eficiencia entre distintas geometrías, facilitando la identificación de diseños más eficientes .

Consideraciones Ambientales y Sociales

Además de los aspectos técnicos, se ha reconocido la importancia de los rotores Savonius en la promoción de energías limpias y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Su implementación en comunidades rurales no solo proporciona acceso a electricidad, mejorando la calidad de vida, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

Conclusión

Los rotores Savonius representan una alternativa prometedora para la generación de energía eólica a pequeña escala. Las investigaciones actuales se centran en optimizar su diseño y adaptabilidad para maximizar su eficiencia y ampliar su aplicación en diversas condiciones ambientales. Su simplicidad constructiva, bajo costo y capacidad para operar en entornos con vientos de baja velocidad los posicionan como una solución viable para la generación de energía renovable en comunidades aisladas y áreas urbanas.

Algunas referencias bibliográficas:

- **"Design Optimization of Savonius Wind Turbine using CFD Simulations"**
Autor: Vatsalkumar Manavar
Publicado en: Uppsala University Publications, 2022
- **"An Experimental Study on the Performance of Savonius Wind Turbines Related With The Number Of Blades"**
Autores: Fred Wenehenubun, Hadi Sutanto, Agus Sunyoto
Publicado en: Procedia Engineering, 2015
- **"Investigation of Performance Enhancements of Savonius Wind Turbines through Additional Designs "**
Autores: B Deda Altan, GS Gultekin -
Publicado en: Processes, 2023 - mdpi.com
- **"Savonius wind turbine blade design and performance evaluation using ANN-based virtual clone: A new approach "**
Autores: Abdullah Al Noman a,* , Zinat Tasneem a , Sarafat Hussain Abhi a, Faisal R. Badal a, Md Rafsanjane b , Md Robiul Islam a , Firoz Alam
Publicado en: Journal of Applied Fluid

Mechanics, 2023

- **"Experimental studies of Savonius wind turbines with variations sizes and fin numbers towards performance "**
Autores: Ilham Satrio Utomo; Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana; Syamsul Hadi. Publicado en: Journal of Engineering Applications, 2024
- **" Experimental studies of Savonius wind turbines with variations sizes and fin numbers towards performance. Autores: IS Utomo, DDDP Tjahjana, S Hadi. Volume 1931, Issue 1 9 February 2018.**

Fase 2: Generadores de Imanes permanentes para aplicaciones de Turbinas Eólicas.

T2.1: Análisis Generadores de Imanes Permanentes, características generales.

Revisión Bibliográfica

T2.2: Selección de PMGs en función de las características de par y velocidad.

T2.3: Selección de los datos más adecuado para completar los valores de PSA.

Los generadores de imanes permanentes (PMSG, por sus siglas en inglés) se han consolidado como una tecnología clave en las turbinas eólicas modernas debido a su eficiencia y fiabilidad. A continuación, se presenta un análisis del estado del arte de estos generadores, considerando aspectos de velocidad, par y la relación V/rpm . □

Estado del Arte de los Generadores de Imanes Permanentes en Turbinas Eólicas

Los PMSG se destacan por su capacidad para operar a velocidades variables sin necesidad de una caja multiplicadora, lo que reduce el mantenimiento y aumenta la fiabilidad del sistema. Su diseño multipolar permite una generación eficiente de energía incluso a bajas velocidades de rotación, característica esencial para capturar energía en condiciones de viento variable.

Relación entre Velocidad, Par y V/rpm en PMSG

- **Velocidad y Par:** En los PMSG, el par (torque) es inversamente proporcional a la velocidad de rotación para una potencia constante. □ □ A bajas velocidades, como las presentes en turbinas eólicas de gran tamaño, se requiere un par elevado para generar la misma potencia. El diseño multipolar de los PMSG facilita la generación de alto par a bajas velocidades, eliminando la necesidad de cajas multiplicadoras y mejorando la eficiencia del sistema.
- **Relación V/rpm :** La relación voltaje por revolución por minuto (V/rpm) es un parámetro crucial en el diseño de PMSG, ya que determina la tensión generada a una velocidad específica. Un diseño óptimo de la relación V/rpm asegura que el generador produzca el voltaje adecuado para las condiciones de operación previstas, maximizando la eficiencia y facilitando la integración con sistemas eléctricos existentes. Por ejemplo, generadores diseñados para bajas rpm pueden generar tensiones adecuadas para aplicaciones específicas sin necesidad de multiplicadores de velocidad.

Aplicaciones y Avances Recientes

Los PMSG se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde microgeneración en entornos urbanos hasta grandes parques eólicos offshore. Recientemente, se han desarrollado aerogeneradores domésticos con PMSG que operan de manera silenciosa y eficiente en áreas urbanas, ofreciendo una alternativa viable a los paneles solares.

En resumen, los generadores de imanes permanentes representan una solución eficiente y fiable para la generación de energía eólica, con diseños que optimizan la relación entre velocidad, par y V/rpm para adaptarse a diversas aplicaciones y condiciones operativas.

Fase 3: Selección de la topologías de potencia.

T3.1: Estudio de topología de potencia en función las características de tensión y corriente obtenida de PMG". **T2.2:** Selección de PMGs en función de las características de par y velocidad.

T3.2: Simulación e implementación de la topología de potencia seleccionada.

En el estudio de la topología de potencia se ha tenido en cuenta las características del motor PMG

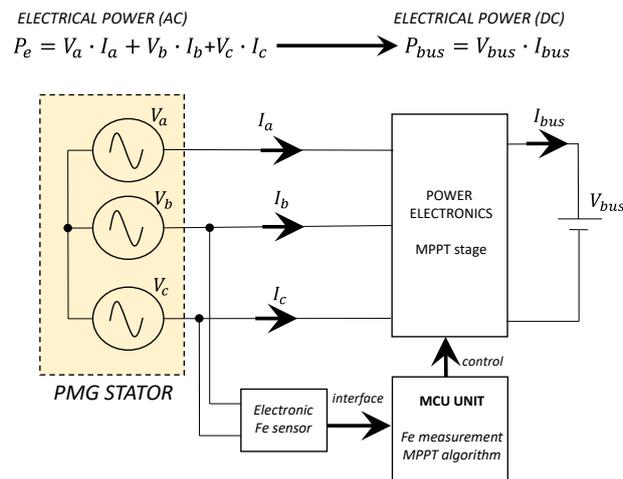


Figura 3.- Sistema de potencia

Otras consideraciones a tener en cuenta son las tensiones de corrientes a manejar.

Se ha seleccionado un rectificador trifásico y un convertidor CC/CC como parte de la sección de la parte de potencia.

Al seleccionar un convertidor CC/CC para un sistema de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT) en un generador de imanes permanentes (PMSG) en aplicaciones de energía eólica, es crucial considerar varios parámetros eléctricos, mecánicos y de control. Aquí se describen los aspectos más importantes:

Tensión de entrada

Depende de la tensión generada por el PMSG a diferentes velocidades del fluido. Debe ser capaz de manejar un amplio rango debido a la variabilidad en la velocidad del rotor.

Corriente de Entrada

Determinado por la potencia máxima del generador y el voltaje de entrada. El convertidor debe soportar corrientes elevadas en condiciones de baja tensión.

Tensión de Salida

Depende del sistema de almacenamiento de energía (baterías) o del inversor conectado. Generalmente, debe ser compatible con 12V, 24V, 48V, o niveles específicos para la red eléctrica.

Otros valores a tener en cuenta son:

Potencia: El convertidor debe manejar la potencia máxima del sistema PMSG

Eficiencia: Valores altos (mayores al 95%) minimizan pérdidas y mejoran la eficiencia global del sistema.

Parámetros del Control MPPT. Algoritmo de Control: Los métodos como Perturb and Observe (P&O) o Incremental Conductance (IncCond) deben ser compatibles con el convertidor. El controlador debe tener una velocidad de seguimiento rápida para responder a cambios en la velocidad del viento.

Resolución del Seguimiento MPPT: Alta resolución permite mantener el funcionamiento en el punto de máxima potencia con precisión. Capacidad de Seguimiento de Baja Frecuencia (Ventana de Velocidad Baja): Relevante para sistemas eólicos que operan en condiciones de viento variable.

Topologías Comunes de Convertidores CC/CC

Boost (Elevador): Utilizado para elevar la tensión generada por el PMSG cuando es inferior a la tensión de salida requerida.

Buck (Reductor): Utilizado para reducir el voltaje de entrada a un nivel específico.

Buck-Boost: Ideal para sistemas donde el voltaje de entrada fluctúa por encima y por debajo del voltaje deseado.

Convertidores Interleaved o Multinivel: Mejoran eficiencia y reducen rizado en corriente.

Topologías Resonantes o ZVS/ZCS: Mejoran eficiencia en aplicaciones de alta potencia.

Se ha seleccionado un convertidor elevador (Boost converter) por las características de la carga y del generador de imanes.

Fase 4: Selección de los sensores a utilizar.

Fase 5: Análisis y selección del Microcontrolador para el control del sistema: Dr. Dr. Manuel Rico-Emilio López

Fase 6 Integración de los sensores dentro de una red de sensores IoT. Dr. Pablo Quintana, Dr. Manuel Rico.

Las fases de selección de sensores, Microcontrolador e integración de los mismos se han seleccionado en función de las necesidades del diseño.

Dentro del diseño de la parte de medida ha tenido una importancia relevante la medida de la frecuencia.

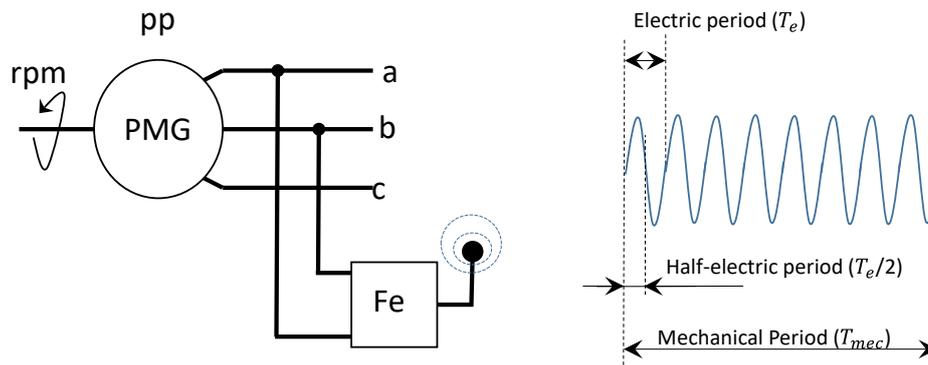


Figura 4.- Detalle de la señal del PMG y la frecuencia medida

la Fig. 6 muestra los elementos hardware principales utilizados para realizar la medida de frecuencia eléctrica. El MCU utilizado es el ESP8266 procesador ARM de 32 bits fabricado por "expressif" y que integra conectividad 802.11 b/g/n Wi-Fi, específicamente pensado para desarrollo de productos con filosofía IoT.

El sistema se complementa con un display OLED (SSD 1306) que se conecta a través de un bus I2C al MCU (pines D2 y D1), permitiendo visualizar de forma local la frecuencia eléctrica máxima, mínima y media y utilizar para depuración del sistema.

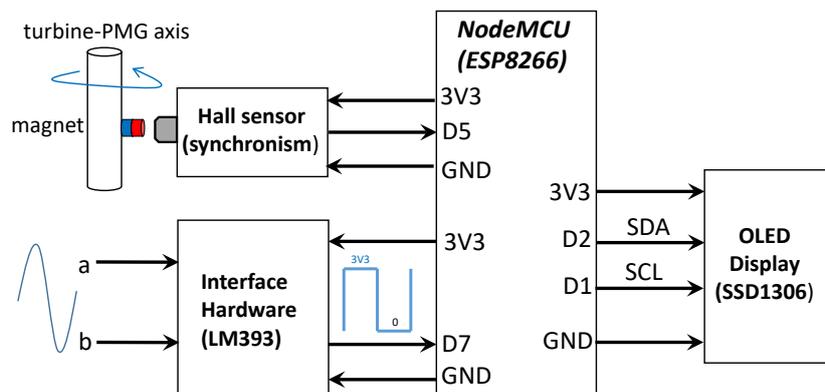


Figura 5.- Señales de control de la medida de la frecuencia

La Fig. muestra un detalle del sensor hall utilizado (KY-035) que proporciona una señal digital de colector abierto poniéndose a 1 lógico ante la presencia del imán, permaneciendo a 0 lógico el resto del tiempo. Para realizar el sincronismo se ha pegado un pequeño imán cilíndrico en el eje turbina-PMG, con la idea de que todas las medidas de F_e que se realicen durante un giro mecánico completo, comiencen siempre en el mismo punto del eje.

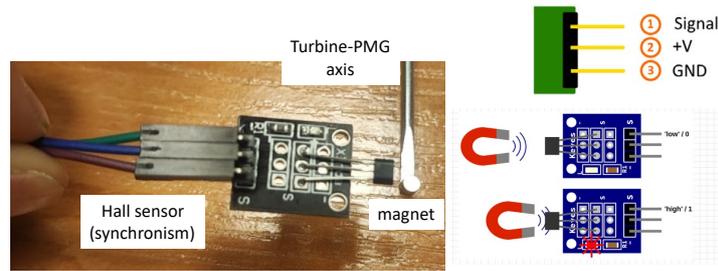


Figura 6.- Detalle del sensor Hall para la medida de la frecuencia

El principio de trabajo utilizado para la medida de la frecuencia eléctrica está indicado en la siguiente Fig. La señal de las dos fases utilizadas (a y b en la Fig. 8) se realimentan hacia el comparador digital a través de dos pares de resistencias iguales dos a dos (dos R1 y dos R2). La señal obtenida se superpone a una tensión continua que sea la mitad de la utilizada para alimentar el comparador digital (Vcc), para asegurar que la operación del comparador digital se produzca a mitad de su rango de alimentación. El diseño se ha realizado utilizando valores de R1+R2 lo suficientemente grandes como para poder suponer que la corriente a través de la fuente Vcc/2 sea muy pequeña y que durante la fase de diseño pueda considerarse despreciable.

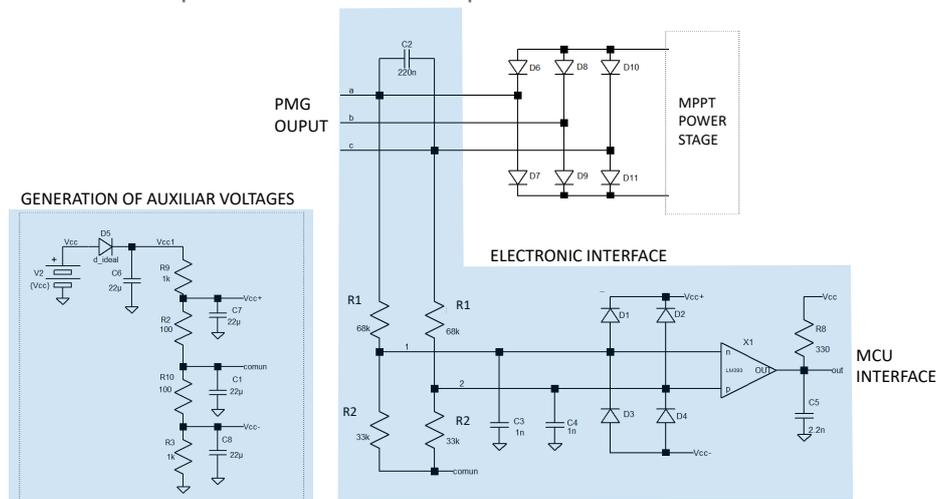


Figura 7.- Medida del sistema de frecuencia

Para finalizar, en la siguiente Fig. se muestra una foto del prototipo de laboratorio construido y utilizado para obtener y validar los resultados experimentales que posteriormente se comentarán.

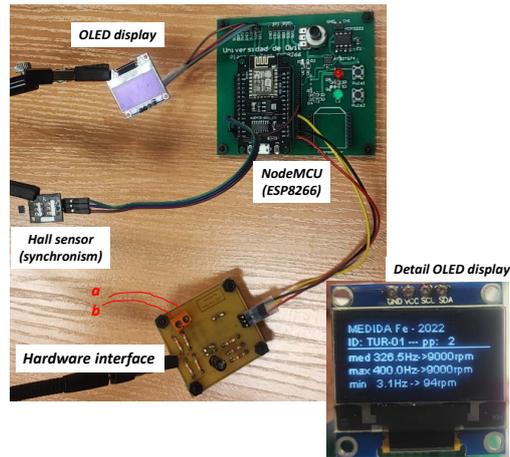


Figura 8.- prototipo de laboratorio construido para de medida de la frecuencia

El desarrollo del rotor Savonius es una de las partes que se están finalizado para el ensamblaje de todo el prototipo.

En las siguientes figuras se muestra tanto desarrollo y construcción del sistema de regulación del rotor Savonius así como el acoplamiento del PMG del sistema eólico.



Figura 9.- Generador PMG

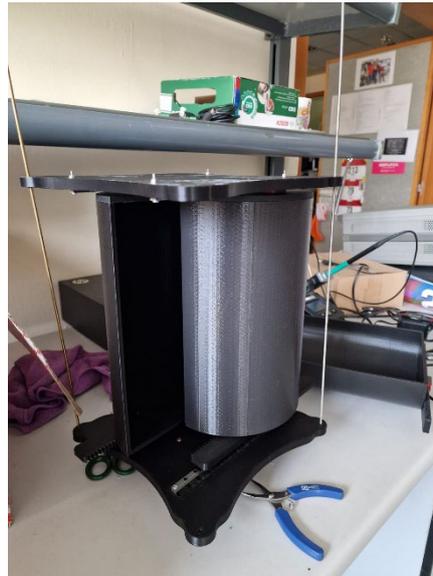


Figura 10.- Sistema de regulación del rotor Savonius con variación de la posición de la pala

4. Resultados obtenidos:

Hasta el momento se ha desarrollado y testado las siguientes partes que se han descrito en el apartado anterior:

- Selección caracterización y prueba de la del motor generador que se utilizará en el diseño.
- Selección de la topología de potencia utilizada.
- Diseño y selección de la sensorica y Microcontrolador utilizado.
- Software de control basado en tecnología lol.

5. Trabajos o necesidades futuras

Las partes que quedan por finalizar son las siguientes:

- Acoplamiento mecánico de la turbina con el sistema de regulación a la maquina seleccionada.
- Prueba de la topología de potencia, incluida la tecnología de transferencia de energia. Ç
- Caracterización de la turbina diseñada.
- Prueba de la adquisición de los datos de la energía generados por el sistema utilizando el sistema lol diseñado.

6. Divulgación de los resultados

Se pretende publicar un artículo, en el congreso ICREPQ'25, en la 23rd International Conference on Renewable Energies and Power Quality.

Memoria económica:

1. Gastos:

Añade los gastos finales que has tenido a lo largo del proyecto.

Concepto	Gasto
Personal (IUTA)	3.156 €
Fungibles	
Amortización	
Otros (Desplazamientos, Inscripciones a Congresos, etc)	
TOTAL GASTOS	3.156 €

2. Ingresos:

Añade los ingresos finales que has tenido a lo largo del proyecto. Indica las empresas y las referencias de los proyectos/contratos.

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
IUTA	Ayuda IUTA: Contratación de personal	3.156 €
Otras entidades / empresas financiadoras		
Financiación propia		
TOTAL INGRESOS		3.156 €

Bibliografía:

- **"Design Optimization of Savonius Wind Turbine using CFD Simulations"**
Autor: Vatsalkumar Manavar
Publicado en: *Uppsala University Publications*, 2022
- **"An Experimental Study on the Performance of Savonius Wind Turbines Related With The Number Of Blades"**
Autores: Fred Wenehenubun, Hadi Sutanto, Agus Sunyoto
Publicado en: *Procedia Engineering*, 2015
- **"Investigation of Performance Enhancements of Savonius Wind Turbines through Additional Designs "**
Autores: B Deda Altan, GS Gultekin -
Publicado en: *Processes*, 2023 - [mdpi.com](https://www.mdpi.com)
- **"Savonius wind turbine blade design and performance evaluation using ANN-based virtual clone: A new approach "**
Autores: Abdullah Al Noman a,* , Zinat Tasneem a , Sarafat Hussain Abhi a, Faisal R. Badal a, Md Rafsanjane b , Md Robiul Islam a , Firoz AlamPublicado en: *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 2023
- **"Experimental studies of Savonius wind turbines with variations sizes and fin numbers towards performance "**



Autores: Ilham Satrio Utomo; Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana; Syamsul Hadi.
Publicado en: *Journal of Engineering Applications*, 2024

- **" Experimental studies of Savonius wind turbines with variations sizes and fin numbers towards performance. Autores: IS Utomo, DDDP Tjahjana, S Hadi. Volume 1931, Issue 1 9 February 2018.**