

IL COLLAUDO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Una volta terminata la fase d'installazione dell'impianto, bisogna effettuare il collaudo dello stesso per verificarne il corretto funzionamento.

Il certificato di collaudo dell'impianto fotovoltaico è un documento obbligatorio per poter accedere alle tariffe incentivanti del conto energia. Il collaudo è un atto tecnico-amministrativo, che si colloca alla fine dell'installazione dell'impianto stesso. Serve innanzitutto a salvaguardare gli interessi del committente, perché una mancata produzione di energia a causa di un guasto significherebbe un minor resa dell'impianto stesso in termini economici.

Il collaudo rappresenta una delle attività più importanti nella fase di realizzazione dell'impianto in quanto un accurata ispezione del lavoro svolto permette di rilevare eventuali difetti.

La fase di collaudo prevede verifiche tecniche funzionali da effettuarsi al termine dei lavori di installazione e termina con il rilascio di una dichiarazione certificante l'esito delle verifiche effettuate.

Prima di eseguire le verifiche tecnico-funzionali è consigliabile verificare:

- che vi siano condizioni di irraggiamento stabili in modo da rendere stabili le misure effettuate;
- che vi sia una radiazione di almeno 600 W/m² allineando il sensore di radiazione al piano dei moduli;
- che non si stiano effettuando le verifiche nelle ore più calde;
- che non si stiano effettuando le verifiche in presenza di giornate afose, in quanto la presenza di umidità nell'aria determina un aumento della componente diffusa, aumento che a sua volta comporta un rendimento del campo più basso;
- che i moduli siano puliti.

E' una procedura che deve essere effettuata da tecnici con provata esperienza, quali i professionisti di TEST Energia. Le fasi principali di un collaudo riguardano:

1) Esame Visivo

Acquisito il progetto e verificato che l'installatore abbia rilasciato la dichiarazione di conformità ai sensi della Legge 46/90, l'esame visivo deve accertare:

- che l'impianto sia conforme al progetto, che i moduli siano posati correttamente, che la carpenteria sia saldamente ancorata e che siano state prese tutte le precauzioni per evitare infiltrazioni d'acqua dal tetto;
 - che l'impianto sia stato realizzato nel rispetto delle prescrizioni delle Norme in generale e delle Norme specifiche di riferimento per l'impianto installato;
 - che il materiale elettrico sia conforme alle relative Norme, sia scelto correttamente ed installato in modo conforme alle prescrizioni normative e che non siano presenti danni visibili che possano compromettere la sicurezza;
 - che le distanze delle barriere e delle altre misure di protezione siano state rispettate;
- che vi sia la presenza di adeguati dispositivi di sezionamento e di interruzione;
- che vi sia l'identificazione dei conduttori di neutro e di protezione, l'identificazione dei comandi e delle protezioni, dei collegamenti dei conduttori.

2) Verifica dei Cavi e dei Conduttori

Per i cavi ed i conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL e che siano dotati dei contrassegni di identificazione, ove prescritti, e siano adatti al tipo di posa.

3) Verifica della continuità elettrica e delle connessioni tra i moduli fotovoltaici.

4) Verifica della messa a terra di masse e scaricatori.

5) Verifica della resistenza di isolamento dei circuiti elettrici dalle masse, controllando che siano rispettati i valori previsti dalla Norma CEI 64-8

Si deve eseguire con l'impiego di uno strumento adeguato e la misura si effettua in corrente continua. L'apparecchio di prova deve fornire la tensione indicata nella tabella A, quando eroga una corrente di 1 mA.

La misura deve essere effettuata tra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) ed il circuito di terra; è raccomandata, per quanto praticamente possibile, la misura della resistenza d'isolamento tra i conduttori attivi.

Durante la misura gli apparecchi utilizzatori devono essere disinseriti. I valori minimi ammessi sono quelli previsti dalla Norma CEI 64-8.

6) Prove funzionali sul sistema di conversione statica con riferimento al manuale di uso e manutenzione, nelle

diverse condizioni di potenza (accensione, spegnimento, mancanza di rete del distributore);

7) Verifica tecnico-funzionale dell'impianto

La verifica tecnico-funzionale di un impianto fotovoltaico richiede la valutazione:

- della continuità elettrica e connessione tra i moduli;
- della messa a terra di masse e scaricatori;
- del corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete) etc.;
- dell'isolamento dei circuiti elettrici dalla masse.

La procedura di verifica tecnico-funzionale di un impianto fotovoltaico prevede l'impiego di una sonda piranometro o con una cella campione si provvede a rilevare il valore dell'irraggiamento (W/m^2 captati dalla superficie), per ciascuna stringa e si procederà alla verifica delle seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{STC}}$$

$$P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$$

$$P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) P_{nom} \frac{I}{I_{stc}}$$

ove:

- **P_{cc}**: potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del +-2%;
- **P_{nom}**: somma delle potenze (in kW) di targa dei moduli installati del generatore fotovoltaico (potenza nominale);
- **I**: irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del +-3% (deve essere $I > 600 W/m^2$);
- **I_{STC}**: irraggiamento in condizioni standard il cui valore di riferimento è $1000 W/m^2$;
- **P_{ca}**: potenza attiva (in KW) misurata all'uscita del convertitore con precisione superiore al migliore del +-2%;
- **P_{tpv}**: perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all'8%. Tale condizione deve essere verificata per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata.

Alla fine se tutte le prove hanno avuto esito positivo il collaudatore provvede a rilasciare il certificato di collaudo.

In accordo con il nuovo decreto presente nella finanziaria 2007 CONTO ENERGIA per il fotovoltaico:

"La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a $600 W/m^2$ ".

Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv} , nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel} , possono essere determinate da:

$$P_{tpv} = (T_{cel} - 25) \frac{\gamma}{100}$$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

$$P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) \frac{I}{800}] \frac{\gamma}{100}$$

ove:

- **γ** : Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a $0,4 \div 0,5 \%/^{\circ}C$).
- **NOCT**: Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, tipicamente pari a $40 \div 50^{\circ}C$, ma può arrivare a $60^{\circ}C$ per moduli in retrocamera).
- **T_{amb}**: Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all'esterno e l'altra faccia sia esposta all'interno di un edificio (come accade nei lucernai a tetto), la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature.
- **T_{cel}**: è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore

termoresistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo.

VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE

Verifica della continuità elettrica e connessione tra i moduli

Strumento di misura da utilizzare: **Voltmetro**

Procedura di misura

Fase 1: Accertarsi che l'inverter sia spento ed posizionare in posizione OFF i sezionatori di campo e di stringa.

Fase 2: Mediante l'ausilio di un Voltmetro misurare le tensioni a vuoto delle stringhe.

Le tensioni devono essere simili (è ammesso uno scostamento massimo del 10% tra i valori).

Se si riscontrano i valori ricavati con i dati di targa del modulo occorre calcolare la diminuzione della tensione a vuoto facendo uso per il silicio cristallino del valore di circa 2,3 mV/°C per ogni cella collegata in serie.

Ricordiamo infatti che in corrispondenza di un aumento della temperatura si registra una diminuzione della tensione a vuoto pari a circa 2,3 mV/°C e un aumento della corrente di corto circuito pari a circa lo 0,2 %.

Fase 3 : Se la misurazione non fornisce alcun valore vuol dire che vi è una disconnessione nella serie dei moduli. Occorre in tal caso controllare le cassette di terminazione e i capicorda.

Fase 4 : Se la misurazione della tensione a vuoto fornisce valori diversi superiori alla percentuale di scostamento vuol dire che si è in presenza o di qualche modulo difettoso, diodi di by-pass invertiti o è stata effettuata un'inversione di polarità su qualche modulo.

Misurazione dell'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse

Strumento di misura da utilizzare: **Misuratore di isolamento a 1KV.**

Procedura di misura

Fase 1 : Accertarsi che l'inverter sia spento e posizionare in posizione OFF i sezionatori di campo e di stringa.

Fase 2 : Collocare il negativo del misuratore di isolamento sulla massa.

Fase 3 : Collocare il positivo del misuratore di isolamento sul polo positivo della stringa.

Fase 4 : Immettere una tensione di 1 KV e leggere il valore di resistenza che deve essere dell'ordine delle centinaia di MΩ.

Fase 5 : Ripetere la fase 2, 3 (posizionando questa volta il positivo del misuratore sul polo negativo della stringa) e 4.

Fase 6 : Nel caso in cui le misurazioni di resistenza lette non siano dell'ordine delle centinaia di MΩ ma dell'ordine delle centinaia di KΩ vuol dire che vi è in presenza di un difetto nei moduli.

Occorre in tal caso ripetere le misure per ogni singolo modulo.

Verifica del regolare funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle differenti condizioni di potenza generata e nelle diverse modalità previste dal gruppo di conversione.

Fase 1 : Tenere l'interruttore di interfaccia rete in posizione OFF e posizionare su ON i sezionatori di campo e di stringa.

Fase 2 : L'inverter vedrà il campo fotovoltaico, si accenderà e inizierà la ricerca della rete elettrica.

Fase 3 : Posizionare su ON l'interruttore di interfaccia rete.

Fase 4 : L'inverter avvierà il controllo della tensione e della frequenza della rete, avviandosi qualora questi parametri risultano rispettare le tolleranze prescritte.

Fase 5 : Dopo un periodo di stabilizzazione l'inverter inizierà ad inseguire il punto di massima potenza (MPPT).

Fase 6 : Verificare lo spegnimento dell'inverter in situazione di mancanza di rete (in rispetto alle vigenti norme l'inverter deve spegnersi in mancanza di rete) simulabile posizionando su OFF l'interruttore di interfaccia rete.

Fase 7 : Verificare il riavvio automatico dell'inverter al ritorno della rete.

Verifica della condizione :

$$P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{STC}}$$

ove:

- **Pcc**: potenza (kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;
- **Pnom**: somma delle potenze (kW) di targa dei moduli installati;
- **I**: irraggiamento (W/m²) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;
- **ISTC** : irraggiamento in condizioni standard il cui valore di riferimento è 1000 W/m²;
- **Pca**: potenza attiva (KW) misurata all'uscita del convertitore con precisione superiore al 2%.

Strumento di misura da utilizzare: **Piranometro, Millivoltmetro, Pinza amperometrica e/o Wattmetro.**

Procedura di misura

Fase 1 : Avviare l'inverter e attendere che il suo funzionamento si stabilizzi.

Fase 2 : Posizionare il piranometro sul piano dei moduli ed eseguire la misura di radiazione solare che sarà data dal valore dato dal millivoltmetro diviso la costante di calibrazione del piranometro.

Radiazione Solare [W/m²] - Millivoltmetro [mV] - Costante di calibrazione [mV/W/cm²]

Fase 3 : dopo aver eseguito una smagnetizzazione della pinza amperometrica posizionarsi sotto il sezionatore di campo ed agganciare la pinza sul cavo positivo del campo FV.

Rilevare inoltre la tensione ed eseguire la misura di potenza in continua.

Fase 4 : verificare che sia rispettata la condizione di collaudo.

Fase 5 : Qualora la condizione non risulti essere verificata si è in presenza di perdite lato continua superiori al 15 %.

In tal caso bisogna controllare che i moduli siano puliti, che non ci siano moduli difettosi o collegati con polarità invertita, che sia stato effettuato un dimensionamento esatto dei cavi specie se questi sono di lunghezza eccessiva (caso in cui l'inverter è distante dai moduli) e verificare infine che le condizioni ambiente siano favorevoli per l'esecuzione della verifica di collaudo.

Verifica della condizione :

$$P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$$

ove:

- **Pcc**: potenza (kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;

- **Pca**: potenza attiva (KW) misurata all'uscita del convertitore con precisione superiore al 2%.

Strumento di misura da utilizzare: **Pinza amperometrica e/o Wattmetro.**

Procedura di misura

Fase 1 : Avviare l'inverter e attendere che il suo funzionamento si stabilizzi.

Fase 2 : Dopo aver eseguito una smagnetizzazione della pinza amperometrica posizionarsi sotto il sezionatore di campo ed agganciare la pinza sul cavo positivo del campo FV.

Rilevare inoltre la tensione ed eseguire la misura di potenza in continua.

Fase 3 : Posizionarsi sotto l'interruttore d'interfaccia ed agganciare la pinza sul cavo di fase.

Rilevare inoltre la tensione ed eseguire la misura di potenza alternata.

E' preferibile eseguire la fase 2 e 3 mediante l'ausilio di due pinze in modo da effettuare le rilevazioni in contemporanea.

Fase 4 : verificare se è rispettata la condizione di collaudo.

Fase 5 : Qualora la condizione non risulti essere verificata vuol dire che l'inverter ha un rendimento minore del 90% e quindi non conforme.

AL TERMINE DEI TESTS SARA' EMESSO IL SEGUENTE CERTIFICATO:

Fac-Simile Dichiarazione certificante l'esito della verifica

Impianto fotovoltaico installato presso: _____

L'impresa sottoscritta _____, in quanto installatrice dell'impianto in riferimento,

dichiara che:

la potenza nominale dell'impianto risulta essere pari a _____ kW, valore pari alla somma delle potenze nominali dei moduli costituenti il generatore fotovoltaico.

Dichiara inoltre:

di aver realizzato le prove previste dalla specifica tecnica di fornitura in data _____, in presenza di condizioni di irraggiamento sul piano dei moduli superiori al valore 700 W/m² e alla temperatura di _____ °C.

Dichiara quindi di aver verificato con esito positivo quanto segue:

- continuità elettrica e connessione tra i moduli;
- la messa a terra di masse e scaricatori;
- di aver verificato il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, etc.);
- l'isolamento dei circuiti elettrici dalla masse;
 - di aver verificato la seguenti relazioni :

$$P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{STC}}$$

$$P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$$

$$P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) P_{nom} \frac{I}{I_{stc}}$$

ove:

- **Pcc**: potenza (kW) misurata all'uscita del generatore FV, con precisione migliore del 2%;
- **Pnom**: somma delle potenze (kW) di targa dei moduli installati;
- **I**: irraggiamento (W/m²) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;
- **ISTC** : irraggiamento in condizioni standard il cui valore di riferimento è 1000 W/m²;
- **Pca**: potenza attiva (KW) misurata all'uscita del convertitore con precisione superiore al 2%.

Ovvero

Dichiara che per quanto riguarda le verifiche relative a _____ (indicazione delle prove che sono state effettuate) sono state riscontrate e seguenti anomalie _____ (descrizione).

Dichiara inoltre che le i valori forniti dalla suddette misure sono i seguenti:

- **Pcc** = _____ kW;
- **Pca** = _____ kW;
- **I** = _____ W/m²;

misure effettuate grazie alla seguente strumentazione _____ (elenco).

Dichiara infine che tutto quanto sopra esposto corrisponde a verità.

Data _____

Timbro e Firma