

## Impianti Fotovoltaici

prof. ing. Alfonso Damiano

alfio@diee.urica.it

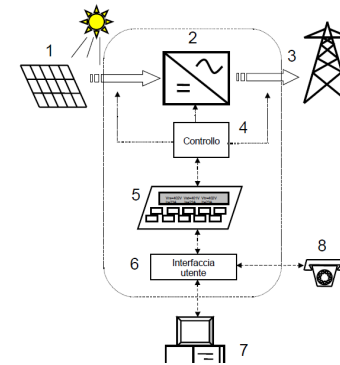
Per informazioni:

SardegnaRicerca  
Edificio 2 - Loc. Piscinamama Pula (CA)  
Tel. 070 9243.2161 / Fax 070 9243.2203  
lab.fotovoltaico@sardegnaRicerca.it

### Premessa

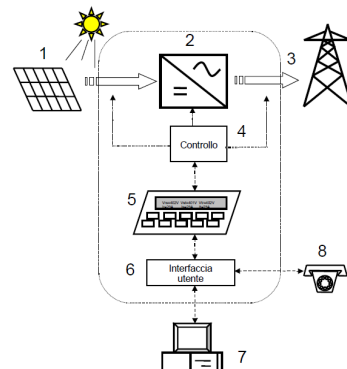
#### Il generatore fotovoltaico

Collegando in serie-parallelo un insieme opportuno di moduli si ottiene un generatore o un campo fotovoltaico, con le caratteristiche desiderate di corrente e tensione di lavoro. I suoi parametri elettrici principali sono la potenza nominale, che è la potenza erogata dal generatore in condizioni nominali standard (irraggiamento di 1000 W/m<sup>2</sup> e temperatura dei moduli di 25°C) e la tensione nominale, tensione alla quale viene erogata la potenza nominale.



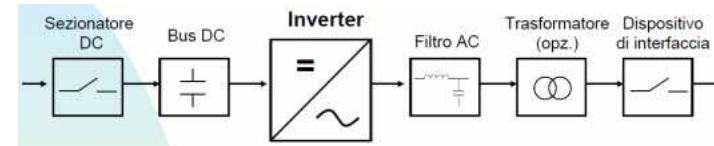
#### Il generatore fotovoltaico

I moduli o i pannelli sono montati su una struttura meccanica capace di sostenerli e ancorarli. Generalmente tale struttura è orientata in modo da massimizzare l'irraggiamento solare.



#### Schema a blocchi di un Inverter

- Sezionatore DC
- Filtro DC (banco di condensatori elettrolitici)
- Inverter a IGBT, con controllo PWM
- Filtro AC (induttanza trifase + banco di condensatori)
- Trasformatore di isolamento (per P>20KW)
- Dispositivo di interfaccia



Alcune considerazioni di base:

La potenza disponibile in uscita al campo fotovoltaico, per sua natura, **NON È direttamente utilizzabile** per essere ceduta a una rete in corrente alternata.

Occorre eseguire una 'conversione' DC-AC che consenta di:

Trasformare la tensione in uscita al campo fotovoltaico in una tensione alternata (o una terza di tensioni, nel caso di rete trifase).

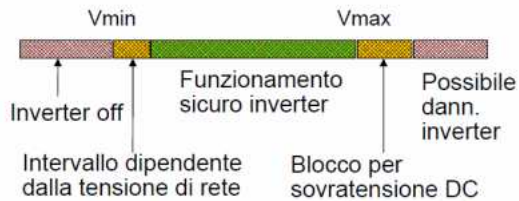
Controllare la corrente (o una terza di correnti, nel caso di rete trifase) sul lato in alternata, in modo da generare un flusso di energia che va dal campo fotovoltaico (in C.C.) alla rete (in C.A.).

Scopo dell'inverter:

- Convertire in alternata la potenza in continua resa disponibile dal campo fotovoltaico.
- Massimizzare il trasferimento di potenza 'inseguendo' il punto di funzionamento ottimo del campo fotovoltaico.
- Iniettare la potenza prelevata dal campo fotovoltaico nella rete di distribuzione, mantenendo il fattore di potenza unitario nel punto di scambio.

L'inverter: principio di funzionamento (lato DC)

La tensione sul bus DC deve essere compresa in un certo intervallo



L'inverter: principio di funzionamento (lato DC)

Sunny Boy 1100 / 1700



	SB 1100-IT	SB 1700-IT
<b>Ingresso (CC)</b>		
Potenza max. CC	1210 W	1850 W
Tensione max. CC	400 V	400 V
Intervallo di tensione-V MPPT (inseguimento del punto di massima potenza)	139 V - 320 V	139 V - 320 V
Corrente max. in ingresso	10 A	12,6 A
Numero di inverter del punto di massima potenza	1	1
Numero massimo di stringhe (parallele)	2	2
<b>Uscita (CA)</b>		
Potenza nominale CA	1000 W	1550 W
Potenza max. CA	1100 W	1700 W
Corrente max. in uscita	5,6 A	8,6 A
Tensione nominale CA / intervallo	220 V - 240 V / 180 V - 262 V	220 V - 240 V / 180 V - 262 V
Frequenza di rete CA (autoregolata) / intervallo	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz
Fattore di potenza (cos φ)	1	1
Allacciamento CA	monofase	monofase
<b>Grado di rendimento</b>		
Grado di rendimento max.	93,0 %	93,5 %
Euroclass	91,6 %	91,8 %
<b>Dispositivi di protezione</b>		
Protezione contro l'inversione di polarità CC	●	●
Interruttore sezionatore del carico in corrente continua ESS	●	●
Resistenza ai corti circuiti CA	●	●
Rivelatore di guasto a terra	●	●
Controllo rete (SMA grid guard 2)	●	●
RCD (rotore differenziale) integrato sensibile a tutte le tensioni	●	●
<b>Dati generali</b>		
Dimensioni (larghezza x altezza x profondità) in mm	434 / 295 / 214	434 / 295 / 214
Peso	22 kg	24 kg
Intervallo temperatura di esercizio	-25 °C - +60 °C	-25 °C - +60 °C
Consumo funzionamento (Standby) / notturno	< 4 W / 0,1 W	< 5 W / 0,1 W
Topologia	Trasformatore NF	Trasformatore NF
Tecnologia raffreddamento	Convezione	Convezione
Luogo d'installazione: interno / esterno (IP65)	●●●	●●●

**LAB Foto voltaico**

**L'inverter: principio di funzionamento (lato DC)**

Caratteristiche tecniche Sunways Solar Inverter NT 10000

Ingresso CC		Uscita CA	
Potenza massima del generatore solare	12000 W complessivi	Potenza nominale di uscita CA	10000 W
Potenza nominale di ingresso CC	11000 W	Potenza CA massima	10000 W
Corrente CC massima	10 A per ingresso MPP*	Corrente nominale CA	14,5 A
Corrente nominale CC	9 A per ingresso MPP*	Corrente CA massima	18,2 A
Potenza in stand-by	20 W	Capacità di rottura dei fusibili di rete	3 x 25 A
Potenza notturna	< 0,3 W	Frequenza nominale	50 Hz
Potenza di iniezione	7 W	Tensione di rete	400 V
Tensione nominale CC	400 V	Intervallo di tolleranza tensione di rete	Da -20 a +20 percento
Campo di tensione MPP	Da 350 a 750 V	Coefficiente di distorsione con Pn	± 3 %
Tensione CC massima	850 V	Fattore di potenza reattiva (cos phi)	Circa 1
Tensione di accensione	420 V	Forma d'onda	Sinusoidale
Tensione di interruzione	340 V	Controllo della tensione di rete	Integrato (secondo la norma DK 5940 Ed. 2.2)
Numero di ingressi	1 per ingresso MPP*, 3 in totale	Controllo dispersione a terra	RCD
Rendimento massimo	96,4 percento**	Controllo di isolamento, frequenza e corrente continua	Integrato (secondo la norma DK 5940 Ed. 2.2)
Rendimento europeo	95,9 percento**		
Topologia HERIC®	SI	Caratteristica di uscita	Sorgente di corrente elettrica
		Fasi necessarie, numero di allacciamenti alla rete	3 (L1, L2, L3, N, PE)
		Numero di fasi di alimentazione (230 V monofase)	3



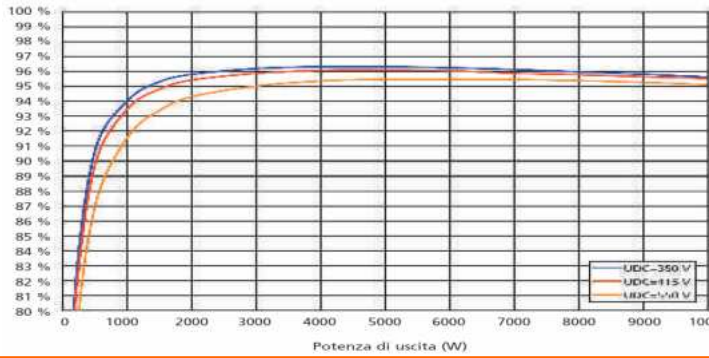
**SEMINARIO TECNICO SUGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI PER AMMINISTRAZIONI ED ENTI PUBBLICI**  
Prof. Alfonso Damiano 27 Marzo 2009 - Sala Convegni Provincia dell'Ogliastra, Via Pietro Pistis, Lanusei

**9**

**LAB Foto voltaico**

**L'inverter: principio di funzionamento (lato DC)**

Curva di rendimento NT 10000



**SEMINARIO TECNICO SUGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI PER AMMINISTRAZIONI ED ENTI PUBBLICI**  
Prof. Alfonso Damiano 27 Marzo 2009 - Sala Convegni Provincia dell'Ogliastra, Via Pietro Pistis, Lanusei

**10**

**LAB Foto voltaico**

**Esempio di Inverter modulare**

Struttura delle apparecchiature NT 10000

unità di potenza	ingresso CC	scheda di controllo	alimentatore di rete CA
unità di potenza 1	ingresso CC 1	scheda di controllo 1	alimentatore di rete CA L1
unità di potenza 2	ingresso CC 2	scheda di controllo 2	alimentatore di rete CA L2
unità di potenza 2	ingresso CC 3	scheda di controllo 3	alimentatore di rete CA L3

Il Solar Inverter NT 10000 è composto da tre unità di potenza che vengono ogni volta regolate indipendentemente l'una dall'altra.

Ogni unità di potenza possiede un proprio ingresso CC. La seguente figura mostra il collegamento dell'ingresso CC e la disposizione dell'unità di potenza:


**SEMINARIO TECNICO SUGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI PER AMMINISTRAZIONI ED ENTI PUBBLICI**  
Prof. Alfonso Damiano 27 Marzo 2009 - Sala Convegni Provincia dell'Ogliastra, Via Pietro Pistis, Lanusei

**11**

**LAB Foto voltaico**

**Esempio di Inverter modulare**

Installazione



**SEMINARIO TECNICO SUGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI PER AMMINISTRAZIONI ED ENTI PUBBLICI**  
Prof. Alfonso Damiano 27 Marzo 2009 - Sala Convegni Provincia dell'Ogliastra, Via Pietro Pistis, Lanusei

**12**



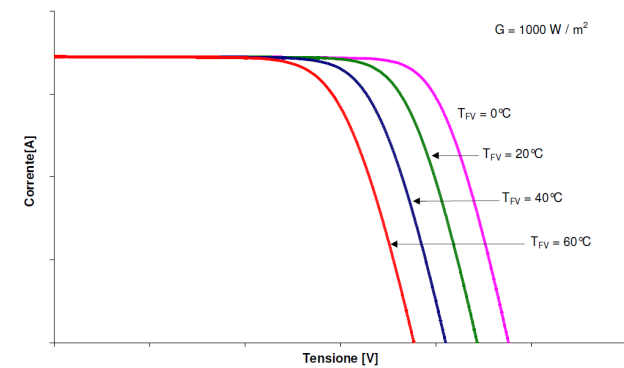
**Inverter per Impianti fotovoltaici**

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 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.

Le caratteristiche generali che deve avere l'inverter, compatibilmente con la funzione a cui è preposto riguardano la potenza nominale, il rendimento e la tipologia. Generalmente, per impianti collegati alla rete vengono usati inverter del tipo a commutazione forzata con tecnica PWM (modulazione a larghezza di impulso) senza riferimenti interni ovvero assimilabili a sistemi non idonei a sostenere la tensione in assenza di rete. Inoltre, l'inverter deve rispondere alle norme generali su EMC (compatibilità elettromagnetica) e limitazione delle emissioni RF (radio frequenza). I parametri di ingresso dell'inverter devono essere compatibili con quelli del generatore fotovoltaico in termini di finestra di tensione operativa, ripple lato dc, poli isolati da terra e isolamento tra lato corrente continua e alternata

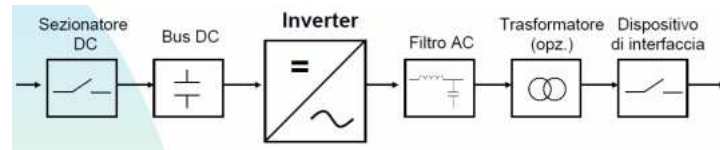
Le caratteristiche di uscita dell'inverter riguardano essenzialmente il valore della **tensione** e della **frequenza di uscita**, la distorsione armonica, il controllo del fattore di potenza e la presenza o meno delle protezioni di massima e minima tensione e frequenza. In generale possiamo affermare che un inverter per impianti fotovoltaici connessi in rete si può suddividere in due blocchi. Un primo blocco costituito da un **convertitore dc/dc** che andrà a realizzare il cosiddetto **MPPT**, ed un secondo blocco costituito da un **convertitore dc/ac** basato su logica **PWM** che interfaccierà il sistema in rete.

**Convertitori DC/DC (MPPT)**



**Com po nenti princi pali dell'inverter**

- L'inverter è realizzato come ponte (trifase o monofase) a IGBT ('insulated gate bipolar transistor).
- Il controllo dell'inverter è implementato mediante microcontrollore, che esegue un algoritmo di regolazione numerica e genera i segnali di controllo PWM dei semiconduttori di potenza.
- Il filtro d'uscita, di tipo LC, filtra le componenti di corrente ad alta frequenza della PWM, in modo da iniettare in rete solo la componente fondamentale (sinusoide a 50Hz).



**Com po nenti princi pali dell'inverter**

*Trasformatore di separazione galvanica:*

- Obbligatorio a frequenza industriale (50Hz), per potenze superiori a 20KW (DK5940).
- Isola elettricamente il bus DC dalla rete, impedendo l'iniezione di corrente continua.
- Consente di limitare la tensione minima sul bus in continua.

**Com po nenti princi pali dell'inverter**

*Dispo sitivo di interfaccia:*

- Normalmente implementato come contattore o interruttore automatico
- Interviene durante un guasto della rete di distribuzione, isolando l'inverter dalla rete. E' pilotato da una logica (protezione di interfaccia) che rileva il guasto mediante misura di tensione e frequenza.
- Puo' essere interno all'inverter (P<20 KW) o esterno (relé dedicato).

**Com po nenti princi pali dell'inverter**

*DC bus:*

- Costituito da condensatori elettrolitici per assorbire il 'ripple' generato dalla commutazione.

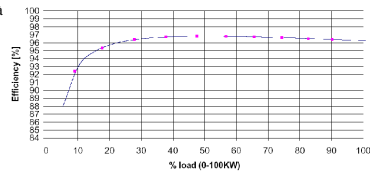
*Sezionato re:*

- Normalmente la tensione massima sul bus è minore di 600-700 V, perchè dispositivi di interruzione a tensioni superiori implicano costi elevati.

**Parametri di merito nella scelta dell'inverter**

**Rendimento:**

- Variabile in funzione del carico
- Rendimento di picco normalmente >94%.
- Macchine ad alta efficienza, possono raggiungere e superare il 96%.
- Ha Impatto sulla redditività



**Parametri di merito nella scelta dell'inverter**

**Affidabilità:**

- Tecnologia statica : minimizza la necessità di sostituzione periodica di componenti.
- Gli unici componenti soggetti a sostituzione periodica sono ventilatori e condensatori.

**Modularità:**

Gamma di potenze completa consente flessibilità nella scelta e personalizzazione dell'impianto

- Mono fase (fino a 6kWp)

- Trifase (da 10kWp a 500kWp)

**Parametri di merito nella scelta dell'inverter**

**Interconnettività**

Possibilità di connettere l'inverter a un'unità di supervisione o in rete, con vari protocolli (es. Modbus RTU) e link fisici.

SW di monitoraggio dei principali parametri di produttività (potenza, energia prodotta, CO2 non immessa, ecc.).

Possibilità di monitorare l'inverter via web mediante browser.

**Parametri di merito nella scelta dell'inverter**

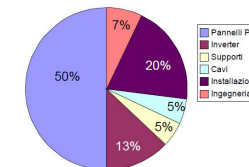
**Costo:**

Il costo dell'inverter pesa circa per il 13% sul costo complessivo dell'impianto connesso a rete.

Il suo costo iniziale rappresenta un investimento su:

Distribuzione costi in impianti grid-connected

- Produttività
- Affidabilità
- Durata



**Parametri di merito nella scelta dell'inverter**

*Omologazione :*

➤I principali produttori di inverter garantiscono la rispondenza della macchina all'omologazione DK5 940, che consente la connessione alla rete secondo le specifiche del gestore.

**Principali norme di riferimento e bibliografia**

- CEI EN 11-20
- CEI EN 61000-3-11
- CEI EN 61000-3-12
- DK 5940 (DK 5740 M.T.)
- Guida CEI 82-25

**GRAZIE**

**prof. ing. Alfonso Damiano**

**alfio@diee.unica.it**

*Per informazioni:*

SardegnaRicerca  
Edificio 2 - Loc. Piscinamama Pula (CA)  
Tel. 070 9243.2161 / Fax 070 9243.2203  
labfotovoltaico@sardegnaRicerca.it