



Monitoraggio degli **impianti fotovoltaici**

Il funzionamento degli impianti FV va tenuto sotto controllo per verificarne le prestazioni e intervenire per tempo a seguito di possibili malfunzionamenti

■ di **FRANCESCO GROPPI**

■ GENERALITÀ E RIFERIMENTI NORMATIVI

Benché gli impianti fotovoltaici necessitino di ridotta manutenzione, in quanto posseggono un livello di affidabilità molto elevato (se sono correttamente dimensionati e realizzati), è importante tenere costantemente sotto controllo il loro funzionamento al fine di verificarne le prestazioni e intervenire per tempo a seguito di possibili malfunzionamenti.

Le grandezze da misurare, sia di tipo meteorologico che elettrico, così come i valori calcolati e le modalità di calcolo sono contenuti nella norma CEI EN 61724 – “Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l’analisi dei dati”. Tale norma contiene anche alcune prescrizioni circa le precisioni dei sensori e della successiva catena di elaborazione dei dati. Nella norma risulta inoltre riportata la nomenclatura utilizzata per i diversi va-



Foto: Conergy

lori misurati e calcolati, anche se i simboli impiegati non sempre trovano un reale utilizzo nella pratica.

Secondo la norma CEI EN 61724 risulta necessario effettuare la misura delle seguenti grandezze:

- Irraggiamento solare sul piano dei moduli (G_p)
- Temperatura dell'aria (T_{am})
- Velocità del vento (S_W)
- Temperatura dei moduli (T_m)
- Tensione e corrente di uscita degli array (V_A , I_A)
- Potenza elettrica in c.c. e c.a. (P_A)

Da queste sono calcolate le grandezze energetiche, le quali possono riguardare tutto il sistema o alcuni dei suoi componenti. Principalmente, le grandezze energetiche riguardano l'energia netta proveniente dall'array, l'energia netta verso il carico e le energie in ingresso e in uscita verso la rete pubblica.

Vi sono poi altre grandezze energetiche che riguardano gli impianti dotati di sistemi di accumulo.

A partire dai dati misurati e dalle grandezze energetiche calcolate è possibile pervenire agli indicatori prestazionali che possono essere così riassunti:

- Prestazioni del componente BOS (η_{BOS})
- Resa energetica dell'array rispetto alla potenza installata (Y_A)
- Resa energetica finale del sistema (Y_f)
- Resa energetica di riferimento (Y_r)
- Perdita energetica dell'array (L_c)
- Perdite nei componenti BOS (L_{BOS})
- Indice di prestazione (R_p)
- Rendimento medio dell'array nel periodo di registrazione ($\eta_{A,media,\tau}$)
- Rendimento totale dell'impianto nel periodo di registrazione ($\eta_{tot,\tau}$)

Tra gli indicatori prestazionali, quella a cui maggiormente si fa riferimento è l'Indice di prestazione o Performance Ratio, il quale nella letteratura e nella pratica impiantistica è quasi sempre indicato col simbolo PR anziché R_p .

Il Performance Ratio indica l'effetto complessivo delle perdite sulla potenza nominale di uscita dell'array dovute alla temperatura dell'array medesimo, allo sfruttamento incompleto della radiazione solare e alle inefficienze o guasti dei componenti del sistema.

Esso risulta definito come:

$$R_p = Y_f / Y_r$$

La Guida CEI 82-25 – "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione" riprende per sommi capi quanto contenuto nella norma CEI EN 61725 ma in aggiunta riporta estesamente una parte dedicata ai piranometri (figura 1) e solarimetri, per i quali sono indicati la clas-



▲ Figura 1: Esempio di solarimetro a termopila o piranometro

sificazione, il campo di applicazione, la precisione e la taratura.

Il funzionamento di un solarimetro a termopila o piranometro si basa sulla differenza di temperatura fra due superfici esposte alla radiazione solare: una bianca ed una nera. La superficie nera assorbe la maggior parte della radiazione solare e tende quindi a riscaldarsi, mentre quella bianca riflette la maggior parte della radiazione solare e pertanto tende a restare alla temperatura ambiente.

La differenza di temperatura tra le due superfici è rilevata tramite una termocoppia, che trasforma la differenza di temperatura in una differenza di potenziale elettrico. Pertanto questo sensore genera una tensione proporzionale all'irraggiamento solare che incide sulla superficie captante. La sensibilità (sensitivity) di un piranometro è tipicamente $3 \div 7$ mV in corrispondenza di un irraggiamento solare pari a 1 kW/m^2 . Differentemente dal piranometro, il funzionamento di un solarimetro ad effetto fotovoltaico (o PV reference solar device) si basa invece, come dice il nome, sull'effetto fotovoltaico.

I terminali di una cella fotovoltaica, assemblata come fosse un modulo fotovoltaico e opportunamente protetta dall'ambiente esterno, vengono connessi ad uno shunt.

In questo modo, la tensione misurata sullo shunt risulta essere proporzionale alla corrente generata e quindi all'irraggiamento solare che incide sulla superficie della cella fotovoltaica.

La sensibilità di un solarimetro ad effetto fotovoltaico varia tipicamente da 10 a 100 mV, in corrispondenza di un irraggiamento solare pari a 1 kW/m^2 , in funzione dell'area della cella.

Le norme IEC 60904-2 e 60904-4 classificano i solarimetri, oltre che sulla base dell'incertezza di misura e del tipo di processo costruttivo adottato (indicati nella ISO 9060), anche sulla base della taratura effettuata. Si distinguono le seguenti categorie:

- primary standard device
- secondary standard device
- primary reference device
- secondary reference device
- working reference device (o dispositivo di riferimento di lavoro), quest'ultimo, non previsto nella IEC 60904-4, è ottenuto secondo la IEC 60904-2 mediante la taratura con un secondary reference device.

Per effettuare la misura dell'irraggiamento solare nel caso di collaudo o verifiche periodiche dell'impianto fotovoltaico, occorre che l'incertezza di misura del solarimetro sia non superiore al 3%. Per raggiungere tale precisione, è possibile impiegare i seguenti sensori solari:

- piranometro
- solarimetro a effetto fotovoltaico, purché questo sia realizzato con una cella avente una risposta spettrale simile a quella dei moduli e sia possibile correggere, se necessario, il risultato della misura del solarimetro al variare della sua temperatura di funzionamento (la correzione è necessaria solo quando la temperatura di funzionamento del solarimetro è sensibilmente differente da 25°C; pertanto, per minimizzare l'influenza della temperatura, è opportuno effettuare la misura con tempi di esposizione del sensore limitati a qualche secondo).

Si rammenta che l'incertezza complessiva della misura dell'irraggiamento solare va calcolata sulla catena di misura costituita dal sensore solare e dallo strumento che legge la tensione in uscita del sensore stesso. Pertanto, se ad esempio l'incertezza di misura del sensore solare è pari al 3% e l'incertezza della misura della tensione è pari all'1%, l'incertezza complessiva della misura dell'irraggiamento solare è pari al 4%.

Nel caso, invece, di misura dell'irraggiamento solare effettuata in modo continuativo (ad esempio durante l'esercizio dell'impianto fotovoltaico, per valutare le prestazioni energetiche dello stesso), questa può essere effettuata con un'incertezza complessiva della misura dell'irraggiamento solare non superiore al 5%.

In questo caso, è consigliabile utilizzare un so-

larimetro a effetto fotovoltaico purché questo sia realizzato con una cella avente una risposta spettrale simile a quella dei moduli. Questo solarimetro viene, infatti, preferito al piranometro, perché presenta un costo più contenuto e il vantaggio di richiedere tarature meno frequenti.

■ MONITORAGGIO DEI PICCOLI IMPIANTI

Nei piccoli impianti per servizio in parallelo alla rete, la possibilità di effettuare il monitoraggio è spesso offerta dai costruttori dell'inverter per mezzo di kit di vario tipo che in genere comprendono una centralina di acquisizione collegabile ad un PC e altri componenti che possono essere:

- sensori esterni (irraggiamento solare, temperatura, ecc.);
- visualizzatori dati di vario tipo e dimensione;
- sistemi di interrogazione remota tramite linea telefonica, ponte radio, GSM, ecc.

Gli inverter, a loro volta, comunicano con la centralina mediante linee di trasmissione dati di tipo punto a punto (RS-232 o simili) o, più frequentemente, a bus (RS-485, onde convogliate, ecc.). La centralina acquisisce i dati di funzionamento degli inverter che possono essere:

- tensioni, correnti e potenze lato corrente continua;
- tensioni, correnti, potenze, sfasamenti e frequenza lato corrente alternata;
- stato di funzionamento dei dispositivi.

È inoltre possibile acquisire le principali grandezze meteorologiche, tra cui le più importanti sono l'irraggiamento solare e la temperatura dell'aria esterna. Spesso risulta utile, inoltre, disporre della temperatura di una o più celle misurate sul retro dei moduli fotovoltaici. La conoscenza di questi dati permette di effettuare utili elaborazioni e di approfondire la conoscenza del comportamento dell'impianto.

La centralina di acquisizione possiede una propria memoria ma è necessario scaricare, almeno periodicamente, i dati acquisiti su un PC, attraverso il quale, oltretutto, è possibile effettuare vi-

■ V° Concorso Nazionale Settore Elettrico e Elettronico

Torino, 9 - 13 Maggio 2011

Il CNOS-FAP Nazionale organizza anche quest'anno il suo Concorso nazionale elettrico ed elettronico, con l'obiettivo di far emergere il valore della qualifica professionale in riferimento ai parametri della qualifica di II livello europeo e agli standard formativi delle competenze di base e tecnico-professionali definiti in sede di Conferenza Unificata, motivando gli allievi nell'impegno formativo e valorizzandone le abilità professionali.

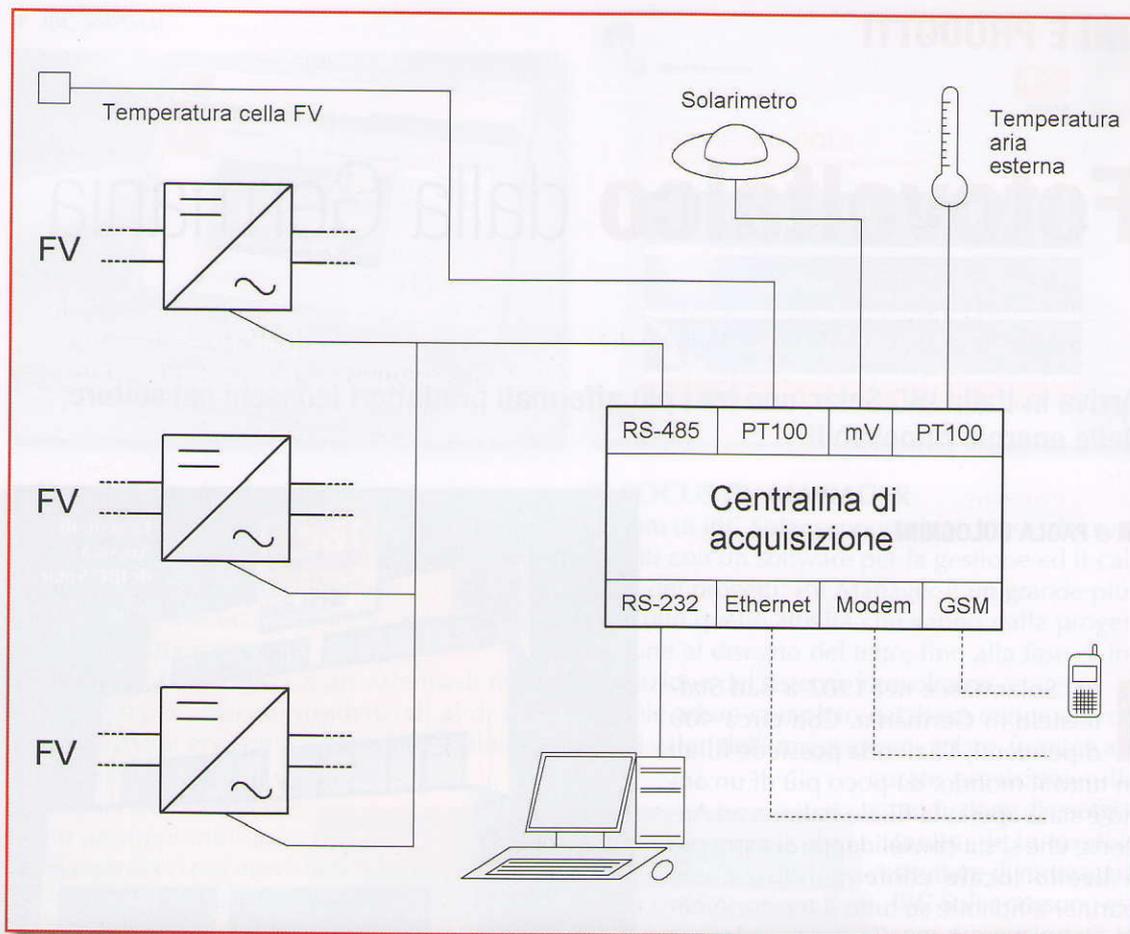
Oggetto del Concorso sarà l'installazione e messa in servizio di un quadro di automazione gestito da PLC, di un processo di media complessità con due o tre

motori con diverse tipologie di avviamento. La prova sarà suddivisa in quattro fasi (progettazione, programmazione, esecuzione e collaudo del quadro) per un totale di circa 22-24 ore.

La commissione esaminatrice sarà costituita dal segretario nazionale del settore elettrico, da un tecnico dell'azienda sponsorizzante e da un installatore/professionista invitato dal Centro ospitante.

Ai primi tre classificati sarà assegnata una borsa di studio dalla Schneider Electric, sponsor della manifestazione; a tutti i partecipanti sarà rilasciato un attestato di riconoscimento.

Per maggiori informazioni: www.elettrico.sanzeno.org



◀ **Figura 2:** Esempio di sistema di monitoraggio per impianti fotovoltaici

sualizzazioni ed elaborazioni di vario tipo per mezzo di opportuni software dedicati, anch'essi forniti dai costruttori di inverter. Un esempio di sistema di monitoraggio per impianti di taglia medio-piccola è riportato in figura 2, va comunque ricordato che negli casi in cui vi è un unico inverter, spesso è possibile collegare direttamente un PC a quest'ultimo.

Frequentemente, l'inverter è dotato di un display per la visualizzazione veloce dei principali parametri di funzionamento. In altri casi, oppure quando l'inverter non è facilmente accessibile, la centralina di acquisizione risulta dotata di un display che svolge la medesima funzione. Se però così in fosse, l'unico modo per sapere quanto sta producendo l'impianto senza andare ad interpellare il contatore, non sempre collocato in posizione agevole, consisterebbe nel collegare un computer all'inverter.

In questi casi è allora consigliabile inserire un analizzatore di rete, monofase o trifase a seconda dei casi, sul quadro principale, per poter verificare in ogni istante la potenza che si sta producendo.

■ MONITORAGGIO DEGLI IMPIANTI DI TAGLIA MEDIO-GRANDE

Con l'aumentare delle dimensioni dell'impianto, anche il monitoraggio deve essere più esteso ed accurato. Infatti, a causa dell'elevato numero del-

le misure in gioco, spesso i sistemi di monitoraggio dei grossi impianti richiedono un attento dimensionamento e non di rado si avvalgono di una progettazione specifica e mirata a soddisfare particolari esigenze.

I grossi impianti sono quasi sempre caratterizzati dall'utilizzo di inverter di taglia elevata ai quali confluiscono numerose stringhe in parallelo tra loro.

In questi casi risulta opportuno monitorare separatamente la corrente di ciascuna stringa (o, eventualmente, di gruppi di esse) per rilevare possibili malfunzionamenti che, altrimenti, sarebbe piuttosto oneroso e difficoltoso individuare attraverso controlli periodici. Inoltre, a causa della numerosità dei valori di input acquisiti, è spesso richiesto che la gestione e la presentazione dei dati raccolti sia tale da non sovraccaricare l'operatore di informazioni inutili o ridondanti, ma risulti invece tale da agevolare il riconoscimento di condizioni anomale per mezzo di pagine grafiche e tabelle riassuntive.

Molto spesso i costruttori di inverter offrono dei sistemi di monitoraggio sufficientemente completi e flessibili da tenere conto delle diverse esigenze che si possono presentare.

Altre volte invece vi sono EPC che preferiscono sviluppare autonomamente un proprio sistema di monitoraggio in grado di adattarsi ad esigenze specifiche.