

UNA BENEFICA CONVERSIONE

Nella Bibbia si racconta di una conversione particolare, quella di un funzionario romano sulla via di Damasco. La conversione diede degli ottimi frutti vista la "carriera" di quello che divenne San Paolo. Un'utile conversione quindi. Più prosaicamente, oggi, alcune conversioni ci aiutano ad utilizzare al meglio le meraviglie della natura, in modo particolare, l'energia solare. Eppure, coloro che sono vecchi del mestiere sanno che fino alla metà degli anni '70 di convertitori e di conversione sui sacri libri di elettrotecnica se ne parlava poco o nulla. Oggi, al contrario, sono un elemento essenziale per la realizzazione degli impianti solari.

Alcuni concetti generali

Ma partiamo da alcuni concetti generali. Nel campo elettrico la conversione permette di passare da grandezze in continua a grandezze in alternata, oppure, al contrario, da alternata a continua, o, ancora, da alternata ad alternata, modificandone i parametri. Ci occupa-

mo, in questa fase, di convertitori cc/ca, cioè degli inverter, e, con più precisione, degli inverter per il solare. Questi ultimi hanno infatti caratteristiche che li contraddistinguono rispetto ad altri, ad esempio quelli utilizzati nei sistemi di continuità. A loro volta gli inverter per il solare possono essere classificati in inverter stand alone e in inverter grid connected. I primi sono utilizzati in applicazioni isolate, i secondi per il parallelo con la rete. Nel primo caso gli inverter hanno il compito di consentire un'alimentazione autonoma ai carichi, pertanto è necessario che le caratteristiche delle grandezze alla loro uscita siano tali non solo da garantire il buon funzionamento dei carichi stessi in condizioni normali, ma anche di consentire situazioni transitorie del tipo partenze di motori. È necessario altresì evitare che si abbiano interferenze elettromagnetiche con carichi del tipo elettronico (computer e altro). Inoltre l'ingresso di tali inverter può essere connesso a generatori elettrochimici (accumulatori) e non a pannelli solari. Gli inverter grid connected, al contrario, hanno "solo" il compito di convertire l'energia elettrica da continua ad alternata e di immettere tale energia

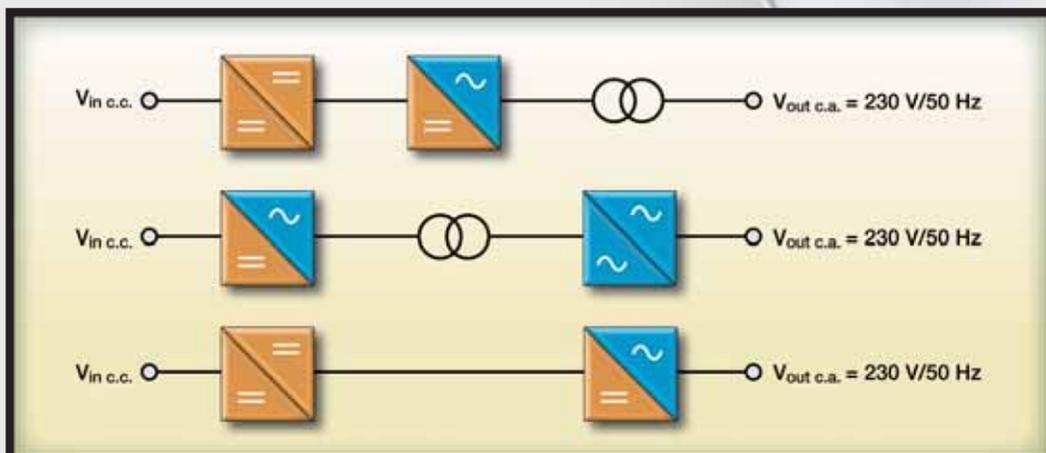


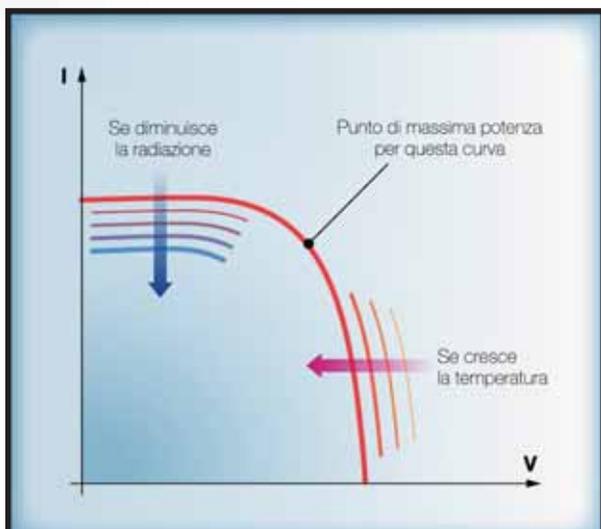
Figura 1
Tipologie di
inverter
con e senza
trasformatore.

Alcuni concetti fondamentali necessari per capire cosa sono, a cosa servono e come funzionano i convertitori, con particolare riferimento a quelli per il fotovoltaico. E alcuni utili riferimenti alle norme relative alla compatibilità elettromagnetica, che in questo periodo hanno avuto un notevole impulso.

■ Angelo Cianfarelli

elettrica in rete in modo che essa abbia caratteristiche compatibili con quelle della rete stessa. In questo caso la tensione di ingresso del convertitore non è quella tipica delle batterie, in genere abbastanza costanti, ma, piuttosto, quella in uscita dal generatore fotovoltaico, variabile all'interno di una gamma abbastanza ampia, tanto da dover necessitare di un dispositivo detto inseguitore del punto di massima potenza (Mppt). Ma di questo parleremo tra poco. Inoltre gli inverter grid connected devono essere tali da garantire la propria sincronizzazione con la rete per quanto concerne tensione e frequenza. Ecco alcuni degli elementi che bisogna considerare per la determinazione dell'inverter da acquistare: la tensione nel punto di massima potenza, la tensione a vuoto, la variazione di tensione (diminuzione) nel punto di massima potenza con vari valori di irraggiamento solare, l'aumento (o la diminuzione) della tensione in corrispondenza della diminuzione (o dell'aumento) di temperatura dei moduli. Tale ultima variabile può essere quantificata in circa 2,3-2,4 mV in più o in

*Figura 2
Punto di massima potenza in funzione della variazione della caratteristica (in base alla temperatura e alla radiazione).*



meno per ogni grado centigrado in meno o in più di temperatura rispetto a 25°C su ogni cella in serie. Tale variabilità sul valore della tensione porta a considerare una gamma di tensione sugli inverter che, fatto uno il valore della tensione minima, può raggiungere superare anche tre volte tale valore. Valori di tensione piuttosto comuni negli inverter giungono anche a un migliaio di volt, almeno per i modelli di grande dimensione. Infine qualche dato relativo alla potenza. Troviamo in commercio inverter da un centinaio di watt, la cui installazione è possibile con facilità (basta una spina), inverter da 1 kW a qualche unità di kilowatt, con i quali è possibile realizzare anche sistemi trifase di potenza contenuta. E si giunge fino a inverter (in genere per impianti trifase) che possono arrivare a diverse centinaia di kilowatt.

La costituzione di un inverter

In linea di massima gli elementi costitutivi di un inverter di media dimensione sono i seguenti:

- un convertitore di potenza ad alta frequenza (fly back);
- un trasformatore ad alta frequenza;
- il Mppt (Maximum Power Point Tracker);
- il controllo a microprocessore;
- le protezioni;
- il sistema di raffreddamento;

- l'interfaccia di comunicazione. Il trasformatore ha due compiti fondamentali: quello di adeguare la tensione in uscita dal ponte di conversione ad un valore richiesto dal carico e di separare galvanicamente l'utenza dal sistema di generazione fotovoltaica. Naturalmente l'adeguamento della tensione ai valori richiesti dal carico può avvenire anche grazie all'elettronica, nel qual caso (sempre se la separazione galvanica non è necessaria) il trasformatore può anche non essere presente. In funzione del posizionamento (o della mancanza) del trasformatore, ci sono tre diverse tipologie di inverter. Un primo tipo ha il trasformatore posto dopo due stadi di conversione (da cc a cc, da cc a ca). In un secondo tipo il trasformatore è posto tra il primo stadio di conversione cc/ca e il secondo stadio ca/ca che va ad alimentare il carico. In un terzo tipo, come detto, non vi è la presenza del trasformatore (Figura 1). Il Maximum Power Point Tracker (Mppt) ha il compito di individuare, istante per istante, il punto di massimo trasferimento di potenza sulla caratteristica V-I del generatore fotovoltaico. Con l'aumento della radiazione, la curva mantiene pressoché costante il valore della massima tensione offerta ma si sposta verso l'alto il valore della corrente (Figura 2). Nel caso di variazione di temperatura rimane sufficientemente costante il valore della cor-

*Figura 3
Inverter Stand alone: schema a blocchi.*



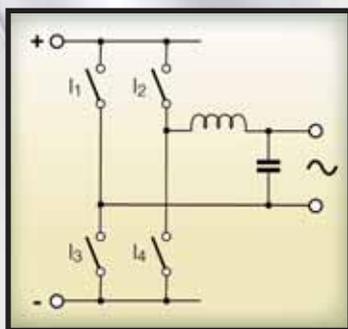


Figura 5
Conversione full
bridge.

rente erogata, ma al crescere della temperatura diminuisce il valore della tensione ai morsetti. Compito dell'Mppt è ricercare, volta per volta, il punto della caratteristica che consente di massimizzare il rendimento dell'intero sistema, cioè quello del massimo trasferimento di potenza, corrispondente, sempre istante per istante, al massimo valore raggiunto dal prodotto tra la tensione ai morsetti e la corrente generata. Tra le protezioni presenti in un inverter ci sono quella contro la massima corrente e quella di interfaccia. La prima si riferisce alla necessità di scollegare l'inverter qualora si superi il massimo valore di corrente consentito. La seconda deve scollegare l'inverter nel caso in cui parametri di rete escano dalla gamma di valori consentiti. Le norme (Cei 11-20) prescrivono comunque un unico dispositivo di protezione per impianto. Chi intende acquistare un inverter sappia però

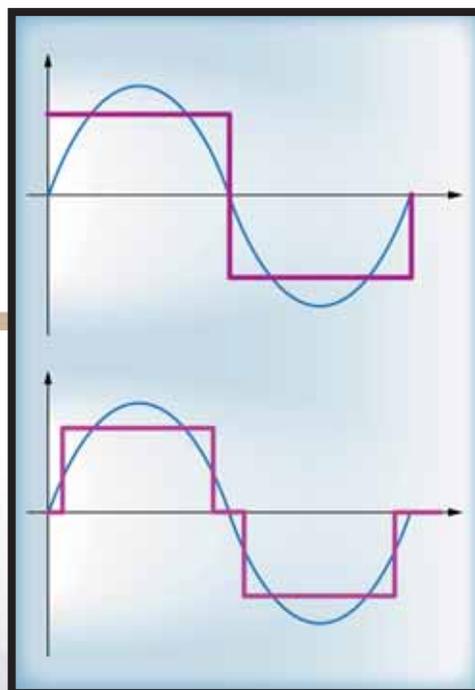


Figura 6
Conversione semplice.

che in commercio ve ne sono vari tipi, anche se sostanzialmente possono essere riassunti in due diverse categorie, quelli stand alone e quelli parallelabili alla rete, proprio secondo quanto precedentemente descritto. Dal punto di vista degli elementi costitutivi è più semplice, ovviamente, la tipologia stand alone (Figura 3) rispetto a quella dell'inverter parallelabile (Figura 4).

Da continua ad alternata

È importante considerare, infine, quali siano le tecniche per la conversione della tensione da continua ad alternata che spesso usa la conversione "full bridge" (Figura 5). Il modo più semplice è rappresentato da un dispositivo che "traduce" la continua in una corrente alternata rettangolare. Il risultato è una tensione comunque poco sinusoidale poco adatta ai carichi che soffrono per la presenza di armoniche. Ci si può avvicinare (Figura 6) facendo in

modo che i due rettangoli, quello "positivo" e quello "negativo" non siano vicini. Comunque la logica è quella per cui l'area sottesa dalla curva sinusoidale sia equivalente all'area del rettangolo. Un modo più usato è detto Pwm (Pulse Wave Modulation). In questo caso l'elettronica gestisce il segnale continuo con una commutazione ad elevata frequenza in modo da rendere dei segnali della stessa altezza (ampiezza) ma di base via via crescente (fino al corrispondente massimo valore della sinusoide), e via via decrescente. Il treno di impulsi generato è sufficientemente assimilabile ad una sinusoide (Figura 7 a). Un terzo modo è rappresentato da una modulazione a gradini: viene generato un segnale la cui ampiezza dell'impulso è via via crescente (a parità di larghezza dell'impulso), tanto da avvicinare la forma della sinusoide (Figura 7 b). Questi due ultimi metodi sono tali da minimiz-

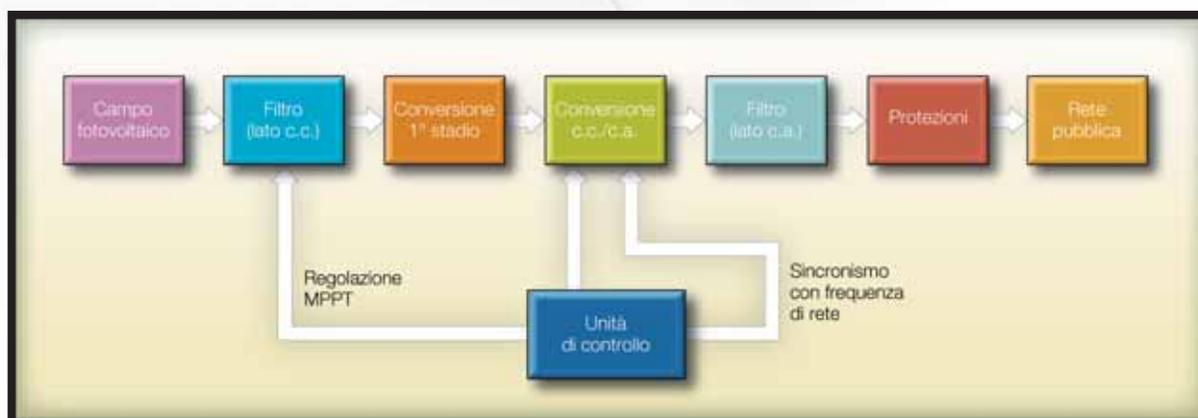
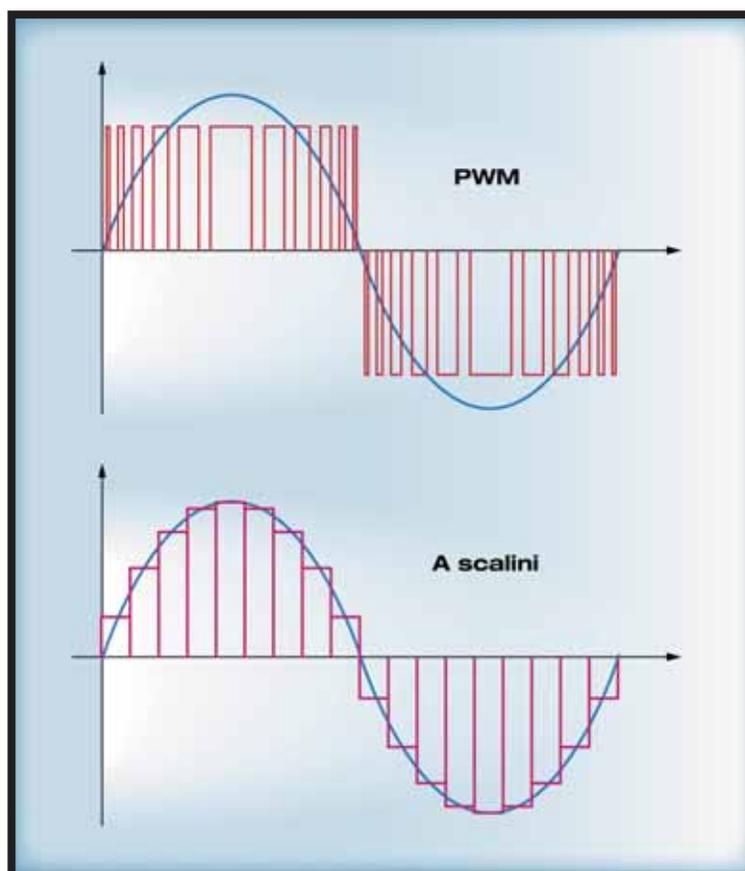


Figura 4
Inverter
parallelabile:
schema a
blocchi.

zare le armoniche. Si vede infatti che incrementando la successione del treno di impulsi (nel caso del Pwm) con un numero maggiore di commutazioni, oppure (come nel caso della sinusoide a gradini) diminuendo la larghezza dell'impulso, si va sempre di più verso la forma ideale della sinusoide. Comunque l'analisi del segnale in uscita da un inverter rivela spesso un seghettamento (dovuto ai gradini con cui è costruita) che rileva la presenza delle armoniche.

Utilizzare le Norme

E allora? Allora utilizziamo le Norme, in particolare la Cei EN 61000-2-2 che prescrive i limiti di ciascuna componente, e la Cei EN 61000-3-2 che precisa i limitanei valori delle armoniche nella corrente scambiata con la rete fino ad un valore di 16 A per fase (dopo di che interviene la Cei EN 61000-3-12. Limitiamoci a "piccole" correnti. Per armoniche dispari non multiple di tre le tensioni delle armoniche non devono essere percentualmente superiori a 6, 5, 3,5, 3 in corrispondenza al rispettivo ordine delle armoniche 5, 7, 11, 13. Per le armoniche pari multiple di tre, la tensione delle armoniche, sempre in percentuale, non deve essere superiore a 5, 1,5, 0,4, 0,3, 0,2 in corrispondenza a armoniche dell'ordine 3, 9, 15, 21. Infine, per le armoniche pari, la tensione dell'armonica non deve superare, sempre percentualmente, 2, 1, 0,5, 0,5 in corrispondenza all'ordine delle armoniche 2, 4, 6, 8. Chi volesse può andare a cercarsi, nella lettura della Norma, la tabella relativa che offre anche i valori per armoniche di ordine superiore. Certo è che in questi anni la normativa a proposito di questo argomento, che ricorda musiche molto melodiche ma che è esiziale per mol-



*Figura 7
Tecnica
Pwm (a) e a
scalini (b).*

ti carichi, è montato enormemente, tanto che a questo proposito lavorano vari Comitati Tecnici (CT) del Cei, tra cui ricordiamo il CT 110 e il CT 77 confluiti nel CT 210. Tra le norme emanate eccone alcune, con particolare riferimento al residenziale:

- Cei 110-26 Guida alle norme generiche Emc;
- Cei EN 50081-1 Compatibilità elettromagnetica - Norma generale sull'emissione - Parte 1: ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera;
- Cei EN 50082-1 Compatibilità elettromagnetica - Norma generale sull'immunità - Parte 1: ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera.

Non c'è che andare a leggerle, se siete interessati.