

Inverter

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Questa voce o sezione sull'argomento tecnologia non cita le fonti necessarie o quelle presenti sono insufficienti.

Un **inverter** (termine della lingua inglese traducibile in italiano come *invertitore*), in elettronica, è un apparato elettronico di ingresso/uscita in grado di convertire una corrente continua in ingresso in una corrente alternata in uscita e di variarne i parametri di ampiezza e frequenza. Esso è funzionalmente il dispositivo antitetico rispetto a un raddrizzatore di corrente.

Indice

Storia

Applicazioni ed utilizzo

Inverter fotovoltaici per immissione in rete

Rendimento

Note

Voci correlate

Altri progetti

Collegamenti esterni



Un inverter per un impianto solare autoportante installato a Spira, in Germania.



Visione d'insieme degli inverter.

Storia

Il primo a utilizzare la parola *inverter* nel settore dell'ingegneria elettrica fu David Chandler Prince che nel 1925 pubblicò un articolo sulla rivista *The General Electric Review*, nel quale illustrava il funzionamento dell'inverter nella conversione di corrente continua in corrente alternata monofase e a più fasi.

Applicazioni ed utilizzo

Le applicazioni sono molteplici:

- nei gruppi di continuità convertono la tensione fornita dalla batteria in corrente alternata
- nella trasmissione di energia elettrica convertono l'energia in corrente continua trasferita in alcuni elettrodotti per essere immessa nella rete in corrente alternata
- nell'utilizzo di pannelli fotovoltaici, consente di trasformare la tensione continua in tensione alternata da poter utilizzare in ambito domestico o immettere sulla rete di distribuzione (se la corrente viene immessa nella rete nazionale si usa un Grid-tie inverter)

- Per realizzare un'alimentazione switching, per la trasformazione in corrente continua, con notevoli vantaggi in termini di efficienza, di ingombro e di peso
- In campo aerospaziale sono utilizzati per fornire agli apparati avionici degli aeromobili una corrente alternata altamente stabile anche se fornita da batterie (in caso di avaria elettrica)
- Variazione di velocità nei motori elettrici
- Sulle automobili, nei caravan e sui pick-up: convertono la 12V in corrente continua della batteria in 230V in corrente alternata per far funzionare dispositivi a 230V.

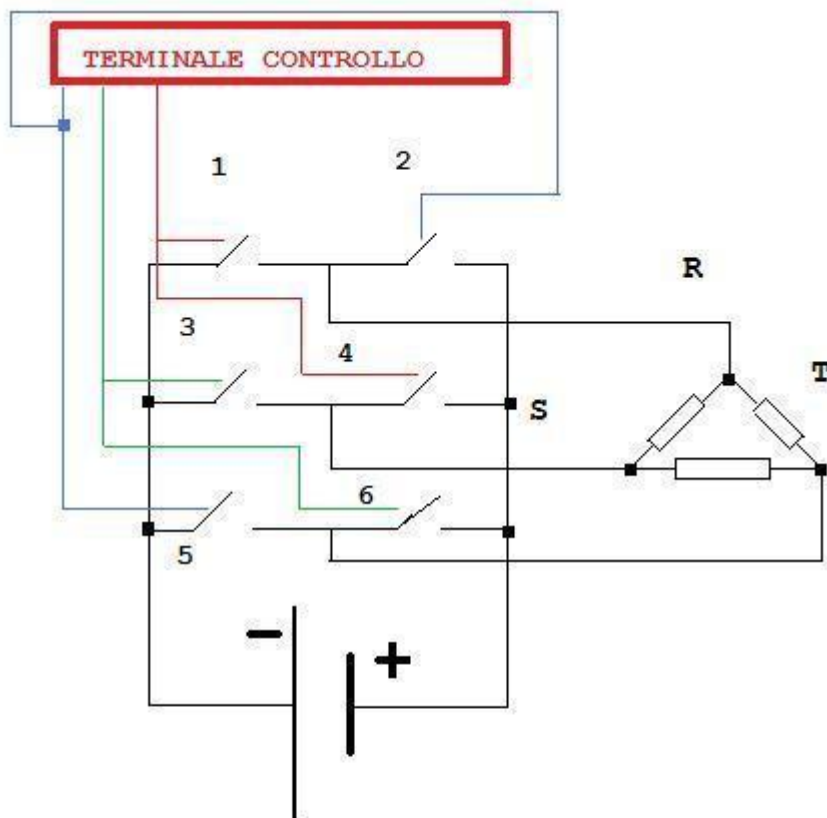
Il tipo più semplice di inverter consiste in una tensione continua che tramite un sistema di quattro interruttori può essere applicata ad un carico in un verso o nell'altro. Questi interruttori possono essere dei relè azionati a coppie da un segnale logico in ingresso. Poiché ovviamente nessun interruttore o relè può garantire la velocità e la durata richieste per commutare alla frequenza di rete (50 o 60 Hz), nella realtà si usa un oscillatore che pilota dei transistor, il quale genera un'onda quadra aprendo e chiudendo un circuito. Qualora la tensione continua in ingresso sia diversa dalla tensione alternata in uscita desiderata, l'onda è quindi applicata a un trasformatore che fornisce all'uscita la tensione richiesta arrotondando in qualche misura l'onda quadra. Spesso al posto del transistor comune sono utilizzati dispositivi più efficienti quali il MOSFET, il tiristore o l'IGBT.

La forma d'onda quadra generata da questi dispositivi ha il problema di essere ricca di armoniche superiori, mentre l'onda sinusoidale della rete elettrica ne è priva. Ciò comporta una minore efficienza delle apparecchiature alimentate, maggiore rumorosità sia sonora sia elettrica, e seri problemi di compatibilità elettromagnetica.

Inverter più complessi utilizzano diversi approcci per produrre in uscita una forma d'onda quanto più possibile sinusoidale. Un circuito elettronico produce una tensione a gradini mediante modulazione di ampiezza di impulso (PAM) quanto più possibile vicina a una sinusoide. Il segnale, detto *sinusoide modificata*, viene livellato da condensatori e induttori posti all'ingresso e all'uscita del trasformatore per sopprimere le armoniche.

Gli inverter migliori e più costosi basano il loro funzionamento sulla modulazione di larghezza di impulso (PWM). Il sistema può essere retroazionato in modo da fornire una tensione in uscita stabile al variare di quella di ingresso. Per entrambi i tipi di modulazione la qualità del segnale è determinato dal numero di bit impiegati. Si va da un minimo di 3 bit a un massimo di 12 bit, in grado di descrivere con ottima approssimazione la sinusoide.

Nei motori asincroni, e a maggiore ragione nei motori sincroni, la velocità di rotazione è direttamente legata alla frequenza della tensione di alimentazione. Ovunque sia necessario nell'industria variare la velocità di un motore vengono usati inverter da corrente alternata a corrente alternata (CA-CA). In questi sistemi la tensione in entrata viene dapprima convertita in corrente continua da un raddrizzatore e livellata da condensatori, quindi applicata alla sezione di inversione. Di fatto trattasi quindi di sistemi "raddrizzatori-invertitori" anche se vengono comunque indicati solamente come "inverter" (vale a dire solamente "invertitori"). Lo scopo di questa doppia operazione è unicamente quello di variare la frequenza a piacere entro un intervallo prestabilito e non è necessaria la presenza di un trasformatore, poiché non è necessario variare il valore della tensione in uscita che rimane uguale a quella in ingresso. La frequenza di uscita è determinata nei casi più semplici da un segnale analogico fornito all'inverter per esempio da un potenziometro, oppure da un segnale digitale inviato da un PLC. Dato che ovviamente dalla frequenza dipende anche l'impedenza degli avvolgimenti del motore e quindi la corrente che li attraversa, questi inverter sono programmati per correlare la tensione alla frequenza con una certa proporzionalità che può dipendere dall'applicazione (lineare, pompa, ventilatore, ecc.). Possono inoltre essere dotati di funzioni avanzate come rampe di accelerazione e decelerazione, funzione di frenatura, ingressi digitali per impostare velocità predefinite, e così via.



SISTEMA INVERTER A 3 FASI (TRIFASE R S T) AZIONATO A TRISTORI SCR

SEQUENZA DI AZIONAMENTO (COPPIE):
[1-4] [3-6] [5-2]

Inverter fotovoltaici per immissione in rete

Si tratta di un tipo particolare di inverter progettato espressamente per convertire l'energia elettrica sotto forma di corrente continua prodotta da modulo fotovoltaico, in corrente alternata da immettere direttamente nella rete elettrica. Queste macchine estendono la funzione base di un inverter generico con funzioni estremamente sofisticate e all'avanguardia, mediante l'impiego di particolari sistemi di controllo software e hardware.

La caratteristica fondamentale che distingue un inverter fotovoltaico connesso in rete da uno generico è che esso appunto si aggancia e si sincronizza con la rete elettrica e non deve rimanere operativo in caso di interruzione di energia da parte del distributore (questa condizione, detta di funzionamento *in isola*, sarebbe estremamente pericolosa per, ad esempio, eventuali tecnici che eseguono lavori di manutenzione o ripristino del guasto sulla linea). Per ovviare all'inconveniente di eventuali black-out, sempre più spesso questi inverter vengono dotati di un'apposita uscita di back-up, per garantire alimentazione ad utenze privilegiate o parti di impianto specifiche (che devono rimanere isolate dall'impianto principale).

L'immissione di potenza in rete è resa possibile modulando la tensione di uscita mantenendola leggermente superiore (nell'ordine di qualche decimo di volt) rispetto alla tensione di rete. Questo grazie alla presenza di stadi multipli di conversione: prima la tensione di ingresso DC dei moduli fotovoltaici o delle batterie è inviata a dei circuiti switching detti step-up (o booster) che operando una conversione DC-AC-DC

alimentano un bus DC (che negli inverter domestici monofase viene mantenuto ad una tensione di lavoro intorno ai 400 volt), a partire dal quale viene modulato il segnale PWM che diviene sinusoidale una volta passato per gli stadi di filtraggio. Essendo l'uscita modulata direttamente da un bus in alta tensione, è anche possibile eliminare il trasformatore finale e interfacciare lo stadio di potenza direttamente alla rete.

Sono inoltre dotati di raffinati algoritmi agenti sull'ingresso in corrente continua che consentono di estrarre dai pannelli solari la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione meteorologica.

Questa funzione prende il nome di MPPT, un acronimo di origine Inglese che sta per **Maximum Power Point Tracker**. I moduli fotovoltaici infatti, hanno una curva caratteristica **V/I** tale che esiste un punto di lavoro ottimale, detto appunto Maximum Power Point, dove è possibile estrarre la massima potenza disponibile.

Questo punto della caratteristica varia continuamente in funzione del livello di radiazione solare che colpisce la superficie delle celle, della temperatura della celle e di altre derivate dalle condizioni ideali. È evidente che un inverter in grado di restare "agganciato" a questo punto (che è per sua natura in movimento) otterrà sempre la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione. Ci sono svariate tecniche di realizzazione della funzione MPPT, che si differenziano per prestazioni dinamiche (tempo di assestamento) e accuratezza. Sebbene la precisione dell'MPPT sia estremamente importante, il tempo di assestamento lo è, in taluni casi, ancor più. Mentre tutti i produttori di inverter riescono a ottenere grande precisione sull'MPPT (tipicamente tra il 99-99,6% della massima disponibile), solo in pochi riescono a unire precisione a velocità.

È infatti nelle giornate con nuvolosità variabile che si verificano sbalzi di potenza solare ampi e repentini. È molto comune rilevare variazioni da 100 W/m^2 a $1\,000\text{--}1\,200 \text{ W/m}^2$ in meno di 2 secondi. In queste condizioni, che sono molto frequenti, un inverter con tempi di assestamento minori di 5 secondi riesce a produrre fino al 5%-10% di energia in più di uno lento.

Alcuni inverter fotovoltaici sono dotati di stadi di potenza modulari, e alcuni sono addirittura dotati di un MPPT per ogni stadio di potenza. In questo modo i produttori lasciano all'ingegneria di sistema la libertà di configurare un funzionamento *master/slave* o a *MPPT indipendenti*. L'utilizzo di MPPT indipendenti fornisce un vantaggio oggettivo in condizioni di irraggiamento non uniforme dei pannelli. Infatti non è infrequente che la superficie dei pannelli solari sia esposta al sole in modo difforme su tutto il campo. Questo perché disposto su due diverse falde del tetto, perché i moduli non sono distribuiti su stringhe di uguale lunghezza o a causa di ombreggiamenti parziali dei moduli stessi. In questo caso l'utilizzo di un solo MPPT porterebbe l'inverter a far lavorare tutti i pannelli fuori dal punto di massima potenza possibile, mentre suddividendo il sistema in diversi blocchi ognuno lavorerebbe al suo MPPT e conseguentemente la produzione di energia verrebbe massimizzata.

Un'altra caratteristica importante di un inverter fotovoltaico, è l'interfaccia di rete, detta dispositivo di protezione interfaccia. Questa funzione, generalmente integrata nella macchina, ma che può essere anche un "teleruttore intelligente" a se stante, deve rispondere ai requisiti imposti dalle normative dei diversi enti di erogazione di energia elettrica, e scollegare l'inverter da rete qualora i parametri (tensione, frequenza, ecc.) fuoriescono dalle tolleranze impostate.



Un inverter per immissione in rete: a sinistra gli ingressi di 2 stringhe, al centro l'uscita AC monofase.

Dato che l'impianto fotovoltaico non ha una produzione costante, viene generalmente associato ad un sistema di accumulo di energia, quasi sempre a batterie da 48 volt. In questo caso l'inverter è dotato anche di un sistema che gestisce la carica e la scarica di questo accumulo, prendendo il nome di inverter *ibrido*. Questo tipo di inverter gestisce i flussi di potenza con un sistema prioritario denominato autoconsumo che funziona come segue:

- Qualora vi sia produzione di energia da parte dei moduli fotovoltaici, considerato che per quanto visto sopra l'algoritmo MPPT cerca sempre di estrarre da essi la massima potenza possibile, la prima priorità sono le utenze (carichi applicati). Se è disponibile potenza in eccesso, essa viene dirottata alla ricarica del sistema di accumulo. Se esso raggiunge il 100% della carica, la potenza in eccesso viene immessa nella rete del distributore, se il contratto lo prevede; in caso contrario, l'inverter modula la potenza in ingresso bypassando l'MPPT e ricavando solo la potenza necessaria all'alimentazione delle utenze.
- Qualora invece non vi sia produzione di potenza fotovoltaica, viene scaricato il sistema di accumulo per alimentare le utenze. Se esso si scarica del tutto, l'inverter entra in standby e la potenza per alimentare i carichi viene prelevata dalla rete elettrica.

Per realizzare l'autoconsumo, l'inverter è dotato di un misuratore remoto installato subito a valle del contatore del punto di consegna, per bilanciare la potenza tra i carichi e la rete elettrica.

Alcuni inverter con accumulo possono anche essere bi-direzionali, e all'occorrenza possono quindi anche ricaricare l'accumulo prelevando la potenza dalla rete elettrica. Questi possono essere, ad esempio, dei gruppi di accumulo remoti di proprietà del distributore stesso, utilizzati per stoccare l'energia prodotta a sua volta dagli impianti fotovoltaici degli utenti e immessa in rete.

In Italia, il CEI ha rilasciato la Norma CEI 0-21 (per gli inverter connessi alla bassa tensione) e CEI 0-16 (per gli inverter di maggiore potenza connessi alla rete di media tensione), attualmente giunte all'edizione 2019. Questa normativa prevede una serie di prescrizioni e misure di sicurezza tali da evitare l'immissione di energia nella rete elettrica qualora i parametri di questa siano fuori dai limiti di accettabilità. L'inverter infatti va realizzato secondo la norma in modo che:

- L'emissione di armoniche e le fluttuazioni di tensione che possono generare sfarfallio (*flicker*) non devono superare certi limiti;
- Il funzionamento sia regolare entro tutto il range di tensioni e frequenze;
- L'aggancio alla rete avvenga con un determinato ritardo e l'erogazione sia progressiva;
- La potenza reattiva possa essere variata da remoto entro una certa gamma di capability per contribuire a bilanciare la rete, a seconda della potenza erogata o della tensione di rete;
- La potenza attiva possa essere variata o limitata automaticamente in caso di sovratensioni o derive di frequenza, o da remoto per esigenze di rete;
- I tempi di risposta siano entro i limiti prescritti;
- Non vi sia immissione in rete di una componente di corrente continua.
- Non vi sia disconnessione dalla rete in caso di micro-interruzioni o brevi spike di sovratensione;
- Non si danneggi in caso di repentini sfasamenti delle tensioni di rete;
- Il dispositivo di interfaccia intervenga con una determinata precisione ed un determinato tempo rispetto alle soglie impostate.

Rendimento

Il rendimento massimo di questa macchina statica è compreso tra 0,97 e 0,99, nel caso degli inverter per fotovoltaico, questi necessitano di una quantità minima di energia per essere efficienti, circa il 10% della potenza massima generata dal pannello fotovoltaico, in quanto altrimenti essa si riduce velocemente fino a 0, generalmente i pannelli fotovoltaici lavorano per quasi tutta la loro vita a carichi parziali e per tale ragione è stato ideato il rendimento Europei, che tiene conto del rendimento di conversione ai diversi carichi e di diversi coefficienti che rappresentano il tempo medio della relativa potenza in ingresso ($0,03 \times \eta 5\% + 0,06 \times \eta 10\% + 0,13 \times \eta 20\% + 0,10 \times \eta 30\% + 0,48 \times \eta 50\% + 0,20 \times \eta 100\%$) questo permette una migliore espressione della curva di efficienza dell'inverter e del suo valore medio in ambito pratico.^[1]

Note

- [^] *Rendimenti delle macchine elettriche e lo sviluppo dei motori ed inverter ad alta efficienza* ([PDF](#)), su *tesi.cab.unipd.it*.

Voci correlate

- [Gruppo di continuità](#)
- [Convertitore rotante](#)

Altri progetti

- [Wikizionario](#) contiene il lemma di dizionario «**inverter**»
- [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it) (<https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it>) contiene immagini o altri file su **inverter** ([https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:DC/AC_Inverters_\(power\)?uselang=it](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:DC/AC_Inverters_(power)?uselang=it))

Collegamenti esterni

- Inverter e ponti raddrizzatori* su *ElectroYou.it*, su *electroyou.it*.
- Forum Inverter su PLC Forum* , su *plcforum.it*.
- Portale per l'automazione industriale con risorse per il programmatore di applicazioni MES, SCADA, HMI, PLC bus di campo per l'industria.*, su *automationforum.it*. URL consultato l'8 febbraio 2012 (archiviato dall'url originale il 17 luglio 2011).

Controllo di autorità

LCCN ([EN](#)) sh85041752 (<http://id.loc.gov/authorities/subjects/sh85041752>) · GND ([DE](#)) 4189334-7 (<https://d-nb.info/gnd/4189334-7>) · J9U ([EN](#), [HE](#)) 987007536059905171 (http://uli.nli.org.il/F/?func=find-b&local_base=NLX10&find_code=UID&request=987007536059905171) (topic) (<https://www.nli.org.il/en/a-topic/987007536059905171>) · NDL ([EN](#), [JA](#)) 00564069 (<https://id.ndl.go.jp/auth/ndIna/00564069>)

Estratto da "<https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Inverter&oldid=127729850>"

Questa pagina è stata modificata per l'ultima volta il 4 giu 2022 alle 04:24.

Il testo è disponibile secondo la licenza Creative Commons Attribuzione-Condividi allo stesso modo; possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le condizioni d'uso per i dettagli.