

ALLEGATO

Verifiche tecnico funzionali su impianti fotovoltaici secondo il “Progetto Tetti Fotovoltaici”

Verifiche tecnico - funzionali

La verifica tecnico-funzionale dell’impianto consiste nel verificare:

- ∑ la continuità elettrica e le connessioni tra moduli;
- ∑ la messa a terra di masse e scaricatori;
- ∑ l’isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- ∑ 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, ecc.);
- ∑ la condizione: $P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$,

ove:

- o P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all’uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;
- o P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
- o I è l’irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3% (classe 1°);
- o I_{STC} , pari a $1000 W/m^2$, è l’irraggiamento in condizioni standard;
- ∑ la condizione: $P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$, ove: P_{ca} è la potenza attiva (in kW) misurata all’uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;
- ∑ la condizione: $P_{ca} > 0,75 * P_{nom} * I / I_{STC}$.



Come eseguire una buona verifica tecnico-funzionale

La verifica tecnico funzionale consiste nell'esecuzione da parte dell'installatore di una serie di controlli e di misure.

Prima di eseguire le misure si consigliano i seguenti controlli:

- Σ verificare che ci siano condizioni di irraggiamento stabili e che non ci siano nuvole bianche in un cono di 60° di apertura intorno al sole che possano rendere instabili le misure di radiazione solare;
- Σ evitare di fare verifiche tecniche-funzionali nelle ore più calde, in estate i moduli fotovoltaici possono raggiungere i 60°C e di conseguenza lavorare ad efficienza più bassa;
- Σ evitare di fare verifiche tecniche-funzionali nelle giornate afose il contenuto di umidità nell'aria determina una componente di radiazione diffusa più elevata e di conseguenza un rendimento del campo fotovoltaico più basso, un consiglio per capire se c'è umidità nell'aria è quello di osservare la colorazione del cielo, se questo è di un bel blu, si è in presenza di radiazione diffusa molto bassa, più tende al bianco più la componente diffusa sarà elevata.
- Σ allineare il sensore di radiazione al piano moduli e posizionarlo vicino alla falda del campo fotovoltaico;
- Σ verificare che ci sia una radiazione almeno di 700 W/m²;
- Σ Fare un esame visivo del corretto funzionamento dei moduli, della struttura, dei quadri elettrici, dei cavi e dei loro passaggi;
- Σ Verificare la pulizia dei moduli, che non ci siano celle oscurate da sporcizie varie (calcinacci, escrementi di volatili etc.) o ombreggiamenti sistematici causati da costruzioni circostanti, pali, antenne, alberi, e curiosi improvvisati assistenti di collaudo!
- Σ Tenere in ordine la strumentazione.
- Σ Fare più serie di misure, eliminate la peggiore.

Per la strumentazione si consiglia quella di tipo portatile, di seguito è riportato a titolo indicativo la strumentazione da campo impiegata nelle verifiche dai tecnici ENEA.

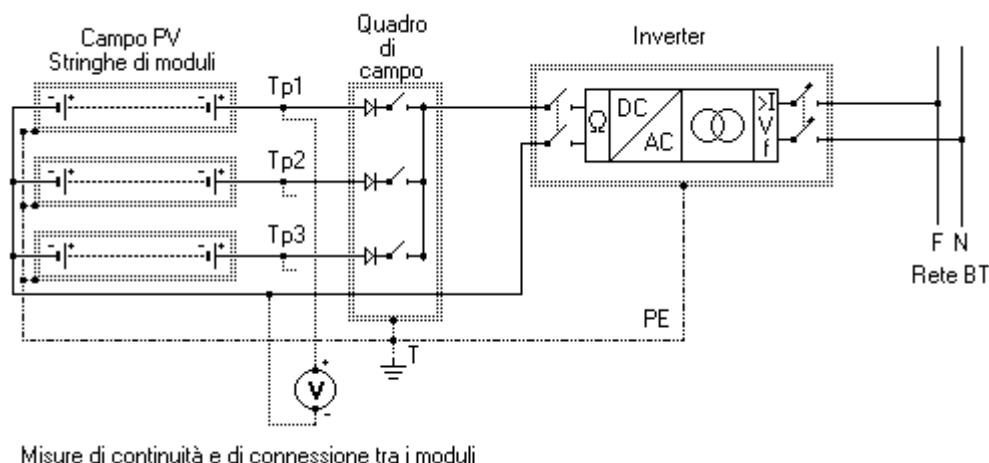
Descrizione	Marca e tipo
Misuratore d'isolamento a 1kV	CHAUVIN ARNOUX CA6525
Pinza Amperometrica e Wattmetro	CHAUVIN ARNOUX Harmonic & Power meter F27
Multimetro	METRIX MX24BG
Piranometro	KIPP & ZONEN CM6

Descrizione delle Misure

Come già raccomandato nel paragrafo precedente effettuare un **esame visivo** che consisterà fondamentalmente nel verificare lo stato e la corrispondenza al progetto esecutivo dell'impianto, in particolare si esaminerà:

- Σ Il corretto montaggio delle strutture e dei moduli
- Σ I cablaggi
- Σ Le marcature dei cavi
- Σ I collegamenti di messa a terra

Misure di continuità elettrica e le connessioni tra i moduli:



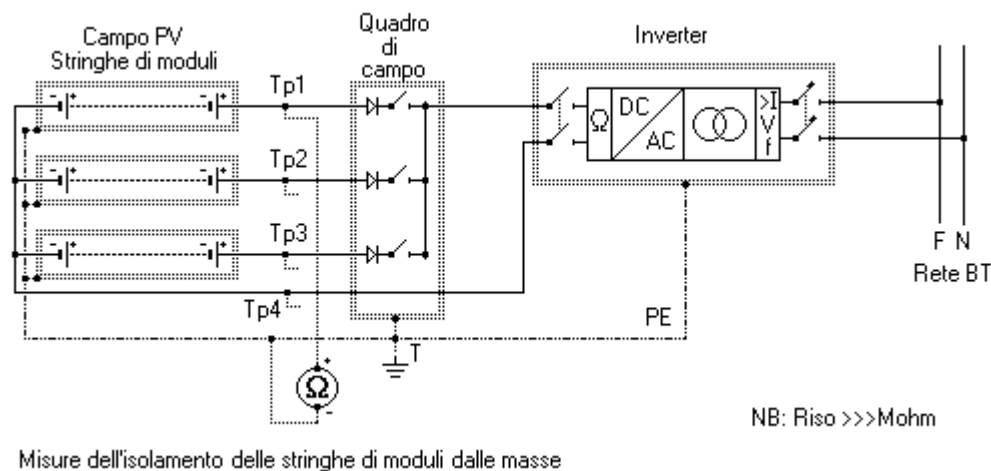
Strumento di misura:

- Σ Voltmetro

Procedura della misura

1. Accertarsi che l'inverter sia spento;
2. aprire i sezionatori di campo e di stringa;
3. misurare con il voltmetro le tensioni di stringa, queste devono risultare uguali tra di loro, il valore di tensione atteso è la somma dei valori di tensione a circuito aperto dei moduli, se si fa riferimento ai dati di targa del modulo calcolare la perdita per temperatura utilizzando per il silicio cristallino il coefficiente $\alpha = -2.2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ per ogni cella collegata in serie; esempio: se abbiamo montato una stringa di 7 moduli a 36 celle il numero totale delle celle serie è $7 \times 36 = 252$, se la temperatura del modulo è di 40°C il delta di temperatura rispetto alle STC (25°C) sarà $dT = 40 - 25 = 15^{\circ}\text{C}$, la perdita di tensione per effetto temperatura è $-2.2\text{mV} \times 15^{\circ}\text{C} \times 252 \text{ celle serie} = -8.3\text{V}$ per ogni stringa.
4. se la misura non dà nessun valore si è in presenza di una disconnessione nella serie dei moduli, controllare le scatole di giunzione, i capicorda;
5. se la misura dà valori diversi tra le stringhe, verificare la correttezza del cablaggio, può essere stata effettuata una inversione di polarità su qualche modulo, oppure qualcuno di essi risulta essere difettoso, diodi di By-Pass invertiti (è un inconveniente molto raro).

Misura dell'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse:



Strumento di misura:

Misuratore di isolamento a 1KV

Procedura della misura

1. Accertarsi che l'inverter sia spento;
2. aprire i sezionatori di campo e di stringa;
3. posizionare il negativo del Misuratore di isolamento sulla massa;
4. posizionare il positivo del misuratore di isolamento sul polo positivo della stringa;
5. iniettare una tensione di 1 KV e leggere il valore di resistenza, la misura attesa deve essere nell'ordine delle centinaia di MW;
6. posizionare ancora il negativo del Misuratore di isolamento sulla massa;
7. posizionare il positivo del misuratore di isolamento questa volta sul polo negativo della stringa;
8. iniettare una tensione di 1KV e leggere il valore di resistenza, la misura attesa deve essere nell'ordine delle centinaia di MW;
9. se si misurano valori nell'ordine di centinaia di KW, significa che c'è un difetto nei moduli, ripetere le misure per ogni singolo modulo.

Verifica del corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione

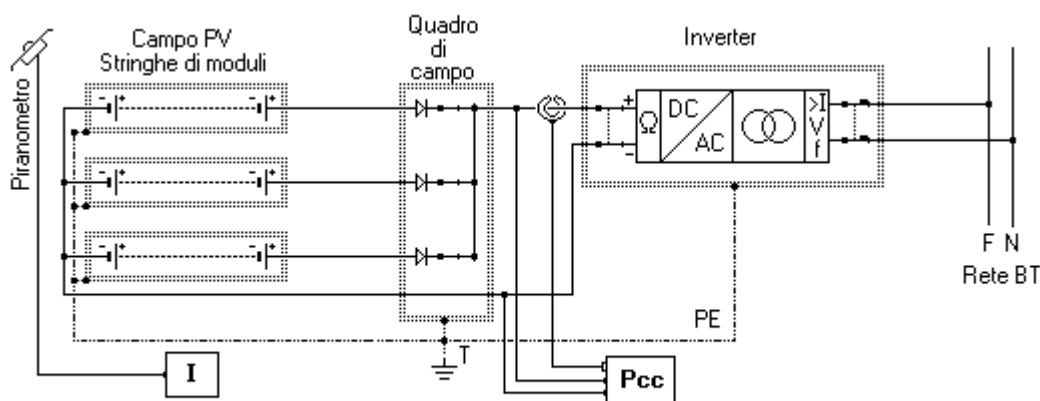
Procedura della verifica:

1. Tenere l'interruttore di interfaccia rete aperto;
2. richiudere i sezionatori di stringa e di campo;
3. l'inverter vede il campo fotovoltaico e lo segnala con l'accensione di un dispositivo ottivo (led o display) e si posiziona in ricerca della rete elettrica;
4. chiudere l'interruttore di interfaccia;
5. l'inverter eseguirà il controllo della tensione e della frequenza della rete, se tutto è nelle tolleranza prescritte parte (i tempi di attesa variano da inverter ad inverter, da pochi secondi fino a 5 minuti);
6. fare stabilizzare il funzionamento dell'inverter che inizierà ad inseguire il punto di massima potenza;
7. simulare una mancanza di rete abbassando l'interruttore di interfaccia;
8. l'inverter si deve spegnere e si posizionerà come nel punto 3.

Verifica della condizione $P_{cc} > 0.85 \cdot P_n \cdot I / I_{stc}$

Dove:

- o P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;
- o P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
- o I è l'irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;
- o I_{STC} , pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni standard;



Verifica della condizione $P_{cc} > 0.85 \cdot P_n \cdot I / I_{stc}$

Strumenti di misura:

Piranometro e millivoltmetro

Pinza Amperometrica e Wattmetro

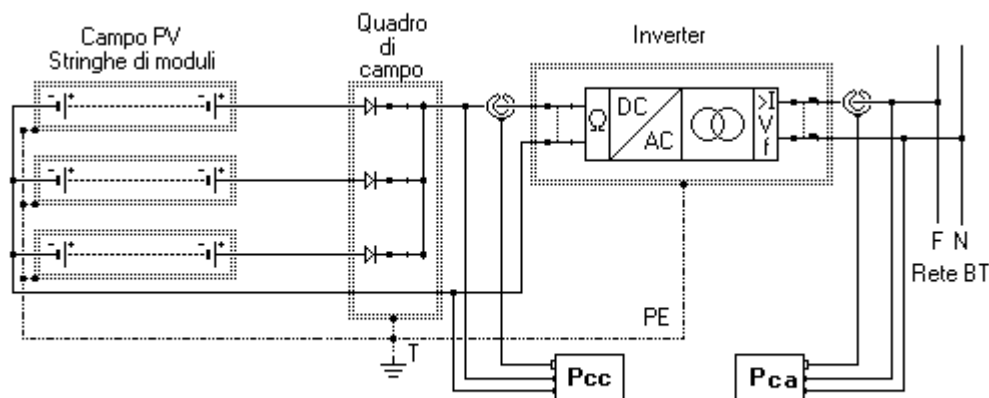
Procedura di misura

1. Avviare l'inverter ed aspettare qualche minuto fino a quando avrà stabilizzato il suo funzionamento;
2. posizionare il piranometro su piano moduli ed in prossimità della falda fotovoltaica, collegarlo al millivoltmetro ed eseguire la misura di radiazione solare (Wm^2) che sarà data dalla lettura del millivoltmetro (mV) diviso la costante di calibrazione (mV/W/cm^2) del piranometro. Esempio: se il millivoltmetro misura 10mV e la costante del piranometro è di 14mV/W/cm^2 , la radiazione totale incidente su 1m^2 di superficie è $10\text{mV} \cdot 1000 / 14\text{mV} = 714 \text{ W/m}^2$;
3. eseguire una smagnetizzazione della pinza amperometrica;
4. posizionarsi sotto il sezionatore di campo ed agganciare la pinza amperometrica sul cavo positivo del campo fotovoltaico, posizionare il puntale rosso sul positivo ed il puntale nero sul negativo, eseguire la misura di potenza in continua;
5. verificare la condizione di collaudo;
6. se la condizione non è verificata significa che ci sono perdite lato continua superiori al 15%, controllare la pulizia dei moduli, che non ci siano moduli difettosi o collegati al contrario, che ci sia un esatto dimensionamento dei cavi soprattutto quando il campo fotovoltaico è molto distante dall'inverter, che non ci siano condizioni climatiche sfavorevoli come alta temperatura ambiente ed umidità, eventualmente se si è in estate evitare le ore centrali della giornata ed effettuare le verifiche al mattino.

Verifica della condizione: $P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$

dove:

- o P_{ca} è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione;
- o P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico.



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

Strumenti di misura

Pinza Amperometrica e Wattmetro

Procedura di misura

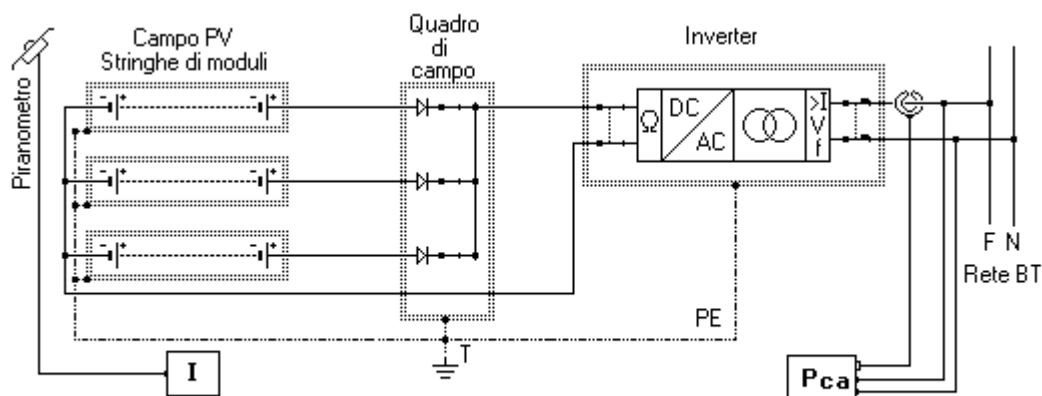
1. Avviare l'inverter ed aspettare qualche minuto fino a quando avrà stabilizzato il suo funzionamento;
2. eseguire una smagnetizzazione della pinza amperometrica;
3. posizionarsi sotto il sezionatore di campo ed agganciare la pinza amperometrica sul cavo positivo del campo fotovoltaico, posizionare il puntale rosso sul positivo ed il puntale nero sul negativo, eseguire la misura di potenza in continua.
4. posizionarsi sotto l'interruttore di interfaccia ed agganciare la pinza amperometrica sul cavo di fase, posizionare il puntale rosso sulla fase ed il puntale nero sul neutro ed eseguire la misura della potenza alternata.
5. é opportuno eseguire queste misure in contemporanea preferibilmente con due pinze amperometriche oppure se si dispone di una sola pinza cercare di ottimizzare i tempi di esecuzione;
6. verificare la condizione di collaudo;
7. se la condizione non è verificata significa che l'inverter ha un rendimento inferiore al 90% e quindi non in linea con le specifiche del bando, ripetere la misura in quelle fasce di potenza 30-40% della P_{nom} in cui il rendimento è di un punto più elevato, nel caso anche in questo caso si è sotto specifica contattare il rivenditore.

Verifica della condizione: $P_{ca} > 0,75 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$

Dove:

- o P_{ca} è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione;
- o P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
- o I è l'irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli;

- o I_{STC} , pari a 1000 W/m^2 , è l'irraggiamento in condizioni standard.



Verifica della condizione $P_{ca} > 0,75 \cdot P_{nom} \cdot I/I_{stc}$

Strumenti di misura:

- o Piranometro e millivoltmetro
- o Pinza Amperometrica e Wattmetro

Procedura di misura

1. Avviare l'inverter ed aspettare qualche minuto fino a quando avrà stabilizzato il suo funzionamento;
2. posizionare il piranometro sul piano moduli ed in prossimità della falda fotovoltaica, collegarlo al millivoltmetro ed eseguire la misura di radiazione solare (Wm^2) che sarà data dalla lettura del millivoltmetro (mV) diviso la costante di calibrazione (mV/W/cm^2) del piranometro. Esempio: se il millivoltmetro misura 10mV e la costante del piranometro è di 14mV/W/cm^2 , la radiazione totale incidente su 1m^2 di superficie è $10\text{mV} \cdot 1000 / 14\text{mV} = 714 \text{ W/m}^2$;
3. posizionarsi sotto l'interfaccia di interfaccia ed agganciare la pinza amperometrica sul cavo di fase, posizionare il puntale rosso sulla fase ed il puntale nero sul neutro ed eseguire la misura della potenza alternata;
4. verificare la condizione di collaudo;
5. se la condizione non è verificata significa che le perdite di impianto sono superiori al 25%, si consiglia di rifare le verifiche precedenti e ricontrollare:
 - o la pulizia dei moduli;
 - o che non ci siano moduli difettosi o collegati al contrario;
 - o che ci sia un esatto dimensionamento dei cavi soprattutto quando il campo fotovoltaico è molto distante dall'inverter;
 - o che non ci siano condizioni climatiche sfavorevoli come alta temperatura ambiente ed umidità, eventualmente se si è in estate evitare le ore centrali della giornata ed effettuare le verifiche al mattino;
 - o che l'inverter ha un rendimento inferiore al 90% e quindi non in linea con le specifiche del bando;
 - o che i moduli hanno una potenza nominale inferiore a quella dichiarata dal costruttore.