



SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR PARA EXTERIORES



DL SUN-TRACKER 4.0

INTRODUCCIÓN

Los paneles fotovoltaicos fijos no pueden captar la luz solar cuando el sol no incide en el ángulo óptimo. Sin embargo, los sistemas de seguimiento solar ayudan a que los paneles se orienten hacia el sol, aumentando así la producción entre un 10 % y un 25 %. Gracias a que captan la luz solar durante todo el día y en todas las estaciones, la eficiencia de los paneles solares aumenta significativamente.

El **DL SUN-TRACKER 4.0** es un sistema educativo diseñado para **orientar automáticamente un panel solar** hacia la dirección más favorable para la luz solar durante todo el día, maximizando así la cantidad de energía solar captada. El objetivo es mantener los rayos del sol perpendiculares a la superficie del panel para maximizar la absorción de energía a lo largo del día y, en consecuencia, aumentar su eficiencia.

Se trata de un simulador diseñado para institutos técnicos y universidades. No es solo un seguidor solar, sino un laboratorio completo que permite estudiar la intersección entre las energías renovables, la automatización y la comunicación digital.

Su funcionamiento ajustable se basa en una estructura mecánica que cambia la orientación de los paneles solares.



ENERGÍAS RENOVABLES



Utiliza:

- **Sensores de luz** para detectar la posición del sol, identificando la dirección de la luz más intensa y enviando señales a los motores (**actuadores**) para mover la estructura.
- **Actuadores** (motores eléctricos) para mover la estructura y
- **Algoritmos de control** para mantener la alineación correcta.

Existen dos categorías principales basadas en los grados de libertad de movimiento (ambas alimentadas por electricidad del sistema solar):

- **Eje único (Single-axis):** Gira los paneles sobre un único eje (normalmente de este a oeste) para seguir la trayectoria diaria del sol.
- **Eje doble (Dual-axis):** Se mueve sobre dos ejes, ajustando tanto la orientación horizontal como la inclinación vertical (altura del sol), como en nuestro sistema. Tiene en cuenta el movimiento diario del sol y los cambios estacionales, asegurando una posición óptima de los paneles y, por lo tanto, permitiendo la máxima producción de energía durante todo el día.

En conclusión, en comparación con las estructuras fijas, los seguidores solares permiten un aumento significativo del rendimiento, que oscila entre el 15 % y el 30 % en sistemas de un solo eje y hasta el 40 % en sistemas de doble eje, lo que garantiza un mejor aprovechamiento de la superficie instalada y un mayor retorno de energía.

Han alcanzado un alto grado de madurez tecnológica: componentes más robustos, algoritmos de control precisos y soluciones mecánicas fiables reducen el riesgo de fallos y simplifican el mantenimiento rutinario. Su amplia implementación también demuestra su competitividad económica y su capacidad para integrarse eficazmente en sistemas a gran escala.

Su adopción sigue siendo un elemento clave en el diseño de los sistemas solares modernos, con beneficios tangibles tanto en términos de rendimiento como de la larga vida útil del sistema.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

TRAYECTORIA EDUCATIVA CUATRODIMENSIONAL

El entrenador educativo **DL SUN-TRACKER 4.0** ofrece **cuatro lógicas de control diferentes**, lo que permite a los profesores estructurar lecciones que abarcan diferentes áreas como:

- 1) **Algoritmo astronómico (Real-Time Clock/Reloj en tiempo real):** Los estudiantes aprenden a planificar sus movimientos basándose en coordenadas geográficas y el tiempo, estudiando la trigonometría de la posición solar.
- 2) **Seguimiento reactivo (sensores LDR):** Estudio fotométrico. El sistema responde activamente a los estímulos ambientales mediante sensores diferenciales, lo que resulta ideal para comprender sistemas de bucle cerrado.
- 3) **Control inalámbrico Bluetooth:** Introducción a la comunicación de corto alcance. Una aplicación específica permite controlar el movimiento de los servomotores de los ejes, incluyendo la gestión de los protocolos de comunicación móvil.



- 4) **Control manual:** Gestión directa de las pruebas de calibración y comprensión de la cinemática de los ejes.

LABORATORIO IoT Y TRANSPARENCIA TOTAL CON MQTT

El verdadero núcleo de la Industria 4.0 es la gestión de datos, y el **DL SUN-TRACKER 4.0** utiliza el protocolo MQTT (**M**essage **Q**ueuing **T**elemetry **T**ransport), el estándar industrial del IoT (Internet of Things/Internet de las Cosas), para transmitir en tiempo real:

- **Telemetría eléctrica:** Análisis de la tensión (V), la corriente (I) y la potencia (P) generadas por el panel.
- **Datos de activos:** Retroalimentación angular precisa para verificar la congruencia entre la posición teórica (óptima) y la posición real.



Gracias a estos dos puntos mencionados anteriormente, los estudiantes pueden suscribirse a "**topics/temas**" de seguimiento a través de intermediarios (como **Mosquitto**, uno de los **intermediarios MQTT** de código abierto más populares), visualizar gráficos en paneles como **Node-RED**, lo que permite a cualquiera crear aplicaciones que recopilen, transformen y visualicen sus datos, creando flujos que puedan automatizar su mundo o en una interfaz **SCADA**.

MONITOREO AMBIENTAL

El **DL SUN-TRACKER 4.0** no solo rastrea la luz, sino que también monitorea el entorno para ofrecer un análisis completo. La integración de sensores meteorológicos permite a los estudiantes estudiar las variables que influyen en la producción de energía renovable y analizar datos ambientales en tiempo real.

El microcontrolador toma muestras de todos los parámetros meteorológicos y los envía a través de **MQTT** junto con datos eléctricos, tales como:

- **Velocidad del viento (Anemómetro):** Estudia la seguridad estructural. Los estudiantes pueden programar una función de "Modo seguro" que cambia automáticamente el seguidor a una posición horizontal si las ráfagas de viento superan un umbral preestablecido.
- **Dirección del viento:** Análisis del flujo de aire y la distribución del calor alrededor de los módulos.



ENERGÍAS RENOVABLES



- **Precipitación (Pluviómetro):** Monitorización de la intensidad de las precipitaciones para estudiar el efecto de "autolimpieza" de los paneles o la reducción de la irradiación.
- **Temperatura de las células fotovoltaicas (Sensor de temperatura):** Fundamental para calcular el coeficiente de temperatura de las células fotovoltaicas.

Con este sistema, el estudiante experimentará con diferentes métodos para controlar un sistema de seguimiento solar exterior de doble eje y mejorará las habilidades necesarias para el diseño de hardware y la programación de software.

Las actividades de enseñanza experimental son las siguientes:

- **Control manual:** Control del sistema motorizado mediante interfaz analógica (Joystick).
- **Mando a distancia:** Implementación de control inalámbrico mediante el protocolo Bluetooth.
- **Seguimiento del tiempo:** Seguimiento solar basado en un sistema de tiempo.

- **Seguimiento adaptativo:** Seguimiento y puntería automáticos mediante sensores de irradiancia (LDR).
- **Caracterización energética:** Análisis de las curvas de eficiencia y los parámetros eléctricos de los paneles fotovoltaicos. Comparación de la productividad entre sistemas de orientación fija y de seguimiento solar.
- **Recopilación de datos ambientales.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Paneles fotovoltaicos (FV)

- **Tipo:** Silicio policristalino.
- **Potencia total:** Aproximadamente 220 Wp (vatios pico).
- **Configuración:** Dos paneles para estudiar los efectos de las conexiones en serie/paralelo.
- **Construcción:** Cristal templado de alta transmisión, marco de aluminio anodizado, caja de conexiones con clasificación IP67.

Sistema de montaje con seguimiento de doble eje

- **Ejes de movimiento:**
 - ◆ **PAN (Azimut):** Inclinación Este-Oeste.
 - ◆ **TILT:** De 0° a 60° para adaptarse a la altura del sol en las diferentes estaciones.
- **Actuadores:** Motores lineales o actuadores.
- **Comentarios sobre la posición:** Sensor de inclinación (Tilt).

Características eléctricas

- **Rango de medición:**
 - ◆ V_{max} : 50Vcc.
 - ◆ I_{max} continua: 15A.
 - ◆ I_{max} temporaria: 20A.



ENERGÍAS RENOVABLES



Fuente de alimentación

- **V:** batería de 12 Vcc/27Ah.
- **I_{reposo}:** 100mA.
- **I_{max}:** 1A con 2 motores activos al mismo tiempo.

Se suministra con todos los accesorios necesarios (cables, software) y un manual práctico detallado.

OPCIÓN PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS E HÍBRIDOS

El sistema **DL SUN-TRACKER 4.0** se puede utilizar con nuestros sistemas pertenecientes a los campos de energía renovable fotovoltaica e híbrida (como alternativa al panel fotovoltaico tradicional), en particular con:

- **DL SOLAR-B:** Sistema modular para el estudio de la energía solar.
- **DL SOLAR-D1:** Entrenador modular para el estudio de la energía solar con conexión a la red eléctrica.
- **DL SOLAR-AT:** Curso avanzado de formación para el estudio de la energía solar fotovoltaica.
- **DL SOLAR-GTS:** Sistema modular para el estudio de la energía solar con conexión a la red y almacenamiento.
- **DL WP-SOLAR-D:** Entrenador de bombas solares.
- **DL SUNWIND-OG:** Entrenador modular para el estudio de la energía solar/eólica.
- **DL SUNWIND-GT:** Entrenador modular para el estudio de la energía solar/eólica.
- **DL SUNWIND-A2:** Formador avanzado en el estudio de la energía solar/eólica.
- **DL SGWD/DL SWGD-W/DL SGWD2.0/DL SGWD2.0-W:** SMART GRID.