

# Simulatore con Sistema Rigenerativo per gli Inverter connessi alla Rete Elettrica

## *La serie MX di AMETEK con l'opzione SNK vi offre la soluzione*

Il metodo di collaudo degli inverter utilizzato nei sistemi a energia solare sta riscuotendo notevole successo come applicazione principale per sorgenti AC altamente ripetibili. Queste sorgenti di alimentazione sono state adottate sia nella fase di progettazione e sia durante il collaudo della produzione per confermare la loro capacità di sottostare alle variazioni della rete elettrica e quindi dimostrare la conformità agli standard applicabili. **Yole Development**, azienda di ricerca leader nel settore, ha previsto che il mercato degli inverter fotovoltaici raddoppierà nei prossimi cinque anni<sup>1</sup>.

Sono le problematiche legate ai test che dettano le richieste riguardanti le diverse caratteristiche delle sorgenti di alimentazione in modo da rendere il collaudo più semplice, più accurato e più ripetibile. Inoltre, l'impatto economico e ambientale legato allo spreco di energia elettrica impone che sia data una considerevole attenzione nel ridurre il consumo di energia. Entrambi gli aspetti sono alla base delle qualità per una sorgente di alimentazione all'avanguardia.

### **Gli Attuali Requisiti per le Sorgenti di Alimentazione**

Dato che la rete elettrica - nella maggioranza dei paesi industrializzati - ha solitamente dei livelli di distorsione pari al 3-5% con buchi e fluttuazioni di tensione che superano facilmente il 10% su una base quasi giornaliera, è quindi necessaria una sorgente di alimentazione alternativa per condurre questi test.

A complicare ulteriormente la procedura di collaudo delle apparecchiature, vi sono le variazioni nella tensione di rete, che vanno da 120V-60Hz nel Nord America fino a 220/230V-50Hz in quasi tutta l'Asia, Sud America ed Europa oppure 100V-50/60Hz del Giappone: tutto ciò rende la programmabilità una caratteristica essenziale delle sorgenti di alimentazione.

Per riprodurre i livelli di tensione, le distorsioni, eventuali buchi e le interruzioni a cui i prodotti finali sono normalmente soggetti (quando funzionano scollegati dalla rete elettrica), la sorgente di alimentazione impiegata nel collaudo del prodotto deve essere programmata in modo manuale oppure mediante computer.

Mentre questi test di immunità valutano la capacità del prodotto nel sopportare le più comuni disfunzioni generate dalla rete elettrica, sono richiesti altri test per misurare le emissioni o disturbi che il prodotto stesso può contribuire a produrre. Eseguire questi controlli richiede sorgenti pulite di alimentazione AC che forniscano e ricevano energia dal prodotto che viene testato. I requisiti più recenti definiscono un sistema rigenerativo (*vedere la figura 1*).

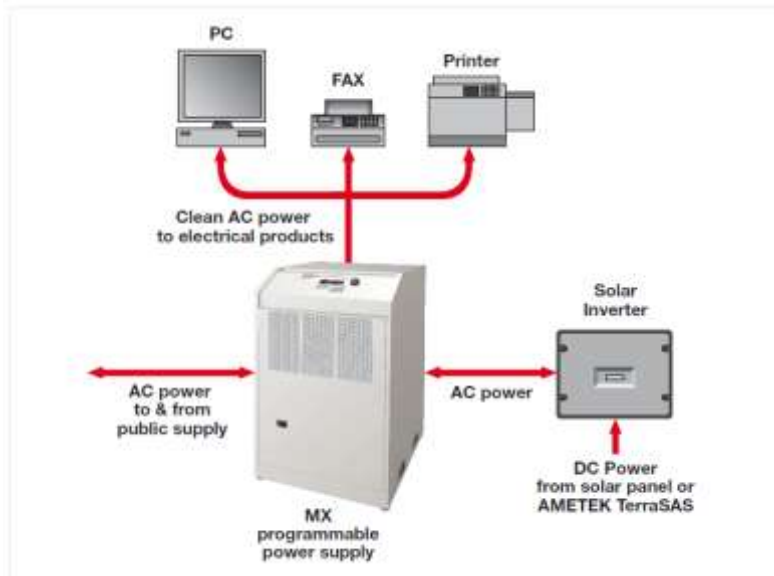


Figura 1. Una sorgente programmabile può produrre e ricevere energia da un inverter solare e fornire potenza AC pulita per il collaudo

### Funzionamento in Modalità Rigenerativa

Le sorgenti lineari a quattro quadranti sono state adoperate per invertire il flusso della corrente (corrente assorbita) nella sorgente usando due dei quadranti per erogare potenza e i restanti due quadranti per assorbire potenza. In questo caso, il secondo quadrante agisce come un carico e consuma energia sotto forma di energia termica.

Rimuovere questo calore da un laboratorio o linea di produzione richiede una quantità di energia di raffreddamento solitamente uguale al calore generato – essenzialmente raddoppiando lo spreco di energia e aumentando considerevolmente i costi di gestione. La consapevolezza crescente per la tutela dell'ambiente e quelle società che stanno attivamente riducendo le loro emissioni di carbonio, rendono una sorgente lineare inaccettabile per molte ragioni.

La soluzione alternativa preferita che risolve la generazione del calore e l'aggiunto problema del suo raffreddamento è una sorgente AC a commutazione. Grazie alla capacità di erogare e assorbire potenza, l'energia di una sorgente a commutazione viene effettivamente rimandata alla rete elettrica con una perdita minima quando funziona come una sorgente rigenerativa.

Un inverter solare può produrre sufficiente energia per alimentare in modo continuato la sorgente. Quando però il livello di energia non può coprire la richiesta del carico, la direzione del flusso di potenza può essere cambiata dinamicamente, anche su base di mezzo ciclo alla volta. L'inverter deve essere in grado di risolvere non solo le situazioni continue, intermittenti o semiciclo ma anche gli eventi di breve durata nel flusso di energia.

### Condizione di "Islanding"

Per soddisfare la crescente domanda di elettricità, le aziende elettriche possono acquistare surplus di energia dai sistemi fotovoltaici, micro turbine, celle combustibili e altre tecnologie a livello locale. Tuttavia, le prestazioni, il funzionamento, la verifica e la sicurezza nell'interconnessione dei prodotti e servizi, dovrà essere conforme con i requisiti IEEE 1547 (vedi tabella 1 - **Conformità agli Standard**).

L'inverter deve provvedere un mezzo per simulare l'interconnessione ad un sistema di fornitura elettrica (EPS) con una risorsa distribuita come l'inverter fotovoltaico di un pannello solare ma anche eseguire ripetutamente il collaudo richiesto dallo standard (vedi la figura 2).

Uno dei problemi che può presentarsi se l'interconnessione non è stata stabilita correttamente è una situazione chiamata "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 oppure più sistemi locali attraverso l'associato punto di accoppiamento comune (PCC) mentre quella porzione dell'Area EPS è elettricamente

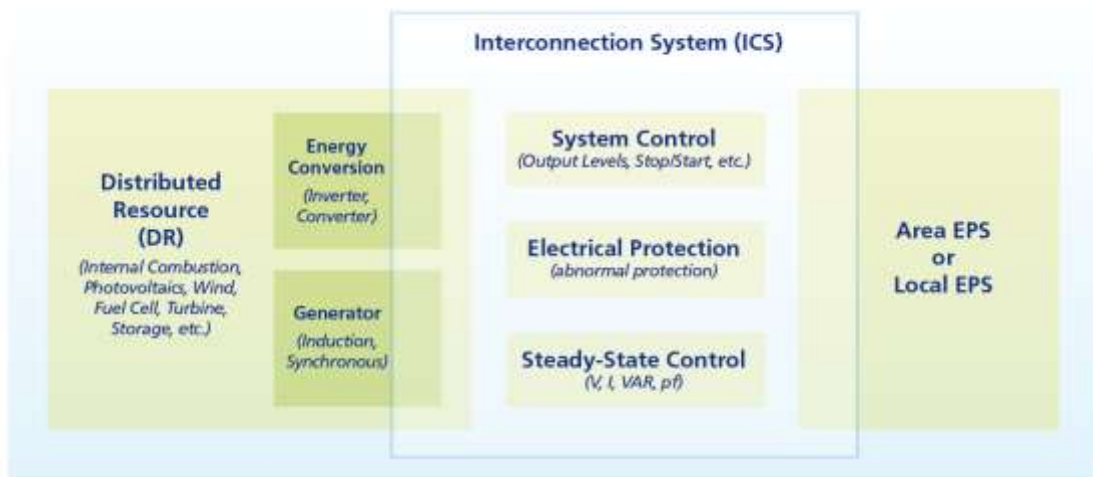


Figura 2. Caratteristiche di interconnessione o punto di accoppiamento comune per prevenzione anti-islanding come in IEEE 1547<sup>3</sup>.

separata dal resto dell' Area EPS." Poiché una condizione *islanding* non intenzionale della sorgente distribuita può generare una scadente qualità dell'energia, 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. L'inverter usato per questo collaudo deve essere in grado di simulare questo evento.

### La Soluzione AMETEK

Come azienda leader nella produzione e progettazione di soluzioni complete per il collaudo, incluso le sorgenti di energia e apparati di test, AMETEK conosce bene requisiti e soluzioni per le sorgenti programmabili. La serie MX California Instruments parte della AMETEK, funzionante in Modo Rigenerativo (opzione SNK) è conforme con le più stringenti richieste del settore. La figura 1 mostra l'interagire delle sorgenti programmabili in questa applicazione.

### Funzionamento in Modalità Rigenerativa

Per un'efficiente simulazione della linea AC, le sorgenti programmabili serie Mx della AMETEK usano la tecnologia a commutazione. In modalità Rigenerativa, la serie MX può accettare e assorbire (SNK) l'energia che ritorna da qualsiasi apparecchiatura collegata alla rete elettrica. Questo ritorno di energia può essere un evento di breve durata o una condizione semi permanente.

Per gestire in modo efficace queste evenienze in un'ampia gamma di tensioni di alimentazione, la sorgente programmabile MX con l'opzione SNK dispone di altre funzionalità che semplificano il suo utilizzo. Un limite programmabile di corrente (diverso nella modalità SNK rispetto al limite di corrente usato durante l'erogazione di corrente) può essere prontamente impostato mediante schermata di controllo e valori definibili dall'utente. La figura 3 mostra la schermata **Regenerate Control**.

REGENERATE CONTROL	
STATE = ON	
UNDER VOLT= 212.0 V	dFREQ = 0.45 Hz
OVER VOLT = 263.0 V	DELAY = 5.000 S
PREVIOUS SCREEN	CURR = 8.0 A

Figura 3. Lo schermo del pannello anteriore permette di regolare diversi parametri

In aggiunta al limite della corrente massima che l'inverter può iniettare nella sorgente, è possibile selezionare se abilitare/disabilitare lo stato di controllo di rigenerazione e anche i valori degli altri parametri. L'impostazione **UNDER VOLT** è la tensione più bassa a cui la sorgente passerà in condizione di sovra corrente.

Analogamente, **OVER VOLT** è la tensione più alta prima che la sorgente sconnetta l'inverter dalla linea. **Delta Frequency** o **dfREQ** indica la variazione nella frequenza della sorgente che stacca l'inverter dalla linea. Mentre il parametro **Delay** è l'intervallo di tempo che la sorgente applicherà fra la condizione di sovracorrente e ogni passaggio nelle altre azioni specificate.

Come esempio della programmabilità della serie MX con opzione SNK, il limite di corrente della potenza erogata dalla sorgente MX può essere impostato a 40A con lo stato di controllo della rigenerazione disattivato, mentre la massima corrente che viene ritornata dalla sorgente MX alla rete elettrica può essere impostata a 10A con attivato lo stato di controllo di rigenerazione. In modalità di Rigenerazione, il limite di corrente funziona esattamente all'opposto della "normale" modalità operativa di una sorgente di alimentazione. Invece di ridurre la tensione per limitare la corrente, la sorgente MX aumenterà la sua tensione fino al limite di sovratensione programmato.

L'impostazione **dfREQ** provvede ulteriori funzionalità alla serie MX con opzione SNK. Quando la durata di una condizione di sovracorrente eguaglia l'intervallo di tempo specificato dall'utente, la sorgente varierà la sua frequenza mediante l'impostazione **dfREQ**. Questo, solitamente forzerà l'inverter a staccarsi dalla linea.

Se questo non avviene entro il periodo di tempo specificato in secondi (**DELAY**), la sorgente MX diminuirà la sua tensione. Se la condizione di sovracorrente persiste l'inverter non si sconnette dalla linea, la sorgente farà scattare il suo relai di uscita e si disattiverà. Se impostate a zero il valore di **dfREQ**, la sorgente salterà i differenti passaggi di transizione della frequenza e passerà direttamente dalla condizione di sovratensione al limite di sottotensione.

### Protezione Anti-Islanding

La sorgente MX con opzione SNK permette di interconnettere un sistema di fornitura elettrica (EPS) con una risorsa distribuita (DR) come ad esempio l'inverter fotovoltaico del pannello solare e poi eseguire ripetutamente il collaudo richiesto dallo standard (vedere la figura 2).

La sorgente MX funzionante con lo stato di Rigenerazione attivo, supporta la "modalità bilanciata" test anti-islanding richiesto da IEEE 1547 e altri standard come UL 1741e CA Rule 21. Per bilanciare la richiesta del carico e l'erogazione dell'inverter, il carico viene impostato per assorbire esattamente la potenza erogata dall'inverter in modo tale che il flusso di corrente sia pari a zero.

In modalità Rigenerativa, la sorgente farà scattare il relai di uscita mentre la tensione si trova al livello programmato, invece di richiedere che la tensione erogata sia programmata a "zero" prima di fare scattare il relai di uscita, come avverrebbe senza l'opzione SNK.

Questa differenza permette di valutare la capacità dell'inverter nel rilevare che l'erogazione della rete elettrica sia stata scollegata: una situazione che si verifica quando nell'abitazione scatta l'interruttore di protezione o durante un'interruzione dell'erogazione dell'elettricità. Lo standard IEEE 1547 richiede inoltre che la sorgente si scolleghi da sola dall'inverter e dal carico (quest'ultimo perfettamente bilanciato). Le differenze fra carico sbilanciato e bilanciato appaiono nella figura 4.

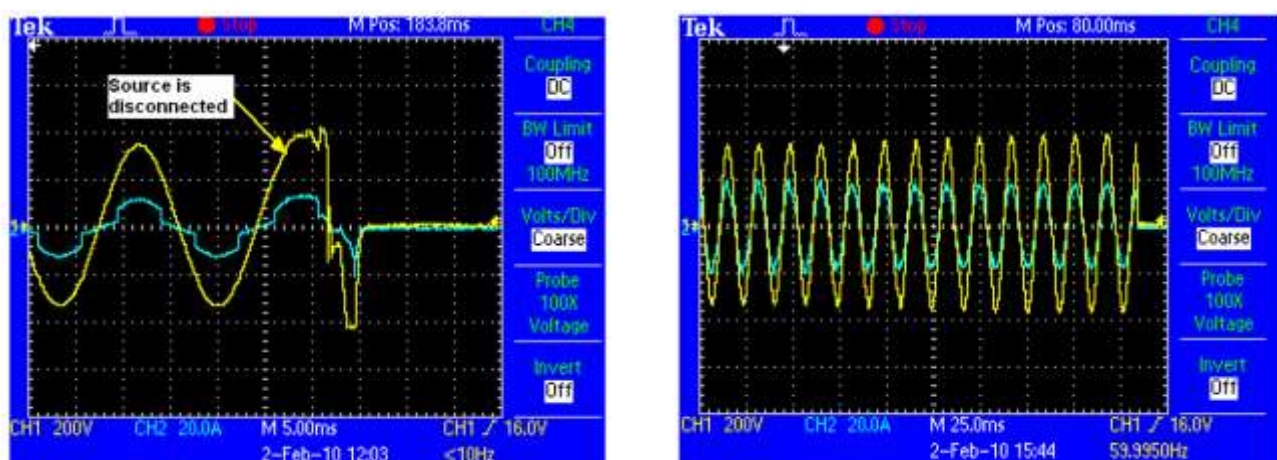


Figura 4. La differenza fra un inverter scollegato con carico sbilanciato (sinistra) e carico bilanciato (destra)

Nella figura di sinistra, l'inverter è un carico sbilanciato. Con circa mezzo ciclo, l'inverter rileva che la sorgente di alimentazione - la rete elettrica pubblica - non è più presente e pertanto si scollega. Nella figura di destra, dopo che la sorgente si è scollegata, la tensione dell'inverter aumenterà gradualmente lungo gli ultimi 8-9 cicli e l'inverter impiegherà circa 150ms per rilevare un evento *islanding* e quindi disattivarsi.

## Programmabilità Software dell'Interfaccia Grafica Utente

L'opzione SNK offre la flessibilità per eseguire diversi test sui sistemi rigenerativi. In aggiunta ai comandi posti sul pannello anteriore, il software dell'interfaccia grafica utente MX basato su PC supporta anche l'opzione SNK. Come mostrato nella figura 5, questo permette di accedere ai diversi parametri così da effettuare con semplicità un'ampia gamma di test per l'inverter.

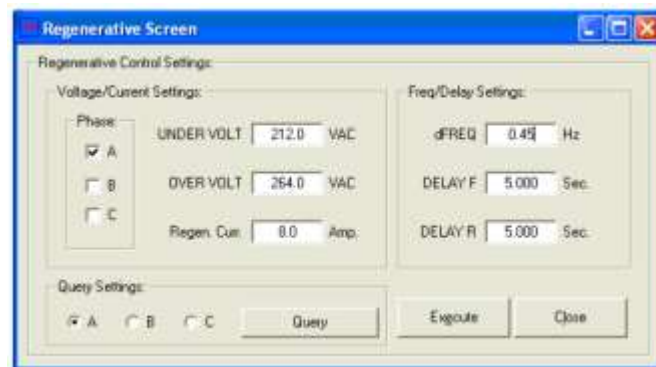


Figura 5. L'interfaccia MX permette di selezionare i valori dei parametri **Regenerative Control Settings**

Con la funzione **Transient List**, il comportamento complessivo del sistema può essere determinato come in figura 6. In questo esempio, la sorgente viene programmata per scendere da 240V a 195V ad incrementi da 5V, iniziando circa 20 secondi dopo che l'inverter si è sincronizzato ed è in linea.

La funzione permette anche di eseguire altre misure incluso il test di frequenza delta. In questo test, la sorgente è programmata per passare attraverso una serie di cambiamenti di frequenza da 60Hz incrementando i valori positivi e quelli negativi con impostazioni fisse di tempo e tensione.

Possiamo quindi affermare che il software avrà un ruolo sempre più importante nel raggruppare gli elementi hardware del test e ridurre il tempo necessario per produrre i risultati del vostro collaudo.

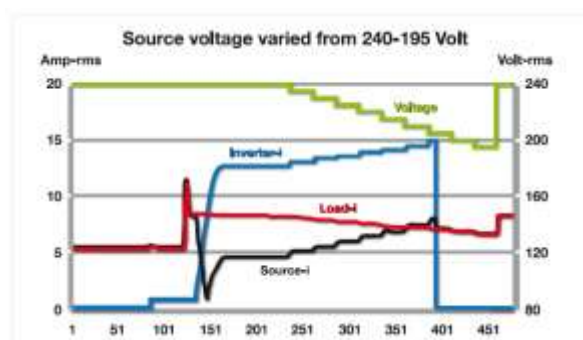


Figura 6

Una volta programmati i passaggi di tensione in **Transient List**, i risultanti passaggi di corrente e tensione sono facilmente misurabili durante la fase esecutiva.

## Riferimenti

- <sup>1</sup> [PV Inverter Trends](#), 1 Ottobre, 2009, Yole Development
- <sup>2</sup> [1547-2003 IEEE Standard for Interconnecting Distributed Sources with Electric Power Systems](#)

## Conformità con gli Standard

La modalità Rigenerativa della serie MX con l'opzione SNK è essenziale per eseguire molti dei test richiesti dagli standard locali, nazionali e internazionali. La **tabella 1** qui sotto, riporta alcuni degli standard più critici, incluso lo standard più recente, che dovrebbe entrare in vigore verso la fine del 2010: **IEC 61000-3-15**.

Standard	Topic
IEC 62116-2008	Islanding prevention for utility-interconnected PV inverters
IEC61000-3-15	EMC Low frequency phenomena (in draft)
GS 51 – TUV	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.

### Per maggiori informazioni contattare:

Franco Zanella

#### CalPower Srl

Via Acquanera 29  
22100 COMO (Italy)  
Telefono +39 031526566