

Affidabilità dei microinverter Enphase

The overriding philosophy at Enphase Energy is that quality and reliability cannot be tested into any product – they must be part of every aspect of the business.

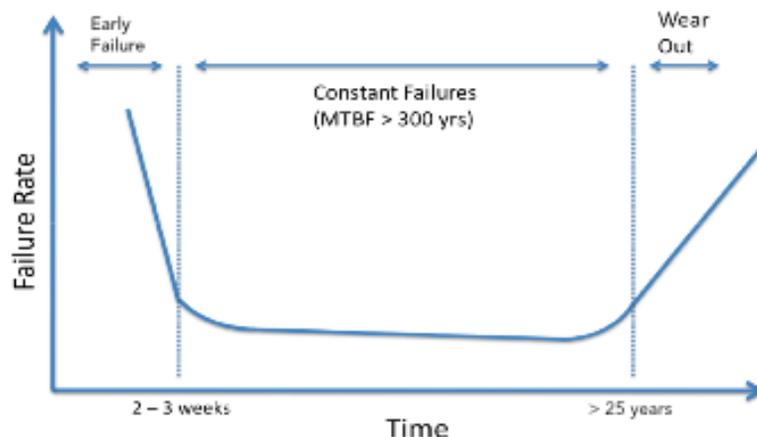
Paul Nahi, CEO

Riepilogo

L'attuale generazione di microinverter Enphase presenta un tempo medio fra i guasti (MTBF) di oltre 300 anni. Il concetto di MTBF viene spesso confuso con la vita utile prevista per un componente. Nel presente documento viene illustrato il concetto di MTBF in relazione alla durata utile del prodotto, ai guasti iniziali e all'usura, e vengono descritti inoltre gli standard e le tecniche impiegate per la valutazione dei guasti.

Introduzione

Tutti i prodotti distribuiti in grandi quantità presentano una curva caratteristica della frequenza di guasto relativa all'intera durata utile e analoga a quella illustrata di seguito. Nota come curva a vasca da bagno, questa curva deve il suo nome alla forma che la caratterizza. Può essere suddivisa in tre segmenti in base ai tipi di guasto: guasti iniziali, guasti costanti e usura. Anche il microinverter Enphase presenta questa tipica curva relativa ai guasti.



Guasti iniziali

Questo tratto della curva indica la qualità del processo di produzione; i guasti di questo genere si verificano in genere poco dopo l'installazione. La durata del periodo in cui si verificano i guasti iniziali viene accertata tramite l'analisi dei dati empirici. Nel caso del microinverter Enphase, l'esperienza dimostra che il guasto iniziale si verifica eventualmente entro le prime due o tre settimane successive all'installazione.

Al fine di ridurre al minimo la possibilità di guasto iniziale, tutti i microinverter Enphase sono sottoposti a test approfonditi in fase di progettazione, tra cui ad esempio ispezioni visive, test di funzionalità e collaudo del sistema. Enphase ha preferito non utilizzare apparecchiature di prova generiche e ha sviluppato delle proprie stazioni di collaudo con l'obiettivo di sottoporre ogni microinverter a test di produzione con standard rigorosi.

Enphase analizza ogni guasto sul campo e interviene rapidamente con misure correttive al fine di garantire il rigoroso controllo della qualità già in fase di produzione. Tutto questo si traduce in un perfezionamento costante dei processi volti alla riduzione dei guasti iniziali.



Usura

Il meccanismo di usura determina la durata utile di tutti i prodotti. L'usura incrementa la frequenza di guasto alla fine della durata utile dei prodotti. Quest'ultima è quindi stabilita dal livello di guasti sul campo che si rivelano inaccettabili per l'utente e l'operatore del prodotto.

Valutazione del processo di usura

Il microinverter Enphase è stato progettato per una durata utile di oltre 20 anni. Il segmento della curva relativo all'usura indica la longevità della struttura e dei componenti del prodotto scelti per le apposite condizioni di esercizio. Esistono vari metodi per stabilire l'inizio del processo di usura di un prodotto. Il metodo più ovvio consisterebbe nell'osservare l'andamento dei guasti insorti nel periodo d'interesse in generazioni precedenti di prodotti analoghi e quindi utilizzare questi dati per impostare su un modello i meccanismi di guasto del nuovo prodotto.

Questo metodo, tuttavia, non è realizzabile nel caso di prodotti completamente nuovi con obiettivi di durata a lungo termine, come il microinverter Enphase, progettato per una durata utile di 20 anni. Il secondo metodo consiste nel sottoporre il nuovo progetto a uno studio teorico incentrato sulla valutazione del processo di usura dei singoli componenti sulla base dei dati indicati dai relativi fornitori. Il terzo metodo è il più realizzabile e consiste nel sottoporre il nuovo prodotto a un test sul ciclo di vita accelerato, che permette di simulare l'intera durata utile del prodotto in un arco di tempo estremamente ridotto.

Questo è il metodo di cui si avvale Enphase per la valutazione del processo di usura. Una delle tecniche utilizzate consiste nel sottoporre i microinverter Enphase a una serie di prove ambientali ad alta sollecitazione in conformità allo standard noto come IEC 61215. Si tratta dello stesso standard utilizzato dai fornitori di moduli fotovoltaici per stabilire il periodo di usura dei moduli. Come indicato di seguito, nell'arco di 110 giorni vengono effettuati tre test chiave.

Durante tutti e tre i test, i microinverter vengono fatti funzionare a potenza nominale. I test sono effettuati sulla stessa unità e in sequenza. È importante ricordare che i test sul ciclo di vita accelerato non simulano gli effetti dei raggi UV sul dispositivo. Enphase ritiene che gli effetti degli UV sul microinverter non siano significativi dal momento che il prodotto viene installato al di sotto del modulo e il cablaggio impiegato è adatto all'esposizione ai raggi UV. Tutti i progetti Enphase vengono sottoposti ai test IEC 61215 per la valutazione del processo di usura.

Primo test

Il primo test viene condotto nell'arco di 10 giorni in cui il prodotto opera in un intervallo di temperatura da -45 °C a +85 °C con umidità relativa

dell'85%. Durante la fase del test a bassa temperatura, il prodotto è sottoposto a congelamento.

Secondo test

Il secondo test viene condotto nell'arco di 50 giorni, in cui il prodotto opera in un intervallo di temperatura da -45 °C a +85 °C

Terzo test

Anche il terzo test viene condotto nell'arco di 50 giorni, in cui il prodotto è sottoposto a una temperatura costante di 85 °C.

Tempo medio fra i guasti (MTBF)

Il MTBF non indica l'effettiva durata utile di un prodotto, bensì la probabilità statistica che nel periodo definito dal MTBF si verifichi un guasto ad un'unità in determinate condizioni ambientali e di esercizio.

A sua volta, il MTBF è correlato alla frequenza di guasto nel tratto della curva a vasca da bagno relativo ai guasti costanti, compreso tra il segmento dei guasti iniziali e quello relativo all'usura. Questo tratto di curva indica l'affidabilità del progetto nelle condizioni di esercizio stabilite. La stima del MTBF per i microinverter Enphase è stata effettuata teoricamente in base a quanto stabilito dallo standard Telcordia SR332. Questo standard viene applicato generalmente per determinare il MTBF delle apparecchiature di telecomunicazione impiegate in ambienti esterni e analoghe a quelle in cui il microinverter Enphase viene montato.

Come indica la curva a vasca da bagno, il fatto che un'unità non abbia subito guasti iniziali non garantisce che tutte le unità durino fino all'inizio del processo di usura. Come indica la curva, la frequenza dei guasti, anche se ridotta, persisterà fino all'inizio del processo di usura. Si tratta di guasti statisticamente casuali. Il valore del MTBF è inversamente proporzionale al numero di guasti potenziali dovuti a eventi casuali. Enphase Energy è riuscita a ridurre al minimo i guasti casuali tramite la progettazione degli imballaggi, la gestione termica e la significativa integrazione della tecnologia a semiconduttori nei microinverter.

Confrontiamo il MTBF stimato per il microinverter Enphase, pari a più di 300 anni, con i MTBF stimati per altri dispositivi d'uso comune e sistemi fotovoltaici.

Dispositivo	MTBF
Inverter tradizionale	10 - 15 anni
Unità disco di un computer	57 anni
Microinverter Enphase	>300 anni
Modulo/pannello fotovoltaico	>600 anni
Storage a stato solido (nei computer)	800 - 1000 anni

Relax, una rinomata società di ingegneria che effettua test di affidabilità per organizzazioni quali Boeing e le forze armate statunitensi, ha stabilito che il MTBF dei microinverter Enphase è superiore ai 300 anni.

Il concetto di MTBF (Mean Time Between Failures, tempo medio fra i guasti) viene spesso confuso con la vita utile prevista per un componente. In realtà si tratta di due concetti ben distinti. Ad esempio, una batteria può avere una vita utile di quattro ore e un MTBF di 100.000 ore. Queste cifre indicano che su 100.000 batterie si verificherà all'incirca un guasto ogni ora nel corso delle quattro ore di durata.¹

¹ Principi fondamentali alta disponibilità - **Sun Microsystems, Inc.**

Disponibilità di sistema

Uno dei vantaggi chiave dei sistemi a microinverter Enphase consiste nel fatto che eliminano l'unico punto debole del sistema, rappresentato dall'utilizzo di inverter tradizionali. Dal momento che tutti i moduli fotovoltaici e i microinverter associati sono collegati in parallelo e ogni coppia funziona come generatore di energia indipendente, il guasto di un singolo modulo o microinverter non compromette le prestazioni degli altri moduli. Rispetto alle soluzioni tradizionali con un unico inverter, in ogni impianto sono presenti più microinverter, e il valore elevato del MTBF di ciascun microinverter, unito al collegamento in parallelo, garantisce un'eccellente disponibilità di sistema. Tramite una simulazione, è stato dimostrato che nei sistemi di larga distribuzione la disponibilità di sistema può raggiungere una percentuale superiore al 99,8%, mentre con gli inverter tradizionali si raggiunge il 95-97%.

Perché il MTBF dei microinverter Enphase è così elevato?

La configurazione distribuita del sistema a microinverter Enphase consente l'inserimento di varie caratteristiche di progettazione in grado di garantire un alto grado di affidabilità.

Componenti

Contrariamente agli inverter tradizionali, che elaborano grandi quantità di kilowatt di potenza con valori di tensione CC di ingresso molto elevati, i microinverter Enphase elaborano piccole quantità di potenza con bassi valori di tensione CC di ingresso, riducendo in questo modo la sollecitazione dei componenti. Inoltre, l'elaborazione di piccole quantità di potenza favorisce un alto grado di integrazione dei semiconduttori, con conseguente riduzione netta del numero dei componenti; i componenti a semiconduttore garantiscono un livello di affidabilità estremamente elevato.

Impatto termico

Dal momento che i microinverter elaborano soltanto una piccola parte della potenza dell'intero campo fotovoltaico, l'innalzamento della temperatura interna di ogni singolo microinverter è esigua, nell'ordine di 5 °C – 15 °C. La riduzione dell'oscillazione termica e l'impiego di sistemi di raffreddamento passivo al posto delle ventole di raffreddamento rendono minima la sollecitazione dei componenti.

Classe di protezione

In Nord America il microinverter Enphase è stato classificato come NEMA 6. Per essere classificata come NEMA 6, l'unità deve restare in immersione sotto un metro d'acqua e continuare a funzionare per 24 ore. Gli inverter tradizionali in genere sono classificati come NEMA 3R, che ammette la penetrazione di polvere, aria esterna, acqua e anche insetti (ad es. i trasformatori montati su supporto sono classificati come NEMA3R). La classificazione NEMA 6 garantisce che il dispositivo è sigillato ermeticamente e protetto da qualunque intrusione dall'esterno.

In Europa, la classe di protezione NEMA 6 è equivalente alla classe IP67, mentre NEMA3R equivale alla classe di protezione IP14.

Riempimento

I microinverter Enphase presentano una struttura con riempimento. Questo significa che la camera interna dell'involucro è riempita con un composto di incapsulamento. Questa soluzione prolunga la durata del dispositivo grazie all'ottimizzazione della dissipazione di calore e della protezione dei componenti.

È importante verificare le previsioni teoriche confrontandole con i dati empirici relativi alla frequenza di guasto. Uno dei vantaggi del sistema Enphase è rappresentato dal fatto che ogni singolo microinverter è in grado di trasmettere i dati sulle proprie prestazioni ai server Enphase. Enphase monitora costantemente queste prestazioni e si avvale delle relative informazioni al fine di convalidare con previsioni teoriche i dati sulla frequenza di guasto rilevati sul campo.

Conclusioni

Considerando l'impatto negativo della frequenza di guasto storicamente elevata degli inverter su installatori e clienti di sistemi fotovoltaici, Enphase sapeva bene che una nuova tecnologia a microinverter avrebbe garantito un grado di affidabilità senza precedenti. Enphase ha scelto il MTBF come uno dei criteri principali per la valutazione del grado di affidabilità. L'azienda si è avvalsa inoltre di metodologie di test utilizzate nel settore delle telecomunicazioni (che presenta alcuni tra gli standard di disponibilità più elevati al mondo) e ha deciso di investire ampiamente nello sviluppo di apparecchiature di prova specifiche, al fine di soddisfare gli standard più rigorosi.

L'estrema importanza attribuita all'affidabilità ha generato una tecnologia a microinverter che, rispetto alla tecnologia esistente, vanta un MTBF nettamente superiore. Questa ottimizzazione è stata resa possibile dall'integrazione della tecnologia a semiconduttori, dal controllo dell'esposizione ambientale dei componenti e dall'attenta gestione termica. In ogni nuova generazione di microinverter, Enphase punta sempre all'ottimizzazione del grado di affidabilità, con l'obiettivo di raggiungere un MTBF di 600 anni, paragonabile a quello dei moduli fotovoltaici.