



SISTEMA BASE INDOOR DI INSEGUIMENTO SOLARE



DL SUN-TRACKER 2.0

INTRODUZIONE

I pannelli fotovoltaici fissi non riescono a catturare la luce solare quando il sole non si trova nell'angolo ottimale di incidenza. Tuttavia, i sistemi di inseguimento solare aiutano i pannelli a orientarsi verso il sole, aumentando così la produzione del 10-25%. Poiché questi ultimi catturano la luce solare durante tutto il giorno e in tutte le stagioni, l'efficienza dei pannelli solari aumenta notevolmente.

Il sistema **DL SUN-TRACKER 2.0** è un dispositivo didattico progettato per **orientare in modo automatico un pannello solare** nella direzione più favorevole ai raggi solari durante il corso della giornata, massimizzando la quantità di energia solare catturata. L'obiettivo è mantenere i raggi solari perpendicolari alla superficie del pannello per massimizzare l'assorbimento di energia durante tutto l'arco della giornata e aumentarne di conseguenza il rendimento.

Il suo funzionamento orientabile si basa su una struttura meccanica che modifica l'orientamento dei pannelli solari.

Utilizza:

- **Sensori di luminosità** per conoscere la posizione del sole rilevando la direzione della luminosità più intensa e inviando segnali a motori (**attuatori**) per spostare la struttura.
- **Attuatori** (motori elettrici) per muovere la struttura, e
- **Algoritmi di controllo** per mantenere il corretto allineamento.



Esistono due categorie principali basate sui gradi di libertà del movimento (ambidue alimentate dall'elettricità proveniente dal sistema solare):

- **Monoassiale (Single-axis):** ruota i pannelli lungo un solo asse (solitamente Est-Ovest) per seguire il percorso quotidiano del sole.
- **Biassiale (Dual-axis):** si muove su due assi, regolando sia l'orientamento orizzontale che l'inclinazione verticale (altezza del sole), e questo è il caso del nostro sistema. Copre il movimento quotidiano del sole e i cambiamenti stagionali e, per questo motivo, garantisce un posizionamento ottimale dei pannelli, consentendo così la massima produzione di energia durante tutto l'arco della giornata.

In conclusione, e rispetto alle strutture fisse, gli inseguitori solari consentono un aumento significativo della resa – variabile dal 15% al 30% nei sistemi a singolo asse e fino al 40% nei sistemi a doppio asse – garantendo un miglior utilizzo della superficie installata e un ritorno energetico più elevato.

Essi hanno raggiunto una maturità tecnologica avanzata: componenti più robusti, algoritmi di controllo accurati e soluzioni meccaniche affidabili riducono il rischio di guasti e semplificano la manutenzione ordinaria. La diffusione su larga scala testimonia inoltre la loro competitività economica e la capacità di integrarsi efficacemente in impianti utility-scale.

La loro adozione si conferma un elemento chiave nella progettazione dei sistemi solari moderni, con benefici tangibili sia in termini di performance sia di lungo ciclo di vita dell'impianto.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il trainer didattico **DL SUN-TRACKER 2.0** è strutturato in **due sezioni complementari**, con l'obiettivo di fornire allo studente le competenze fondamentali necessarie alla comprensione di un sistema di tracciamento solare.

Prima sessione

La prima sessione consiste in una scheda didattica che consente l'analisi dettagliata delle componenti meccaniche ed elettriche integrate in un sistema di tracciamento motorizzato. L'obiettivo della scheda è fornire le competenze fondamentali relative ai principi di controllo automatico e alle logiche di inseguimento solare.





La scheda include un kit di componenti che aiuta a studiare e capire le caratteristiche hardware e le tecniche di controllo utilizzate in un sistema di inseguimento solare per mezzo di un microcontrollore open source. Le schede del kit comprendono tutti i componenti, i sensori e gli attuatori necessari per sviluppare un sistema di tracciamento solare.

Attraverso questo simulatore lo studente potrà apprendere ed imparare come far reagire un sistema di inseguimento solare attraverso un microcontrollore programmato. La sua struttura permette di collegare i componenti inclusi nel kit, rendendoli compatibili fra loro.

I blocchi circuitali che vengono montati sulla **scheda base di sviluppo** sono i seguenti:

- Scheda microcontrollore,
- Scheda DISPLAY per monitoraggio,
- Scheda Driver motori DC,
- Scheda motori DC + Fine corsa,
- Scheda RTC (**R**eal-**T**ime **C**lock),
- Scheda JOYSTICK,
- Scheda BLUETOOTH,
- Scheda DAC (**D**igital to **A**nalog **C**onverter),
- Scheda LDR (**L**ight **D**ependent **R**esistor).

È inclusa anche nel kit una scheda esterna con una resistenza variabile multidecade.

Lezioni e strumenti del software di supervisione **OPEN SCADA-WEB** permettono di coprire tutti gli argomenti di interesse relativi alle suddette schede, e le esperienze didattiche coprono i seguenti argomenti:

- Programmazione μ C open source.
- Misure elettriche di un pannello solare 5W.
- Studio di un driver per motori DC.
- Controllo di una motorizzazione doppio asse attraverso l'utilizzo di un joystick.
- Controllo di una motorizzazione doppio asse attraverso l'utilizzo del bluetooth.
- Controllo di una motorizzazione doppio asse attraverso l'utilizzo di un sensore di irraggiamento LDR (LDR/Light **D**ependent **R**esistor).
- Visualizzazione dei Dati su un Display LCD.

Seconda sessione

La seconda sessione consiste in un sistema di tracciamento solare indoor a doppio asse (tilt e rotazione) che costituisce una soluzione didattica avanzata per l'analisi dei modelli di solar tracking. Il trainer permette lo studio approfondito delle dinamiche di inseguimento e l'ottimizzazione dell'efficienza energetica in ambito sperimentale.





È composto da due pannelli da 5W ciascuno, con possibilità di connetterli in serie e parallelo. Con questo sistema lo studente sperimenterà diversi metodi per controllare un sistema di tracciamento solare indoor a doppio asse, e aumenterà la competenza necessaria per la progettazione HW e la programmazione SW.

Le attività didattiche sperimentali sono le seguenti:

- *Controllo Manuale Analogico*: Sperimentazione del posizionamento assistito del modulo fotovoltaico mediante l'utilizzo di un joystick multiasse, per comprendere le dinamiche di movimentazione meccanica.
- *Controllo PAN-TILT Remoto tramite Protocollo Bluetooth*: Controllo wireless degli attuatori attraverso un'applicazione dedicata, finalizzato allo studio della comunicazione punto-punto tra dispositivi mobile e microcontrollore.
- *Inseguimento Fotometrico (Solar Tracking)*: Implementazione di algoritmi di puntamento automatico basati su sensori di luminosità. Il sistema orienta il pannello verso la sorgente luminosa (naturale o artificiale) per massimizzare l'indice di efficienza energetica.
- *Caratterizzazione e Analisi Optoelettronica*: Analisi degli effetti della radiazione luminosa sulle prestazioni del pannello, con monitoraggio in tempo reale dei parametri elettrici fondamentali (Tensione, Corrente, Potenza).
- *Supervisione e Controllo tramite Software SCADA*: Integrazione del sistema con un software di supervisione SCADA (**S**upervisory **C**ontrol and **D**ata **A**cquisition) per l'archiviazione dei dati storici e l'analisi dettagliata delle curve caratteristiche del modulo fotovoltaico.

OPEN SCADA-WEB



Il software integrato con questo sistema è implementato con la supervisione SCADA che permette all'utente finale:

- *Un approccio didattico*: Il programma è strutturato con un approccio didattico, che include le informazioni teoriche e pratiche necessarie per completare gli esercizi proposti.



ENERGIE RINNOVABILI



- *Un codice aperto:* La licenza permette agli studenti di modificare i progetti forniti con il sistema e personalizzarli per mostrare i parametri di interesse.
- *Un apprendimento a distanza:* Con il software è possibile monitorare in remoto il sistema da un PC locale o remoto utilizzando una connessione Internet.

Il software SCADA scambia informazioni con tutti i sottosistemi del trainer, visualizzando i dati dei sensori e lo stato per monitorare il sistema in tempo reale. Esso agisce anche come un software CAI (**C**omputer **A**ided **I**nstruction) che guida lo studente nel suo percorso di apprendimento. La comunicazione con il PC avviene attraverso il protocollo Modbus RS485.

Alimentazione: monofase dalla rete, 50/60 Hz.

Fornito con tutti gli accessori necessari (cavi, software e una chiave di protezione per porta USB del software SCADA) e con un manuale pratico dettagliato.