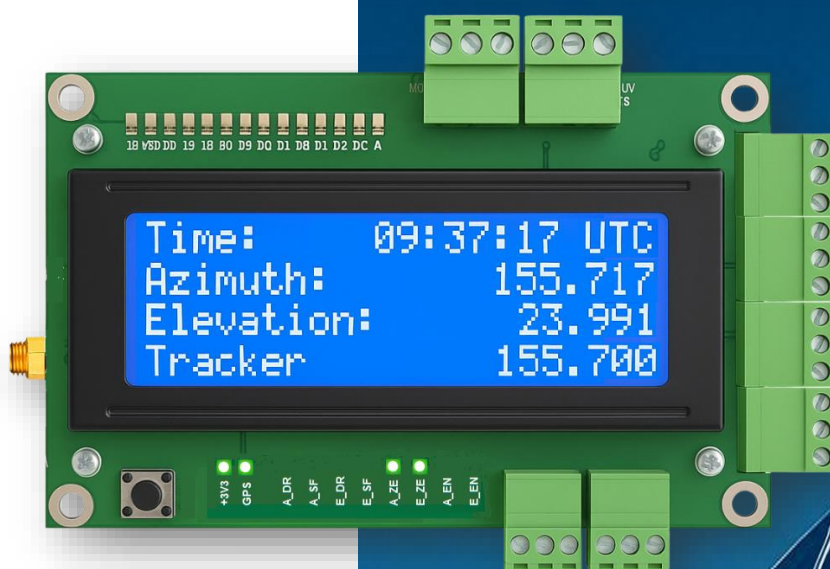




Controller per Inseguitori Solari mod. ATC2A

Guida introduttiva e Note di applicazione



Indice

- 1.** Scelte ragionate
 - 1.1** Gli inseguitori Solari
- 2.** Tipologia di comando
 - 2.1** Inseguitori Solari e loro caratteristiche
- 3.** Principali caratteristiche Controller ATC2A
- 4.** Scelta dei modelli di motori e riduttori
 - 4.1** Modelli di riduttore
 - 4.2** Rapporti di riduzione
 - 4.3** Risoluzione di inseguimento
- 5.** Realizzazione della struttura meccanica
- 6.** Extracorsa di sicurezza
- 7.** Installazione inseguitore
- 8.** Manutenzione inseguitore

Prefazione

Questo testo non vuole essere esaustivo, ma solo dare informazioni generali che saranno di aiuto per chiarire meglio alcuni principali concetti fondamentali riguardo gli Inseguitori Solari.

La tecnologia di inseguimento solare aumenta significativamente la produzione di energia dei pannelli solari, fotovoltaici o collettori solari termici.

L'adozione di questa tecnologia è fondamentale negli impianti a concentrazione solare, ma esclusivamente se il controllo di posizione è affidabile e preciso con inseguimento solare in tempo reale su entrambe gli assi.

La progettazione della struttura meccanica di un Inseguitore Solare, comunemente chiamato Tracker, richiede la conoscenza di specifiche nozioni tecniche, meccaniche e astronomiche, necessarie per definire i criteri di realizzazione.

Si definisce Azimutale il moto apparente del Sole lungo l'orizzonte da Est a Ovest (ovvero la variazione dell'Azimuth). Si definisce Elevazione la variazione dell'altezza apparente del Sole rispetto all'orizzonte, fino al raggiungimento della sua massima altezza in cielo.

Per "*massima escursione del Sole*" si intende la variazione massima della posizione apparente del Sole nel cielo durante l'anno, su entrambe gli assi, in un determinato punto sulla Terra. Questa escursione è il risultato dell'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'orbita terrestre attorno al Sole.

Comprendere il significato di "*massima escursione del Sole*" è fondamentale per progettare sistemi di inseguimento solare, poiché questi devono essere in grado di adattarsi ai cambiamenti della posizione del Sole massimizzando l'assorbimento della luce solare.

La scelta di utilizzare un inseguitore solare merita comunque un'analisi del rapporto costi-benefici. Si può ottenere, con lo stesso numero di pannelli installati, un incremento di potenza prodotta di circa 30% in più rispetto ad un impianto fisso.

Per grandi e medie realizzazioni l'investimento è decisamente conveniente, tuttavia si usa questa tecnologia anche su impianti di piccola taglia specialmente dove è richiesta più potenza su poco spazio disponibile. Non è raro, infatti, vedere inseguitori solari su capannoni industriali o edifici civili a tetto piano.

1. Scelte ragionate

La logica di funzionamento qui descritta è il risultato di anni di test ed esperienze, maturate grazie all'uso di software di calcolo e al collaudo di strutture meccaniche di prova.

I nostri Controller, abbinati a un semplice sistema di gestione della meccanica, si attestano oggi come miglior compromesso tecnico-economico finalizzato ad ottenere un prodotto professionale, affidabile e altamente competitivo rispetto ad altre soluzioni.

Per questa ragione abbiamo adottato elementi e componenti standard a garanzia di affidabilità, semplicità di manutenzione e reperibilità.

1.1 Gli inseguitori solari

Gli Inseguitori Solari possono essere suddivisi in due tipologie:

- **Inseguitori attivi**, nel caso vengano messi in movimento da motori elettrici.
- **Inseguitori passivi**, nel caso vengano messi in movimento da fenomeni fisici autonomi, quali la dilatazione termica di gas, metalli o quant'altro.

2. Tipologia di comando

Gli inseguitori attivi si distinguono a loro volta in base alla tipologia del comando che ne gestisce il movimento:

- **Inseguitore a rilevamento**, in cui il comando è derivato dalle informazioni di più sensori che individuano la posizione del punto più luminoso nel cielo.

Questa modalità di funzionamento garantisce un corretto e preciso inseguimento del Sole ma esclusivamente in condizioni di cielo sereno, diventando di contro estremamente incerto e approssimativo in condizioni di cielo parzialmente nuvoloso.

- **Inseguitore astronomico**, la cui gestione è affidata a complessi calcoli necessari per conoscere la posizione del Sole in base alle coordinate del sito d'installazione alla data e all'ora.

Questo principio di funzionamento assicura un inseguimento del Sole accurato e preciso anche in condizioni di cielo parzialmente nuvoloso, garantendo una maggior produttività riferita alla luce diretta ed è assolutamente indispensabile negli impianti a concentrazione.

2.1 Inseguitori solari e loro caratteristiche

Una meccanica che gestisce entrambi gli assi (Azimuth ed Elevazione) offre prestazioni superiori in termini di energia prodotta rispetto a un impianto a singolo asse. Tuttavia, un sistema a doppio asse risulta più complesso e costoso.

Un inseguitore monoassiale sull'asse di Elevazione è poco efficace, poiché l'energia prodotta risulterebbe significativamente inferiore rispetto a un inseguitore solare sull'asse Azimutale.

Non è comunque possibile indicare con valori certi quale incremento in percentuale si ottenga movimentando un asse rispetto all'altro, in quanto tutto dipende dalla latitudine di installazione dell'impianto.

È infatti decisamente diverso il moto apparente del Sole durante il corso dell'anno ad una latitudine (es. 45° centro Europa) rispetto ad una latitudine equatoriale.

A puro titolo di esempio, si riporta il rendimento medio annuo ottenuto simulando tre diversi tipi di inseguitori solari, rispetto ad un impianto fisso di pari caratteristiche.

Latitudine: 44.907615 N

Longitudine: 8.608845 E

<i>Impianto ad inseguimento asse Azimuth</i>	<i>+ 24,80%</i>
<i>Impianto ad inseguimento doppio asse (Azimuth + Elevazione)</i>	<i>+ 29,20 %</i>
<i>Impianto ad inseguimento ad asse inclinato (o asse Polare)</i>	<i>+ 24,60%</i>

(Dati ricavati dal software di progettazione fotovoltaica Solergo)

Movimentare l'asse dell'Elevazione è pertanto utile solo in particolari situazioni, comunque sempre ad integrazione dell'inseguimento Azimutale.

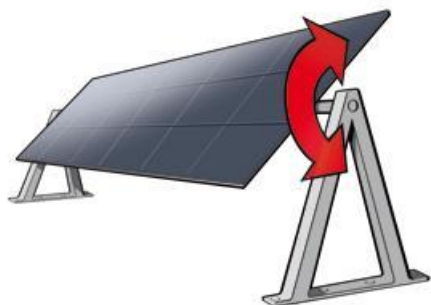
Simulando un Tracker monoassiale per il solo asse di Elevazione, il rendimento non supera nei migliori dei casi il 10%.

Alcune meccaniche di Tracker monoassiali Azimutali sono progettate per muovere manualmente l'asse dell'Elevazione due volte l'anno, in concomitanza degli Equinozi.

La struttura andrà pertanto realizzata in modo totalmente diverso in base al luogo di installazione.

Attraverso alcune immagini possiamo chiarire meglio questi concetti, senza prendere in considerazione la meccanica che muove il solo asse dell'Elevazione.

Inseguitore monoassiale orizzontale (Semplice e indicata per grandi impianti)



La struttura meccanica a singolo asse orizzontale (Azimutale), viene utilizzata nei grandi impianti in varie parti del mondo per la sua semplicità. Consigliato per latitudini equatoriali. Per ottimizzare ulteriormente il rendimento del sistema, l'asse di rotazione della struttura potrà essere inclinato verso l'Equatore di pari gradi quanto la propria latitudine.

Inseguitore a due assi indipendenti (Indicato per latitudini oltre 45°)



Gli inseguitori più sofisticati dispongono di due gradi di libertà, con lo scopo di allineare su entrambe gli assi i pannelli solari rispetto al Sole.

Utilizzando questo tipo di meccanica si ottengono aumenti di produzione energetica che possono raggiungere o superare il 30%.

Inseguitore ad asse inclinato, o asse Polare (Indicato per latitudini da 20° a 45° circa)



Gli inseguitori ad asse Polare si muovono su un unico asse inclinato rispetto al suolo e parallelo all'asse di rotazione terrestre.

Questo sistema di rotazione attorno ad un solo asse riesce a tenere i pannelli solari quasi perpendicolari al Sole durante tutto l'arco della giornata (trascuando le oscillazioni estate-inverno della traiettoria del Sole) offrendo un ottimo compromesso in termini di efficienza che si può ottenere da un inseguitore monoassiale Azimutale.

3. Principali caratteristiche Controller ATC2A

- **Sistema di controllo Astronomico – Digitale**

Il nostro sistema di controllo e posizionamento del Tracker si basa su un algoritmo avanzato, che calcola i gradi angolari del Sole su entrambe gli assi, in tempo reale e con elevata precisione. I dati relativi alle coordinate geografiche di Latitudine e Longitudine, la data e l'ora, vengono acquisiti automaticamente attraverso un modulo ricevitore GPS integrato sulla scheda garantendo il corretto funzionamento del sistema.

- **Modalità di funzionamento**

Il Controller ATC2A è stato progettato per poter gestire indifferentemente driver per Stepper Motor oppure motori AC tramite VFD Inverter.

- **Software di configurazione parametri**

Il **Configuratore AsTra Trackers** è un'applicazione standalone per Windows, fornita insieme al Controller, progettata per facilitare la configurazione iniziale del dispositivo. L'interfaccia grafica, semplice e intuitiva, consente di impostare rapidamente i parametri operativi tramite il collegamento tra la porta USB del PC e la porta USB-C del Controller.

- **Autoapprendimento posizione zero**

All'accensione il Controller avvia la procedura di autoapprendimento per determinare la posizione di zero, corrispondente al mezzogiorno solare locale. Questa posizione viene acquisita grazie a una camma metallica installata sulla parte mobile del Tracker, rilevata da un proximity switch montato sulla parte fissa della struttura. Completata questa fase, il Tracker si orienta automaticamente verso il Sole. Il display del Controller visualizza in tempo reale la data, l'ora, l'angolo di Azimuth, l'angolo di Elevazione e la posizione corrente dell'inseguitore solare.

- **Gestione indipendente per Azimuth ed Elevazione**

Il Controller gestisce automaticamente il Tracker su entrambe gli assi. Nel caso si realizzi una meccanica monoassiale non è necessario apportare alcuna modifica alla scheda elettronica.

- **Controllo automatico di posizionamento e data/ora**

Durante il normale funzionamento, il Controller verifica periodicamente la corretta posizione del Tracker in relazione ai dati visualizzati a display. La procedura di verifica riguarda anche la sincronizzazione dell'orologio interno al microcontrollore, basandosi sui dati ricevuti dal GPS. Tuttavia, in assenza temporanea di segnale, l'orologio interno provvede a tenere in operatività il sistema in completa autonomia.

- **Posizione di sicurezza in caso di vento**

Il Controller è in grado di gestire un monitoraggio anemometrico. In caso di forte vento il Tracker viene posto automaticamente in posizione di sicurezza per ridurre al minimo la possibilità di danni alla struttura.

- **Finecorsa software (Min e Max)**

Il software permette di impostare i limiti angolari entro i quali il Tracker può muoversi. Questa funzione risulta particolarmente utile quando la struttura meccanica dell'inseguitore ha un limite angolare oltre il quale non può orientarsi.

4. Scelta dei modelli di motore e riduttori

Il Controller ATC2A permette di utilizzare riduttori meccanici accoppiati a Stepper Motor o motori elettrici in corrente alternata.

Gli Stepper Motor rappresentano la soluzione ideale per applicazioni come questa, che richiede elevata precisione nello spostamento angolare e nel controllo della velocità di rotazione. Nella versione "Closed Loop" (con controllo di posizionamento integrato) questi motori garantiscono un posizionamento accurato e affidabile, eliminando la necessità di componenti aggiuntivi per il feedback di posizionamento.

È comunque possibile utilizzare motori di diversa tipologia, a condizione che venga implementato un valido e affidabile sistema di retroazione per il controllo di posizionamento del Tracker.

Stepper Motor e driver Closed Loop

Motore Trifase senza controllo di posizionamento



Nota: il "Feedback di posizionamento" (retroazione di posizione) è un elemento delicato nel sistema di controllo degli Inseguitori Solari. Un sistema di controllo di posizionamento inaffidabile può rendere vano qualsiasi calcolo relativo alla posizione del Sole.

Sul mercato sono disponibili numerosi modelli di riduttori ed è possibile utilizzare qualsiasi tipologia, a condizione che siano dimensionati correttamente per l'applicazione prevista. La scelta dei riduttori deve comunque ricadere su modelli di buona qualità e affidabilità.

Per questa applicazione si possono utilizzare riduttori a vite senza fine, ralle di rotazione e riduttori assiali. Questi componenti, grazie alle loro specifiche caratteristiche tecniche, possono essere accoppiati in modo ottimale per ottenere rapporti di riduzione elevati e prestazioni efficienti. Tale condizione è fondamentale per assicurare un funzionamento preciso e ottimale del Tracker.

È raro, infatti, riuscire a ottenere rapporti di riduzione molto elevati con un singolo riduttore, soprattutto se di piccole dimensioni. Risulta decisamente più semplice accoppiare due riduttori. Esistono in commercio riduttori combinati, molto utili per questo tipo di applicazione.

Possono essere utilizzati attuatori lineari elettrici, purché provvisti di sistema di retroazione di posizione compatibile con le caratteristiche del Controller oppure azionati da Stepper Motor.

Ralla di rotazione e riduttore a vite senza fine



Le ralle di rotazione e i riduttori a vite senza fine sono idealmente classificati come componenti irreversibili a causa della loro progettazione. L'irreversibilità statica si realizza quando, a riduttore fermo, l'applicazione di un carico sull'albero di uscita non pone in rotazione l'albero di entrata.

Un rapporto di riduzione basso può infatti causare una rotazione in senso contrario a quello corretto se viene applicato un elevato momento torcente sull'albero di uscita.

Un riduttore a vite senza fine viene pertanto considerato irreversibile quando l'angolo dell'elica degli ingranaggi interni è inferiore all'angolo di attrito.

Identificata la tipologia di riduttori da utilizzare per la realizzazione della meccanica, oltre ai dati necessari per dimensionare la struttura meccanica del Tracker, prima dell'acquisto è molto importante verificarne il rapporto di riduzione.

Il rapporto di riduzione si indica con la lettera "i". Esso è un dato sempre presente sui dati di targa del riduttore. Sui riduttori di produzione estera è possibile che il rapporto di riduzione sia indicato con il termine "ratio".

Dimensionando opportunamente questi componenti si otterranno buone prestazioni in termini di robustezza meccanica e precisione di inseguimento.

4.1 Rapporti di riduzione

In questo capitolo si prende come esempio la movimentazione del solo asse Azimutale, in quanto il ragionamento e i calcoli per l'asse dell'Elevazione sono esattamente uguali.

In fase di progettazione si deve quindi considerare che:

- I riduttori che muovono la struttura meccanica del Tracker non devono subire fenomeni di reversibilità.
- Un Inseguitore Solare ad alte prestazioni deve avere una elevata accuratezza di inseguimento.

Una buona progettazione richiede un rapporto di riduzione significativamente elevato. Tuttavia, come già detto, trovare riduttori con rapporti di riduzione molto alti può essere difficile. Vediamo come affrontare questo problema in modo semplice.

Consideriamo la possibilità di utilizzare due riduttori progettati con caratteristiche meccaniche che ne consentano l'accoppiamento reciproco:

- Primo riduttore: rapporto di riduzione $i = 100$
- Secondo riduttore: rapporto di riduzione $i = 100$

Il rapporto di riduzione totale ottenuto è il risultato del prodotto dei due rapporti:

- Rapporto di riduzione totale: $i = (100 \times 100) = 10.000$

Nota: più elevato è il rapporto di riduzione maggiore sarà la precisione di posizionamento, riducendo al contempo il rischio di reversibilità.

4.2 Risoluzione di inseguimento

Per "*risoluzione di inseguimento*" si intende la capacità del sistema di seguire il Sole con un'accuratezza angolare specifica, ossia la minima variazione di posizione angolare che il Tracker è in grado di rilevare e compensare per seguire il Sole in modo ottimale.

Più piccolo è il valore angolare della risoluzione di inseguimento, più puntuale sarà l'inseguimento. In sintesi, la "*risoluzione di inseguimento*" è un indicatore della capacità del sistema di seguire il Sole in modo preciso e reattivo, ottimizzando la produzione energetica.

Il Controller calcola automaticamente il valore di risoluzione di inseguimento più accurato su entrambe gli assi in funzione del rapporto di riduzione utilizzato.

5. Realizzazione della struttura meccanica

Una volta determinato il tipo di meccanica da adottare per la realizzazione del Tracker, essa dovrà essere opportunamente dimensionata. Nella progettazione della meccanica è importante tenere in considerazione la massima escursione del Sole durante il solstizio d'estate nel luogo di installazione.

I Tracker monoassiali orizzontali o quelli ad asse polare hanno una libertà di movimento che solitamente non supera i 90° o 120° di escursione totale massima, mentre i modelli a due assi, per le loro caratteristiche meccaniche, possono usufruire di più escursione angolare sul proprio asse verticale (vedi foto a pag. 5).

La struttura meccanica dovrà essere rigida e priva di giochi, ma nella progettazione sarà fondamentale tenere conto delle dilatazioni termiche dei materiali metallici.

Tenuto conto della normale usura meccanica, delle sollecitazioni del vento e dei processi di deterioramento dei materiali, tutti i componenti del Tracker devono essere realizzati per una durata non inferiore a 20 anni.

A garanzia di una lunga durata, l'insieme delle parti in acciaio della struttura dovranno essere protette dalla ruggine e dall'ossidazione. La zincatura a caldo è un'ottima soluzione.

Componenti elementari a bassa manutenzione (es. cuscinetti sigillati e ingrassatori) oltre a semplici ma efficaci sistemi di protezione per le intemperie sui motori e sui riduttori garantiranno al sistema un'elevata affidabilità nel tempo.

6. Extracorsa di sicurezza

Durante la progettazione meccanica, è importante prevedere l'installazione di un sistema di extracorsa di sicurezza. Si suggerisce l'uso di microswitch elettromeccanici, i quali interromperanno l'alimentazione del motore in caso di malfunzionamento del sistema di posizionamento.

Questi dispositivi devono essere di alta qualità e progettati per operare in ambienti esterni. Durante il normale funzionamento del Tracker non devono mai attivarsi, rendendo fondamentale verificarne l'efficienza durante le manutenzioni programmate.

Devono essere posizionati entro il limite massimo di escursione angolare del Tracker, così da ridurre il rischio di danni alla struttura in caso di movimentazioni improprie in modalità manuale.

7. Installazione e orientamento inseguitore

Per installare un Inseguitore Solare è fondamentale disporre di uno spazio aperto e privo di ombre. Nel caso di installazioni multiple, è indispensabile verificare la distanza tra le unità per evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco durante il corso della giornata e durante le varie stagioni.

In fase di installazione la procedura di orientamento avviene in moto automatico. Una volta avviato il sistema ed acquisita la posizione zero, corrispondente al mezzogiorno solare locale, il Tracker si posizionerà in maniera autonomamente verso il Sole.

Nota: il mezzogiorno solare locale è il momento della giornata in cui il Sole raggiunge la sua massima elevazione nel cielo.

È fondamentale sapere che:

- ***Nell'Emisfero NORD a mezzogiorno solare locale l'inseguitore è orientato a SUD***
- ***Nell'Emisfero SUD a mezzogiorno solare locale l'inseguitore è orientato a NORD***

8. Manutenzione inseguitore

Una corretta manutenzione prevede una verifica periodica finalizzata a un controllo delle parti meccaniche in movimento e all'ingrassaggio agli organi che lo richiedono.

Il controllo mira, inoltre, a verificare il corretto serraggio della bulloneria principale, il regolare funzionamento del sistema di puntamento e dei principali componenti elettromeccanici.

La manutenzione deve essere effettuata da personale autorizzato, con comprovata esperienza in ambito elettromeccanico.