

MODULI FOTOVOLTAICI IN SILICIO CRISTALLINO PROCEDURA DI TEST IN INTERNI PREPARAZIONE PER IL RIUTILIZZO

ai sensi dell'art. 184-ter del D.Lgs. n. 152/2006 e del D.Lgs. n. 49/2014

1. ISPEZIONE VISIVA E MECCANICA DEL MODULO

1.1. Ispezione visiva

Verifica dell'assenza di

- Rotture sul vetro anteriore,
- Bruciature o danneggiamento evidenti nel foglio posteriore del modulo.

1.2. Ispezione meccanica

- Verifica della robustezza meccanica del telaio del modulo,
- Verifica dello stato della Scatola di Giunzione (Junction Box) del modulo.

A seguito delle verifiche di cui sopra, ai punti 1.1 e 1.2, le ispezioni saranno considerate con:

a) ESITO POSITIVO (OK)

Il modulo è destinato ai successivi "test elettrici" di cui al seguente Paragrafo 2.

b) ESITO NEGATIVO (NO)

Il modulo rimane RAEE ed entra nell'usuale ciclo di triturazione/selezione che permette il recupero delle varie frazioni che lo costituiscono.

2. TEST ELETTRICI

2.1. Premessa:

L'unità di misura della differenza di potenziale di uscita del modulo fotovoltaico è espressa in Volt, con "V" come simbolo di notazione, secondo il Sistema Internazionale di misura.

L'unità di misura della corrente elettrica di uscita del modulo fotovoltaico è espressa in Ampere, con "A" come simbolo di notazione, secondo Sistema Internazionale di misura.

L'unità di misura della potenza elettrica di uscita del modulo fotovoltaico è espressa in Watt, con "W" come simbolo di notazione, secondo Sistema Internazionale di misura.

I test elettrici sul modulo fotovoltaico, descritti in questo paragrafo, sono eseguiti utilizzando un "simulatore solare" ("Sun Simulator" o "Flash Test") di cui all'Allegato Tecnico alla presente procedura.



2.2. Procedimento di Test:

Il modulo, che ha superato l'ispezione visiva e meccanica, è sottoposto ai seguenti test elettrici, che sono eseguiti utilizzando un "simulatore solare" ("Sun Simulator" o "Flash Test").

Questo è poi sottoposto alla misura della potenza di uscita e di altri parametri elettrici¹, nel rispetto delle Standard Test Conditions - STC² tramite simulatore solare o "Flash Test".

Per eseguire la misurazione della potenza di uscita alle STC del modulo, i due terminali elettrici di misura del macchinario sono collegati ai due terminali elettrici di uscita positivo (+) e negativo (-) del modulo, generalmente costituiti dai suoi due cavi con connettori e, se (raramente) necessario e quando accessibile, aprendo la scatola di giunzione del modulo, collegando i due terminali elettrici di misura ai due poli costituiti dai conduttori metallici (*ribbon*) positivo (+) e negativo (-) di collegamento del laminato del modulo.

Non essendovi attualmente in vigore norme tecniche specifiche, applicabili ai moduli fotovoltaici ricondizionati in termini di prestazioni elettriche, si è stabilito il seguente criterio di valutazione di idoneità dei moduli fotovoltaici, oggetto di test, che tiene conto della potenza nominale di targa del modulo fotovoltaico dichiarata dal costruttore, misurata alle STC e indicata in "watt di picco" e con notazione "Wp":

2.2.1. Test elettrico con ESITO POSITIVO

Se il valore della potenza di uscita **P_u**, misurata in W ai terminali positivo (+) e negativo (-) del modulo dal simulatore solare, è uguale o **superiore al 50 %** del valore della potenza nominale di targa **P_t**, dichiarata in **Wp** dal costruttore, il test è considerato con ESITO POSITIVO (OK).

In questo caso, il modulo perde la sua precedente condizione di RAEE, per acquisire, invece, quella di AEE funzionante, identificata come "**Modulo Fotovoltaico Ricondizionato**".

2.2.2. Test elettrico con ESITO NEGATIVO

Se il valore della potenza di uscita **P_u**, misurata in W ai terminali positivo (+) e negativo (-) del modulo dal simulatore solare, è uguale o **inferiore al 50 %** del valore della potenza nominale di targa **P_t**, dichiarata in **Wp** dal costruttore, il test è considerato con ESITO NEGATIVO (NO).

In questo caso, il modulo mantiene la condizione di RAEE ed entra nell'usuale ciclo di triturazione/selezione (nello stesso stabilimento o presso impianti autorizzati terzi), che permette il recupero delle varie frazioni che lo costituiscono.

¹ Tensione di Circuito Aperto (**V_{oc}**), Corrente di Corto Circuito (**I_{sc}**), Tensione al Punto di Massima Potenza (**V_{mpp}**), Corrente al Punto di Massima Potenza (**I_{mpp}**), Massima Potenza (**P_{mpp}**).

² Standard Test Conditions (STC): irradiazione solare 1000 W/m², temperatura celle 25 °C, massa d'aria AM 1,5

Riassumendo:

RISULTATO DEL TEST	VALUTAZIONE DEL TEST	CLASSIFICAZIONE DEL MODULO
$P_u \geq 0,5 \text{ Pt}$	ESITO POSITIVO	AEE FUNZIONANTE
$P_u < 0,5 \text{ Pt}$	ESITO NEGATIVO	RAEE DA AVVIARE A RECUPERO

Tabella 1: Tabella riassuntiva dei criteri di valutazione dei Test Elettrici sui moduli fotovoltaici

3. ESITO DEI TEST

L'obiettivo dei test meccanici ed elettrici sui moduli fotovoltaici, ai fini della "cessazione della qualifica di rifiuto" di cui all'art. 184-ter del D.Lgs. n. 152/2006, è determinare che il modulo fotovoltaico usato, oggetto di test, sia valutabile come "funzionante" ovvero in grado di svolgere la propria funzione in relazione alla propria destinazione d'uso. Sempre e comunque successivamente al superamento dei precedenti test di ispezione visiva e meccanica di cui al Paragrafo 1, tale modulo fotovoltaico deve quindi essere in grado di erogare ai suoi due terminali una potenza elettrica di uscita P_u , misurata alle Standard Test Conditions, superiore alla soglia minima indicata al precedente Paragrafo 2.2.

Detta potenza elettrica di uscita P_u sarà riportata in:

1. Etichetta di Certificato di Prova, saldamente applicata al singolo modulo oggetto di verifica, che lo identifica univocamente tramite il numero di serie originario del costruttore³ (ed eventuale nuovo numero di serie posto dal soggetto che ha eseguito i test) e ne certifica il suo stato di Apparecchiatura Elettrica ed Elettronica (AEE) funzionante dopo che, appunto, l'operatore ha eseguito i test elettrici sul modulo come descritto al sottoparagrafo 2.2;
2. Certificato di Prova Riassuntivo, documento che riassume l'elenco dei moduli fotovoltaici che hanno superato i test elettrici di cui al precedente Paragrafo 2.2 e che quindi sono stati dichiarati AEE funzionanti, tutti identificati univocamente dal loro numero di serie originario del costruttore (ed eventuale nuovo numero di serie posto dal soggetto che ha eseguito i test) indicato nell'etichetta di Certificato di Prova di cui al precedente punto 1.

Le etichette di Certificato di prova e il Certificato di Prova Riassuntivo, di cui sopra ai precedenti punti 1 e 2, redatti e associati a ogni singolo modulo dopo l'esecuzione su di esso, con ESITO POSITIVO, dei test meccanici ed elettrici descritti ai Paragrafi 1 e 2, documentano ai sensi della normativa vigente l'esito delle "prove di funzionalità", eseguite sui moduli oggetto di verifica, e ne certificano il loro stato di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE) funzionanti per la loro destinazione d'uso.

³ Nella quasi totalità dei casi, il numero di serie originario del costruttore del modulo è posto in modo inamovibile sotto il vetro anteriore del modulo, all'interno del laminato.

4. SICUREZZA ELETTRICA

I moduli fotovoltaici standard, realizzati con celle in silicio cristallino, oggetto della presente procedura di test, sono generalmente apparecchiature isolate da terra. Il flusso della corrente da essi erogata è possibile solo con la chiusura del circuito elettrico tra i loro due terminali di uscita, positivo e negativo.

I moduli fotovoltaici, oggetto di questa procedura di test, sono destinati **esclusivamente** per sistemi isolati a batteria.

Si escludono quindi applicazioni con circolazioni di correnti da un polo del modulo verso terra. Secondo le norme IEC 60479-1, la soglia di tensione pericolosa per la folgorazione in corrente continua è di 120 V. I moduli standard storicamente in commercio sono stati costruiti con al massimo 72 celle in serie: generalmente, essi non erogano tensioni elettriche superiori ai 45 V in corrente continua e, secondo le norme IEC 61215 applicabili, possiedono una resistenza, dal polo positivo alla cornice, non inferiore ai $40 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$ (per un modulo a 60 celle essa si attesta attorno a circa $80 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$).

Pertanto, la corrente di fuga dall'interno del laminato del modulo verso la cornice, anche in caso di guasto, è trascurabile ai fini della sicurezza da folgorazione.

Inoltre, considerato che il modulo fotovoltaico è un generatore di corrente, il quale, in presenza di radiazione solare incidente, eroga corrente elettrica che scorre nel circuito che presenta la minore resistenza elettrica (le celle fotovoltaiche possiedono una resistenza di serie bassissima) e, quindi, quello costituito dalle celle del modulo e le apparecchiature a esso collegate, ai fini della verifica della funzionalità del modulo come AEE, per la destinazione d'uso prevista, non sono necessari eventuali ulteriori test sulla sicurezza elettrica.

Sandrigò, Li 15/01/2026

Eso Recycling Srl
ESD RECYCLING SRL
Sandrigò, Li
Amm. Delegato - Peron Giovanni