

# Soluzioni Comprehensive di Collaudo per Inverter in ambito Domestico

## Un approccio integrato per gli inverter in ambito domestico per accelerare il passaggio all'energia solare

I miglioramenti nella tecnologia per i pannelli solari e i costi competitivi dei prodotti ad energia solare stanno facendo crescere rapidamente questo settore. Pertanto, i sistemi solari stanno diventando sempre più vantaggiosi in ambito residenziale e commerciale, specialmente quando gli incentivi governativi per implementare tecnologie verdi vengono presi in considerazione.

Secondo **Pike Research**, un'azienda di consulenza e ricerche di mercato (in particolare quello delle tecnologie pulite), la domanda per l'energia solare crescerà fino a 10.1 GW nel 2010, arrivando ad un incremento su base annua del 43%. Questa crescita è dovuta ai costi più bassi e alla maggiore disponibilità di sovvenzioni. Entro il 2013, la domanda del mercato solare supererà 19 GW, un tasso di crescita annuale 25% dal 2010.

**Yole Development**, una società che si occupa di ricerche di mercato e consulenza per lo sviluppo commerciale, ha monitorato il mercato fotovoltaico per molti anni. **Yole** prevede che il tasso di crescita annuo per gli inverter utilizzati nei pannelli solari crescerà fra il 30% e 45% nei prossimi 5 anni. Il mercato per le applicazioni residenziali del fotovoltaico era circa \$3.8B nel 2009. Circa il 5% di queste vendite riguardano apparati per prove e misure, il che equivale a un mercato totale pari a \$190M solo per queste applicazioni.

Questo include apparecchiature T & M necessarie per testare gli IGBT o semiconduttori di potenza usati negli inverter fino agli articoli richiesti per verificare la conformità a standard e specifiche. **AMETEK** - come azienda leader nella progettazione e produzione di soluzioni complete di collaudo incluso sorgenti di energia elettrica e apparecchiature per test - ha una larghissima conoscenza dei diversi requisiti e soluzioni per i sistemi ad energia solare.

Oggi, la grande maggioranza delle vendite a livello mondiale dei prodotti solari riguarda le applicazioni legate alla rete elettrica pubblica. Questo documento si focalizzerà sui requisiti di collaudo per prodotti connessi alla rete elettrica.

### Supportare le Richieste del Mercato

La domanda alla quale devono rispondere i produttori di inverter solari per sostenere le sempre crescenti richieste del mercato può creare alcune difficoltà. Queste sfide includono la capacità nel sapere valutare la competitività dell'inverter rispetto a quanto segue:

- Variazione dei parametri elettrici del pannello fotovoltaico e tecnologie (monocristallino, policristallino, film sottile CdTe, film sottile CIGS, fotovoltaico concentrato ...)
- Evoluzione delle disposizioni e regolamenti a livello ambientale (es. IEC 61000-3-15)
- Cambiamento dei requisiti e dei prezzi delle aziende elettriche, delle tariffe governative e la disponibilità e accessibilità ai relativi incentivi

Fondamentale resta la miriade di requisiti per il collaudo. Da sempre, l'industria degli inverter ha direttamente incluso il sole e i pannelli solari nella procedura di collaudo. Visto le crescenti evoluzioni in questo settore, una metrologia ripetibile e coerente rappresenta una delle maggiori sfide nel collaudo del fotovoltaico. Portare le tecnologie solari dal laboratorio fino alle installazioni in ambito residenziale e commerciale richiede la verifica di alcuni punti fondamentali, fra cui la convalida a livello progettuale del prodotto e il test di accettazione a livello di produzione e installazione.

Mano a mano che le nuove tecnologie come i micro inverter fotovoltaici sono introdotte sul mercato, variano anche le specifiche del collaudo. Per esempio, i micro inverter usano molti piccoli inverter invece di un unico grande inverter. Questo permette di migliorare l'efficienza del sistema fotovoltaico, potenzialmente ottimizzando anche l'affidabilità del sistema e quindi meno problemi, ma questo richiede apparecchiature di test funzionanti a basse tensioni DC con una più consistente erogazione di banda per rispondere fedelmente agli algoritmi MPPT dell'inverter.

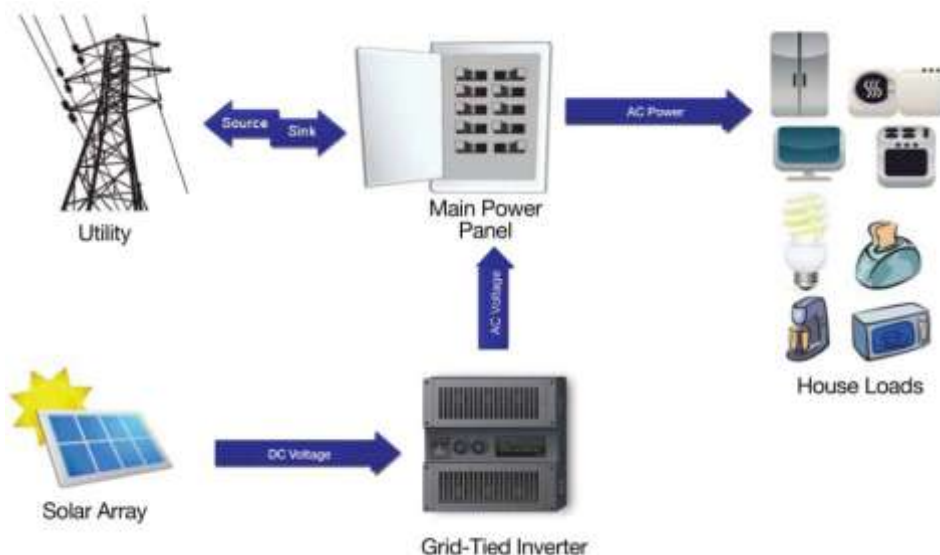
## La Sfida

Un collaudo inadeguato può seriamente impattare il successo di qualsiasi prodotto. Apparatrici difficili da implementare, tester imprecisi con scadente ripetibilità e apparecchiature che non si interfacciano facilmente con altre parti del sistema fotovoltaico, possono determinare significativi ritardi nel lancio di un nuovo prodotto. Le tre aree delle tecnologie solare/fotovoltaico che vanno ulteriormente esplorate, comprendono la simulazione dei pannelli solari, la simulazione del carico di casa e la simulazione della rete elettrica pubblica (vedi figura 1). A questo, si aggiungono nuovi standard in continua evoluzione che aumentano la complessità relativamente all'energia solare.

## Simulare il Campo Fotovoltaico

I pannelli solari funzionano in un ambiente incontrollato. La loro erogazione dipende molto da una varietà di condizioni, incluso l'intensità della luce solare (pieno sole rispetto al cielo coperto), la temperatura ambiente, effetti dell'ombreggiamento esterno (rami degli alberi o camini), polvere, escrementi degli uccelli e altri fattori. Tutti questi elementi influiscono sulla capacità di produrre energia da parte dei pannelli solari.

L'inverter va progettato per consentire il massimo trasferimento di energia dai pannelli solari verso l'inverter. Questo valore, il cosiddetto **MPP**, è più comunemente determinato su base continua. La maggioranza degli inverter sono stati progettati per raccogliere la maggiore quantità di energia disponibile dai pannelli solari in qualsiasi momento. Per fare ciò, questi usano di solito un algoritmo di inseguimento MPP per presentare in modo continuo il carico ottimale ai pannelli solari in modo da avere il massimo trasferimento di energia. Il collaudo degli inverter per questa applicazione (sia per lo sviluppo e sia per la produzione) richiede una sorgente di energia elettrica, vale a dire un



**Figura 1. Un tipico sistema fotovoltaico connesso alla rete ha diversi componenti e livelli di tensione - ognuno richiede un test speciale.**

Simulatore di Pannelli Solari — che può simulare in modo affidabile le prestazioni effettive. Con a disposizione praticamente centinaia di pannelli solari sul mercato, questa può sembrare un'impresa disperata. Fortunatamente, il NREL conserva un database (SAM) con tutti i modelli di pannelli solari e cataloga i parametri fondamentali come  $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$ ,  $V_{mpp}$  a 24C e isolamento standard  $1000 \text{ W/m}^2$  per centinaia di prodotti fotovoltaici in commercio.

Il database offre strumenti potenti che aiutano i progettisti nel prevedere le prestazioni del sistema per qualsiasi fattore di riempimento o materiale solare. Un simulatore di pannelli solari capace di accedere a questi dati e aggregarli in un test per inverter dinamico, realistico e interattivo può rivelarsi la scelta vincente per competere sul mercato.

Molti inverter solari generano ripple AC sul loro ingresso DC che è collegato ai pannelli solari. Per gli inverter monofase, la frequenza di questo ripple è due volte la frequenza di linea (120 Hz per i modelli USA). Gli alimentatori del simulatore non devono sopprimere questo ripple come funzione del loro circuito di regolazione. Un crescente numero di inverter (e praticamente tutti microinverter) misura accuratamente l'ampiezza e la fase della corrente e tensione di ripple in modo da inseguire rapidamente il punto MPP dei pannelli solari.

Questo approccio permette di tracciare molto più rapidamente il valore MPP rispetto alla tecnica convenzionale di dithering. Un più veloce inseguimento di MPP produce una superiore efficienza complessiva in condizioni di cielo nuvoloso, dove l'irraggiamento cambia in continuazione. È probabile che tutti gli inverter adotteranno questo metodo nel prossimo futuro, dato che gli utenti finali sono molto sensibili all'efficienza complessiva delle loro installazioni.

Per soddisfare questa richiesta, il simulatore fotovoltaico deve essere in grado di riprodurre il comportamento per tensione/corrente di un pannello solare anche in presenza di questo ripple. Un altro requisito di questa procedura è la capacità di simulare il valore MPP delle stringhe multiple di pannelli poiché molte installazioni impiegano un grande numero di pannelli solari.

### Simulare i Carichi dell'Abitazione

Simulare i carichi di un'abitazione è un'area che merita una speciale considerazione per quanto riguarda il collaudo. Per esempio, come risponderà l'inverter ai carichi con un alto valore di cresta (HCF)? (Nota: HCF è il rapporto del valore di picco rispetto al valore RMS della forma d'onda)

Questo può accadere nel caso di alimentatori a commutazione per la televisione, il computer, il forno a microonde e anche quando si spegne e accende un frigorifero. Le apparecchiature con alimentatori a commutazione possono essere anche una sorgente di distorsione armonica. In che modo tutti questi diversi tipi di carichi possono influenzare gli inverter connessi alla rete elettrica? Un simulatore di carico è la risposta a questa domanda.

### Simulare la Rete Elettrica

La simulazione della rete elettrica è fra le più recenti specifiche di collaudo. Vi sono per ora pochi standard ben delineati ma i punti più considerati dalle aziende elettriche comprendono:

- Protezione anti-islanding
- Iniezione di corrente continua
- Disfunzioni come perdita di fase, interruzioni e buchi di tensione, disturbi della frequenza
- Forme d'onda ricche di armoniche verificano la capacità di inseguimento dell'inverter

Uno dei problemi che possono presentarsi quando la connessione alla rete elettrica non è stata stabilita in modo corretto è il crearsi di una situazione definita come "islanding". Come definito in IEEE 1547, **islanding**<sup>2</sup> è "una condizione in cui una porzione di un'area EPS viene energizzata unicamente da uno o più sistemi locali attraverso l'associato punto di accoppiamento comune (PCC) mentre quella porzione dell'Area EPS è elettricamente separata dal resto dell'area EPS."

Poiché una condizione di *islanding* non intenzionale della sorgente distribuita può generare una scadente qualità della potenza, interferenza con gli apparati di protezione della rete elettrica e altri problemi, una funzione anti-islanding nell'apparecchiatura garantisce il rilevamento di isole elettriche e l'adeguata sconnessione dalla rete elettrica.

Gli standard stabiliscono che quando manca la rete elettrica, l'inverter deve disattivarsi entro un tempo specifico e la salita di tensione deve essere limitata. Sono in corso di sviluppo appositi test per verificare queste capacità. Per eseguire specifici test *anti-islanding* sono necessari software e hardware personalizzati.

Le aziende elettriche hanno solitamente una piccola componente di corrente continua (mV) nella loro alimentazione AC, pertanto il test di iniezione DC viene adottato per determinare in che modo reagisce un inverter alla componente DC. Simulare la rete elettrica, richiede l'aggiunta della componente DC, ma questo può essere un problema in alcuni

sistemi di alimentazione. Una tensione DC sostenuta potrebbe saturare il magnetismo dell'inverter generando un 50% di caduta nella potenza erogata.

Il comitato IEC si rende conto che queste situazioni possono sussistere e sta lavorando alacremente per sviluppare appositi standard per convalidare le prestazioni degli inverter nelle varie condizioni atipiche. Per produrre i livelli di tensione, distorsioni, buchi, interruzioni e altre disfunzioni a cui sono normalmente soggetti i prodotti finali quando funzionano collegati alla rete elettrica, la sorgente di energia usata per il collaudo deve essere programmabile manualmente o via computer.

Mentre questi test di immunità valutano la capacità del prodotto nel resistere ai più comuni disturbi della rete elettrica, sono necessari ulteriori test per misurare le emissioni o il contributo ai disturbi che lo stesso prodotto può creare.

Per fare ciò, servono sorgenti di energia AC pulita che alimentano e ricevono energia dal prodotto che viene testato. Quest'ultimo requisito definisce un sistema rigenerativo. L'importanza delle armoniche pari e dispari e del loro impatto sulla rete elettrica è ben conosciuto, tuttavia, la suscettibilità interarmonica/distorsione è uno sviluppo piuttosto recente.

I valori fra le armoniche intere - come 2.6 o 3.5 - possono creare problemi in alcuni prodotti comuni come forni a microonde, lavatrici e altro ancora. Per esempio, gli interruttori di sicurezza in questi prodotti possono essere influenzati da certi valori interarmonici e non funzionare correttamente. Tutti questi aspetti devono essere valutati in un inverter solare. Per verificare la capacità e le prestazioni dell'inverter serve una sorgente programmabile.

## Conformità con gli Standard

Forse la più grande sfida odierna per i sistemi fotovoltaici è il collaudo richiesto per la conformità agli standard. Per determinare questa conformità, i produttori devono testare i loro prodotti per dimostrare che soddisfano le specifiche degli standard locali, nazionali e internazionali. La tabella 1 mostra alcuni degli standard più importanti, incluso lo standard più recente - IEC 61000-3-15 - di cui è prevista l'entrata in vigore per la fine del 2010.

In molti casi, i prodotti vengono sviluppati in concomitanza con gli standard. Pertanto, è necessario colmare il divario fra gli standard e il collaudo necessario per essere conformi. Questo può essere ottenuto lavorando con un produttore che sia a stretto contatto con gli enti che sviluppano gli standard e i loro sub appaltatori.

Standard	Topic
IEC 62116-2008	Islanding prevention for utility-interconnected PV inverters
IEC61000-3-15	EMC Low frequency phenomena (in draft)
GS S1 – TÜV	Full compliance to GPSG and LVD for CE compliance
IEC 61727	Utility connected PV systems operating in parallel
IEC TS 62578	Power electronics systems and equipment – operation and characteristics of active in-feed converter applications
IEC 62124	Photovoltaic (PV) stand alone systems - Design verification
UL1741	UL Standard for Safety Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use with Distributed Energy Resources
IEEE 1547	Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
GB/T19064	Chinese National Standard
GB/T19535	Chinese National Standard
GB/T19604	Chinese National Standard
IEC 61000-3-15	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-15: Limits - Assessment of low frequency electromagnetic immunity and emission requirements for dispersed generation systems in LV network

Tabella 1. Standard internazionali e nazionali che richiedono sorgenti accurate e ripetibili per determinare la conformità.

## La Soluzione AMETEK - Circondare l'Inverter



Circondare l'inverter con apparati programmabili per simulare l'erogazione dei campi fotovoltaici, simulare i carichi applicati all'uscita dell'inverter e simulare l'interfaccia della rete elettrica rappresenta un mezzo esauriente ed efficiente dal punto di vista energetico per testare questi dispositivi. La figura 2 è un esempio di questo sistema complessivo:

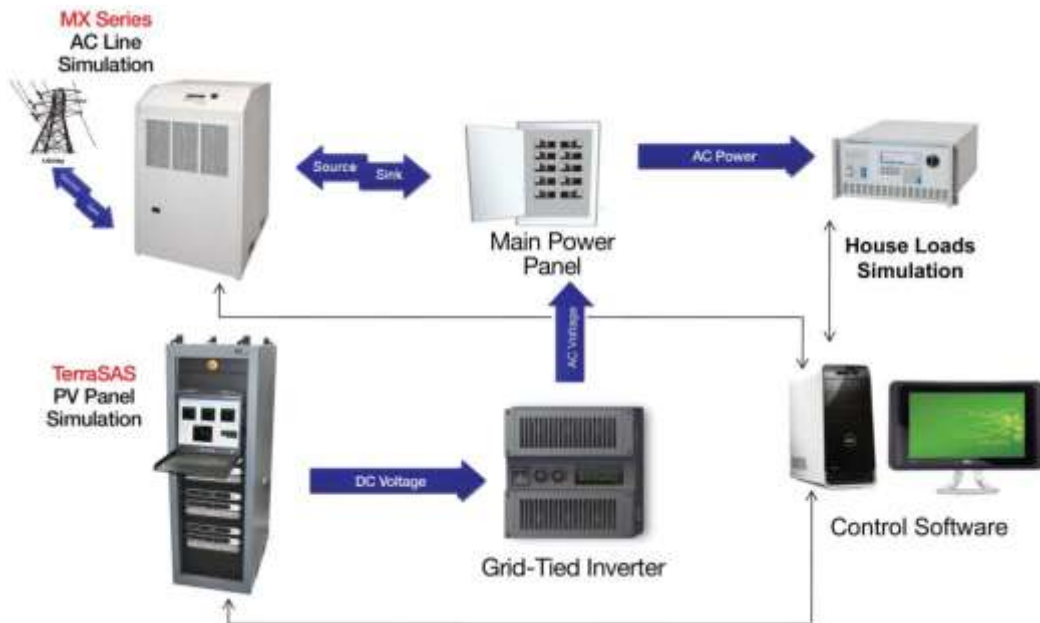


Figura 2. Una soluzione completa di collaudo verifica le capacità e funzionalità nel soddisfare numerosi standard industriali e le prestazioni dichiarate del prodotto per ogni elemento del sistema fotovoltaico.

AMETEK ha usato la propria competenza per lo sviluppo dei prodotti per applicazioni solari per satellite e ha portato questa tecnologia sulla terra. In questo modo, AMETEK lavora assieme a società leader per migliorare lo stato dell'arte nel collaudo dei sistemi fotovoltaici.

Grazie a questa collaborazione, AMETEK ha affrontato molte delle questioni che queste aziende hanno identificato durante il collaudo dei sistemi ad energia solare, incluso quelli che si applicano specificamente agli standard e ai test di conformità. Le specifiche aree di competenza sull'energia solare di AMETEK includono:

- **Validazione del Prodotto**
  - Ricerca del Sottosistema
  - Sviluppo del Prodotto
  - Test di Conformità
- **Produzione**
  - Fabbricazione ATE
- **Installazione**
  - Verifica di Funzionamento
  - Servizio e Supporto
  - Mobile TerraSAS
- **Micro Inverter**
  - Migliore ottimizzazione delle stringhe fotovoltaiche
  - Sistemi Multi Canale
  - Minori livelli di potenza per inverter (300W-500W)

In aggiunta, AMETEK ha la capacità di mettere assieme tutte queste parti in un'unica soluzione. Esempi di soluzioni individuali che sono state specificamente sviluppate per il mercato del pannello solare /inverter includono il simulatore fotovoltaico TerraSAS, il simulatore programmabile di carichi AC e la serie MX di sorgenti programmabili AC e DC.

Il simulatore TerraSAS di AMETEK, localizzato nell'angolo inferiore sinistro della figura 2, è composto da alimentatori programmabili DC, un controller montato a scaffale, una tastiera e uno schermo LCD con software di controllo e interfaccia GUI. Il sistema include relais per inversione di polarità, uscita isolata e un esclusivo motore di simulazione fotovoltaica che controlla l'alimentazione.

Questa combinazione di hardware e software permette al sistema TerraSAS di simulare la maggioranza dei protocolli di collaudo o combinazione di eventi che impattano un impianto solare. Per i carichi variabili in ambiente domestico, AMETEK dispone inoltre di un simulatore programmabile di carico AC (angolo superiore destro della figura 2) che vi offre quanto segue:

- **Un'ampia gamma di tensione (3kVA-24kVA)**
- **Diverse modalità di esercizio**
  - Corrente Costante
  - Tensione Costante
  - Fattore di Cresta
  - Fattore di Potenza
  - Corto Circuito
- **Un'ampia gamma di frequenze (45-440Hz)**

La serie MX di sorgenti programmabili e bidirezionali (angolo superiore sinistro nella figura 2) viene usata per simulare l'interconnessione dell'inverter alla rete elettrica. Queste apparecchiature possono simulare la variabilità della rete elettrica (tensione, frequenza, distorsione armonica) necessaria per verificare la capacità dell'inverter nell'erogare energia verso la rete elettrica. Con la serie MX è possibile simulare i disturbi sulla rete elettrica ed eseguire test come UL1741 e IEEE1547.

Inoltre, la serie MX può testare dinamicamente la conformità dell'inverter rispetto ai previsti test *anti-islanding* richiesti per le risorse distribuite connesse alla rete elettrica. Un ulteriore vantaggio di questo approccio è la rilevante quantità di energia utilizzata per collaudare l'inverter che può essere in seguito ritornata alla rete elettrica: un notevole risparmio energetico per l'utente.

Dato che la serie MX permette di modificare diverse variabili incluso gli effetti della temperatura, è anche possibile simulare un'intera giornata di 24 ore e prendere molteplici letture sugli inverter. Questo vi permette di verificare l'efficienza dell'inverter lungo tutto il suo campo di funzionamento: una funzionalità esclusiva in questo settore.

Mano a mano che nuovi standard vengono sviluppati stabilendo nuove richieste di conformità per diversi prodotti e il sistema, AMETEK è intimamente legata allo sviluppo delle specifiche ed è associata con altre organizzazioni che stanno sviluppando questi standard e procedure di conformità. In molti casi, AMETEK provvede in prima persona soluzioni di collaudo mentre gli standard sono ancora in forma di bozza. Poiché i sistemi sono basati su software, se gli standard cambiano, per aggiornare il sistema basta semplicemente una revisione software.

Il software di controllo giocherà un ruolo sempre più importante nel mettere assieme i diversi elementi hardware del collaudo e ridurre il tempo necessario per generare i risultati dei test. Anche se sono presenti software per molte applicazioni di collaudo, il software personalizzato richiesto per soddisfare gli specifici requisiti di un fornitore può essere sviluppato con relativa facilità. Infatti, il software permette l'integrazione dei prodotti per il collaudo solare. Oltre ai prodotti richiesti per il collaudo come il sistema TerraSAS, la serie MX di sorgenti programmabili e il simulatore di carico, AMETEK prevede che il software diventerà sempre più una parte importante della sua attività. Grazie ai sistemi di collaudo e software offerti da AMETEK, potrete controllare l'intero sistema. Questo semplificherà il collaudo e permetterà ai fornitori non solo di immettere sul mercato i loro prodotti più rapidamente ma avere anche la consapevolezza che questi saranno conformi con gli standard e con le specifiche tecniche dichiarate.

Per maggiori Informazioni :

Franco Zanella

**CalPower Srl**

[www.calpower.it](http://www.calpower.it)

Telefono +39 031526566



