

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901853735A1

Publication Date

20120102

Applicant

VERGURA SILVANO

Title

DISPOSITIVO PER IL CONTROLLO AUTOMATICO DELL'INVECCHIAMENTO  
DI MODULO FOTOVOLTAICO E DEL SUO TREND DI INVECCHIAMENTO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale:

Dispositivo per il controllo automatico dell'invecchiamento di modulo fotovoltaico e del suo trend di invecchiamento

5

a nome di VERGURA Silvano  
residente in Rutigliano (BA), CAP 70018, Via Aldo Moro n. 100/G  
di nazionalità Italiana

10

\*\*\*\*\*

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo per il controllo automatico del grado di invecchiamento di un modulo fotovoltaico e del suo trend di invecchiamento, utilizzando un software implementato al suo interno, ed avente la possibilità di memorizzare o inviare i dati.

Dallo stato dell'arte tecnica è noto che le prestazioni di un modulo fotovoltaico degradano nel tempo. Infatti molto spesso i produttori garantiscono le prestazioni minime col passar del tempo. Ad esempio, per il mercato italiano regolato da incentivi economici i produttori devono garantire che la potenza nominale, dopo 10 anni, sia almeno pari al 90% di quella di targa e, dopo 25 anni, almeno pari all'80%. In caso di invecchiamento precoce, il modulo produce meno energia di quella preventivata e ciò implica i seguenti danni economici: a) nel caso in cui l'energia prodotta è venduta, ne risulta un minor introito economico; b) nel caso in cui l'energia prodotta è utilizzata, bisogna acquistare la quota parte di mancata produzione.

Dallo stato dell'arte tecnica sono noti i sistemi o dispositivi idonei per il monitoraggio delle prestazioni degli impianti fotovoltaici o di parte di essi (ad esempio le stringhe). Alcune volte tali sistemi prevedono un sistema di acquisizione delle principali grandezze elettriche (tensione, corrente, potenza) ed ambientali (temperatura del modulo, temperatura dell'ambiente,

irraggiamento, ecc.). Tali grandezze sono inviate ad un PC remoto su cui opera una persona esperta, che elabora i dati ricevuti e successivamente può fare un'analisi dettagliata dei dati con stesura di report. In questi casi, è rarissimo che i dati a disposizione riguardino il singolo modulo, più frequentemente riguardano almeno una stringa di moduli (si implementa cioè il cosiddetto controllo-stringa). Gli operatori, dopo aver analizzato le serie storiche dei dati precedentemente acquisiti (eventualmente ma non necessariamente anche con l'ausilio di software di elaborazione di dati), sono in grado di valutare se la parte di impianto sotto esame (ad esempio ogni singola stringa, quasi mai ogni singolo modulo) ha le prestazioni attese oppure no. In caso di esito negativo non sempre la causa (guasto di impianto, cattivo funzionamento di sensori, ecc.) può essere individuata dall'analisi degli stessi dati, ma è necessario un maggiore approfondimento con altri strumenti o dispositivi, molto spesso con un sopralluogo di personale addestrato. Alcune fasi dell'intero monitoraggio possono essere automatizzate, prevedendo quindi solo un parziale intervento da parte dell'uomo; in questi casi l'intero sistema può essere considerato semi-automatico. Quando i guasti sono talmente gravosi da provocare un fermo dell'impianto monitorato o una drastica riduzione della performance attesa (derivante quindi da malfunzionamento di grosse entità), il sistema di monitoraggio può essere in grado di inviare segnali di allerta in modo completamente automatico per evidenziare il guasto.

Questi sistemi presentano alcuni svantaggi. Essi consentono, in modo automatico, soltanto l'acquisizione delle serie storiche delle grandezze da monitorare; per l'analisi, l'interpretazione dei risultati finali e la redazione di report (che è la parte a maggior valore aggiunto dell'intero monitoraggio), è indispensabile la competenza e l'attività di un operatore, opportunamente addestrato. Questi sistemi o dispositivi di monitoraggio, quindi, non sono completamente automatici, se non in caso di fuori servizio di parte di impianto o grave malfunzionamento; essi inoltre richiedono l'intervento determinante di un operatore che definisca, in base ai dati

direttamente acquisiti o ai risultati derivanti da elaborazione, se la parte dell'impianto in esame ha le prestazioni attese oppure se è presente qualche malfunzionamento e qual è la sua entità. Soprattutto, tali sistemi o dispositivi di monitoraggio non sono in grado di valutare piccole anomalie di funzionamento che, se non tempestivamente individuate ed eliminate, causeranno 5 malfunzionamenti più gravosi nel tempo. Ciò è dovuto essenzialmente al fatto che la fonte di energia di impianti fotovoltaici è la radiazione solare, il cui valore durante l'arco della giornata, ma anche dei minuti, non è prevedibile né costante. Di conseguenza, le valutazioni ottenibili dai sistemi di monitoraggio devono necessariamente essere basate su una serie storica abbastanza ampia per tener conto delle diverse condizioni di funzionamento ed accettare, 10 quindi, dei margini di tolleranza piuttosto ampi sulle prestazioni attese. Inoltre, tali sistemi non restituiscono direttamente informazioni specifiche e univoche sul grado di invecchiamento di un modulo. Anche quando un'anomalia di funzionamento è rilevata (di solito riguarda una stringa, mai un singolo modulo), la sua gravosità non è legata direttamente al grado di invecchiamento del modulo e quindi non è possibile valutare se l'obsolescenza reale è uguale o 15 maggiore o minore rispetto a quella attesa. Quest'ultimo aspetto è molto importante perché il controllo del grado di invecchiamento di ciascun modulo consente di monitorare la sua qualità nel tempo e quindi la resa economica dell'intero investimento.

Per ovviare a tali inconvenienti ed ottenere altri ed ulteriori vantaggi, si propone il presente trovato, espresso e caratterizzato nella rivendicazione principale.

20 Un primo scopo della presente invenzione è controllare il grado di invecchiamento di un modulo fotovoltaico in maniera semplice, efficace e affidabile. Un altro scopo dell'invenzione è determinare il trend di invecchiamento del modulo. Un ulteriore scopo dell'invenzione è ottenere un vantaggio economico, derivante dal fatto di controllare costantemente che l'invecchiamento nel tempo del modulo sia in linea con la normale e prevedibile obsolescenza 25 del modulo stesso e quindi di intervenire tempestivamente nel caso in cui si manifesti un

invecchiamento precoce con conseguente riduzione di produzione dell'energia elettrica. Un altro scopo dell'invenzione è ottenere queste informazioni in maniera totalmente automatica. Un ulteriore scopo della presente invenzione è la possibilità di inviare automaticamente tali informazioni, secondo regole specifiche ma modificabili.

Questi e altri scopi vengono raggiunti in accordo alla presente invenzione mediante un dispositivo (integrato sul modulo fotovoltaico durante la sua costruzione o aggiunto successivamente) comprendente un supporto di memoria in cui sono o vengono memorizzati i dati del modulo o i risultati di elaborazione, un sistema di acquisizione dei dati ambientali, un sistema per determinare la caratteristica I-V nelle reali condizioni ambientali, un sistema hardware e software per l'elaborazione di detti dati e un sistema per la trasmissione dei risultati di elaborazione. Utilizzando detto trovato è possibile determinare il grado di invecchiamento (espresso in anni o mesi o altro) del modulo fotovoltaico e il relativo trend, indipendentemente dal fatto che il modulo sia in esercizio o meno oppure che sia collegato o meno con altri moduli. Utilizzando tale dispositivo è possibile determinare di quanto l'obsolescenza reale del modulo si discosta da quella attesa, riuscendo quindi ad evidenziare l'invecchiamento precoce o la presenza di guasti e soprattutto a quantificarne gli effetti da un punto di vista della produzione di energia elettrica e quindi di introito economico (questi ultimi 2 aspetti presuppongono che sulla memoria del dispositivo siano state memorizzate le relative tabelle annuali). Inoltre, il trovato ha una struttura semplice ed affidabile dal punto di vista hardware ed efficace dal punto di vista software. Ulteriormente, in un aspetto vantaggioso della presente invenzione, è possibile inviare automaticamente informazioni sul grado e sul trend di invecchiamento del modulo, quando una prefissata soglia è superata, al fine di intervenire tempestivamente per un più efficiente funzionamento dell'impianto. Ulteriori aspetti vantaggiosi della presente invenzione sono esposti nelle rivendicazioni dipendenti. Ovviamente

il dispositivo verifica già in fase di collaudo che tutti i moduli soddisfino i dati di targa, ma quest'ultima funzione è già commercialmente disponibile e non è oggetto del presente trovato.

Le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di una sua forma di realizzazione pratica, illustrata a titolo di esempio

5 non limitativo negli uniti disegni, nei quali:

la figura (a) rappresenta un insieme di alcuni moduli fotovoltaici (visti dal lato posteriore) connessi tra loro tramite le rispettive junction box secondo l'arte nota.

La figura (b) rappresenta un insieme di moduli fotovoltaici (visti dal lato posteriore), in caso di integrazione del dispositivo della presente invenzione già durante la fase di costruzione del

10 modulo fotovoltaico.

La figura (c) rappresenta una prima forma di realizzazione del dispositivo della presente invenzione, visto frontalmente dall'alto, adatto per essere integrato sul modulo fotovoltaico durante la sua costruzione, come in figura b), o per essere aggiunto ad un modulo già costruito.

La figura (d) rappresenta la flow-chart del software implementato nella presente invenzione.

15

La figura (a) riporta tre moduli fotovoltaici (10) visti dal loro lato posteriore, secondo l'arte nota. Ciascun modulo fotovoltaico è dotato di una junction box (20) che consente di collegarlo ad altri moduli fotovoltaici mediante cavi elettrici (30). La potenza totale erogata dall'insieme dei moduli fotovoltaici, dopo che i moduli sono stati collegati in serie tramite le junction box, è

20 pari alla somma delle potenze fornite dai moduli stessi. Alcune volte le junction box hanno al loro interno soltanto i morsetti per la connessione elettrica dei moduli, altre volte possono avere anche altri componenti, come è ben noto al tecnico del ramo; ad esempio, può accadere che all'interno della junction box sia presente uno o più diodi utili a cortocircuitare l'intero modulo o parte di esso, nel caso in cui non sia erogata potenza nonostante le favorevoli condizioni ambientali.

La figura (b) riporta tre moduli fotovoltaici (10), in cui al posto della nota junction box è integrato, già durante la fase di costruzione del modulo, il dispositivo della presente invenzione (40). Ciascun dispositivo (40), oltre ad espletare le stesse funzioni della nota junction box, comprende dei componenti adatti per: a) controllare in remoto, in modo totalmente automatico, 5 il grado di invecchiamento del singolo modulo e il suo trend di invecchiamento tramite il calcolo di alcuni indicatori o parametri; b) stimare un grado di invecchiamento presunto ad una data futura; c) trasferire le informazioni in modo totalmente automatico. Per eseguire tale controllo è necessario acquisire almeno i valori della temperatura del modulo e dell'irraggiamento sul modulo. E' preferibile installare sensori di temperatura di modulo e di 10 irraggiamento su ogni singolo modulo benché il trovato funzioni anche con sensori generali di stringa o di parte di impianto o dell'intero impianto. L'utilizzo di sensori locali per ciascun modulo consente di avere misure più precise e attendibili. I sensori di temperatura del modulo (50), così come i sensori di irraggiamento (60), sono collegati ai rispettivi dispositivi (40) tramite cavi, ma possono anche essere collegati senza cavi (ad esempio con collegamento RF o 15 altro).

Una prima forma di realizzazione del dispositivo della presente invenzione è mostrata in figura (c), facendo riferimento, per la numerazione, al dispositivo (40) di figura (b). Alle aperture o connettori (70) e (80) si collegano il sensore di temperatura del modulo e il sensore di irraggiamento sul modulo. Accanto alle aperture o connettori (70) e (80) può esserci anche uno 20 o più connettori o aperture (90) per la connessione di altri sensori per ulteriori controlli (ad es., poiché temperatura dell'aria, temperatura del modulo e irraggiamento sono dipendenti tra loro, con l'aggiunta di un sensore di temperatura dell'aria è possibile verificare che i sensori funzionino correttamente o controllare il NOCT - Nominal Operating Cell Temperature). Se i sensori sono connessi senza cavi, una o più delle aperture o connettori (70)-(80)-(90) possono 25 mancare. Nel caso in cui il presente dispositivo sia aggiunto ad un modulo già costruito e

quindi con junction box già installata sul modulo, i 2 cavi della pre-esistente junction box possono essere connessi direttamente ai connettori o aperture (100) e (110); viceversa, nel caso in cui il presente dispositivo sia installato su un modulo durante la fase di costruzione, tali connettori o aperture possono mancare. La fessura (120) consente l'inserimento di una smart card, le cui funzioni sono descritte nel seguito. È anche possibile che la smart card sia interna al dispositivo, quindi non facilmente accessibile, e che la fessura (120) sia quindi mancante. La fessura (130) rappresenta una possibile porta di accesso al dispositivo per il trasferimento dei dati: ad esempio una porta USB o una porta COM o Wi-Fi o Bluetooth o altro.

Il dispositivo, in una sua forma di realizzazione, comprende i seguenti elementi:

- 10      • un supporto di memoria, nel seguito chiamato anche “smart card”, su cui sono memorizzati i dati del modulo: codice identificativo, marca e modello del modulo, sede e stabilimento di produzione, data di produzione del modulo, data di installazione del dispositivo di controllo della presente invenzione, eventuale flash report, specifiche tecniche, ecc. In caso di installazione del dispositivo in fase di costruzione del modulo, tali dati sono memorizzati sulla smart card direttamente dal produttore del modulo; in caso di aggiunta del dispositivo su un modulo già costruito, questi dati possono essere memorizzati al primo avvio, prelevandoli dalla documentazione del modulo stesso o richiedendoli al produttore del modulo. In entrambi i casi è necessario che ci sia un codice identificativo unico per ciascun modulo, in modo da localizzarlo immediatamente all'interno dell'impianto. Inoltre, in entrambi i casi è possibile memorizzare sulla smart card (dopo aver definito le condizioni di installazione e la tipologia di posa in opera) la tabella di producibilità annuale di energia elettrica, la tabella di presunto introito economico annuale o altre direttamente legate al grado di invecchiamento del modulo. Tutti questi dati non devono essere facilmente modificabili (anche solo per mero errore); quindi il primo accesso, così come i

successivi accessi per eventuali modifiche dei dati, deve avvenire tramite codice PIN o altro sistema di autenticazione. Ogni accesso tramite codice PIN è a sua volta registrato sulla smart card per tenere memoria di tutti gli accessi.

- Un sistema di acquisizione almeno dei seguenti dati: temperatura del modulo e irraggiamento sul modulo.
- Un sistema per determinare la curva I-V del modulo.
- Una o più unità per l'elaborazione dei dati, integrate nella smart card o distinte da essa.
- Uno o più supporti per memorizzare i risultati di elaborazione o altri dati riferibili al modulo, integrati nella smart card o distinti da essa. Come esempio non esaustivo, su una o più di queste memorie possono essere trasferiti i dati di elaborazione quando la memoria della smart card raggiunge una prefissata soglia di riempimento. Un'ulteriore possibilità è dedicare una memoria per ogni gruppo di dati assimilabili: dati del modulo su una memoria, dati di elaborazione su un'altra e così via.
- Un sistema di trasmissione dei risultati di elaborazione attraverso bluetooth/GSM/rete LAN o altro ad un PC utente o smartphone o telefonino o altro dispositivo di ricezione.
- Una porta di comunicazione per il trasferimento dei dati, ad esempio una porta USB o una porta COM o Wi-Fi o Bluetooth o altro.
- Un sistema di alimentazione dell'intero dispositivo, ad esempio basato su una batteria ricaricabile alimentata dallo stesso modulo; l'alimentazione del dispositivo tramite batteria ricaricabile e non direttamente dal modulo consente al dispositivo di poter inviare informazioni anche quando il modulo non produce energia (ad esempio ma non esclusivamente per mancanza di sufficiente irraggiamento o per guasto del modulo).

La flow-chart di figura (d) descrive il software implementato nel dispositivo della presente invenzione in accordo ad una prima forma di realizzazione con due soli sensori: quello di temperature del modulo e quello di irraggiamento su di esso. Inoltre, si suppone che i dati del

modulo siano già memorizzati sulla smart card o su un'altra memoria del dispositivo, secondo quanto precedentemente specificato.

Il dispositivo esegue le seguenti 6 macro funzioni.

1. Caricamento dei dati da smart card o memoria (201) e acquisizione dati ambientali  
5 (202); determinazione della caratteristica I-V nelle reali condizioni ambientali (202).
2. Controllo del grado di invecchiamento del modulo: blocchi (203)-(204), analizzati in dettaglio nel seguito.
3. Controllo del trend di invecchiamento del modulo e stima di grado di invecchiamento presunto ad una data futura: blocchi (205)-(208), analizzati in dettaglio nel seguito.
4. Verifica della condizione che abilitano la memorizzazione dei risultati di elaborazione oppure, in caso negativo, che aggiorna la variabile di iterazione: blocchi (209)-(210), analizzati in dettaglio nel seguito.
5. Calcolo della media di tutti gli indicatori e parametri di controllo, valutati nei precedenti punti 2 e 3 (211).
- 15 6. Invio del dataset (212), analizzato in dettaglio nel seguito.

Prima di analizzare in dettaglio i precedenti punti, è opportuno osservare che una variazione di temperatura o irraggiamento influenza diversamente i punti della caratteristica I-V. Alcuni punti hanno, rispetto ad irraggiamento e temperatura del modulo, una dipendenza lineare, altri esponenziale, altri logaritmica. Inoltre il Fill Factor, ad esempio, dipende da quattro parametri (tensione a circuito aperto Voc, corrente di corto circuito Isc, tensione e corrente nel punto di massima potenza, Vmpp e Impf), ciascuno dei quali ha una variazione percentuale diversa a parità di variazione di temperatura o irraggiamento e ciascuno dei quali è caratterizzato da un diverso trend temporale dei coefficienti di temperatura e irraggiamento. Al fine di rendere confrontabili le prestazioni di moduli diversi, è necessario quindi testarli nelle stesse condizioni ambientali. A tal fine sono state definite, a livello internazionale, le Standard Test Conditions

(STC), come segue: irraggiamento pari a  $1000\text{W/m}^2$ , temperatura del modulo pari a  $25^\circ\text{C}$ , spettro pari a 1,5 e vento pari a zero m/s. Tutte le specifiche tecniche di un modulo fotovoltaico (garantite dal produttore) fanno riferimento alle STC (eccezion fatta per il NOCT che è definito per irraggiamento pari a  $800\text{ W/m}^2$ , temperatura ambiente pari a  $20^\circ\text{C}$  e vento pari a 1 m/s). Di conseguenza tutti i controlli dei precedenti punti 2 e 3 sono valutati rispetto alle condizioni STC.

Per quanto riguarda il punto 2, il controllo consiste nel confrontare la caratteristica I-V determinata nelle reali condizioni ambientali (202) e la caratteristica I-V nelle stesse condizioni ambientali, calcolata a partire dalla caratteristica I-V in STC (203). In funzione delle specifiche tecniche del detto modulo, il confronto tra le due curve consente di valutare il grado di invecchiamento del modulo, esprimibile in numero di mesi o di anni od altro (204). Ovviamente il dispositivo restituisce un grado di invecchiamento relativo alle specifiche condizioni ambientali. Per tener conto della variabilità delle condizioni ambientali, è opportuno considerare un valor medio di tutte le elaborazioni in funzione di diversi set di dati ambientali, secondo quanto specificato nel seguito. Confrontando il grado di invecchiamento medio con il numero reale di mesi o di anni del modulo (rilevabile dalla data di produzione del modulo stesso memorizzato sulla smart card), è possibile valutare se l'obsolescenza reale del modulo (e quindi la qualità del modulo) coincide o è peggiore o è migliore di quella prevista.

Per quanto riguarda il punto 3, il controllo consiste nel determinare i coefficienti di temperatura e di irraggiamento dei punti critici (tensione a circuito aperto  $\text{Voc}$ , corrente di corto circuito  $\text{Isc}$ , punto di massima potenza MPP) per ottenere la caratteristica I-V in STC, a partire dalla caratteristica I-V nelle reali condizioni ambientali (205). E' possibile quindi determinare gli scostamenti dei coefficienti di temperatura e di irraggiamento per i punti critici, rispetto ai valori riportati nelle specifiche tecniche (206). Tali scostamenti sono adatti a: 1) valutare la rapidità di variazione nel tempo di detti parametri; 2) rilevare anomalie di funzionamento,

perdite di potenza, guasti; 3) calcolare il trend di invecchiamento del modulo; 4) prevedere il plausibile grado di invecchiamento del modulo ad una data futura, ipotizzando costanti i trend di invecchiamento precedentemente calcolati (207). Durante questo controllo si calcola anche il Fill Factor, FF, partendo dalle reali condizioni ambientali e utilizzando i coefficienti di temperatura ed irraggiamento in STC. Quindi si determina lo scostamento del FF rispetto al dato di targa (208). Ovviamente anche per tutti questi parametri vale il principio di considerare un valor medio di diverse elaborazioni.

Per quanto riguarda il punto 4, è possibile implementare la condizione (209), che deve essere soddisfatta prima di calcolare, per ciascun indicatore o parametro precedentemente definito, la media di tutte le elaborazioni. Esempi non esaustivi di possibili controlli sono i seguenti: a) si eseguono diverse elaborazioni durante l'intera giornata con prefissato tempo di campionamento (anche se l'impianto o la stringa non produce); b) si eseguono le elaborazioni soltanto se l'irraggiamento supera una soglia oppure è compreso in un predefinito intervallo di valori; c) si eseguono elaborazioni soltanto se la temperatura del modulo supera una soglia oppure è compresa in un predefinito intervallo di valori; d) si eseguono elaborazioni soltanto se la corrente di stringa supera una soglia o è compresa in un intervallo di valori; e) una qualunque combinazione delle precedenti. Fino a quando il vincolo non è soddisfatto, si aggiorna la variabile di iterazione (210) e si esegue un nuovo ciclo; quando il vincolo è soddisfatto, il blocco (211) calcola, per ciascun indicatore o parametro, la media di tutte le elaborazioni e le memorizza sulla smart card o su un'altra memoria.

Per quanto riguarda il punto 6, un dataset è inviato su PC, smartphone od altro dispositivo di ricezione (212). Il dataset può contenere le seguenti informazioni: a) codice identificativo del modulo; b) anno di produzione del modulo; c) grado di invecchiamento reale espresso in anni o altro; d) scostamento del grado di invecchiamento reale rispetto agli anni del modulo rilevabili dalla data di produzione; e) codice OK/NO, a seconda che lo scostamento del grado di

invecchiamento sia negativo o nullo (il modulo mostra meno o al più gli stessi anni che realmente ha) o positivo (il modulo mostra più anni di quelli che realmente ha); f) coefficienti di temperatura e di irraggiamento per i punti critici e relativi trend; g) trend di invecchiamento del modulo; h) grado di invecchiamento presunto ad una specificata data futura; i) Fill Factor e  
5 suo scostamento; j) producibilità di energia elettrica e introito economico, relativi al grado di invecchiamento reale (nel caso in cui siano state memorizzate le relative tabelle annuali).

Le condizioni per l'invio del dataset sono definibili all'atto dell'installazione e modificabili successivamente. Nella figura (d) è riportato il caso in cui l'invio del dataset avviene automaticamente dopo la memorizzazione dei dati. Modificando il software, possono essere  
10 implementate altre condizioni di invio, alcune delle quali, non esaustive, sono le seguenti: a) invio del dataset ogni qualvolta il grado di invecchiamento supera una soglia prefissata; b) invio del dataset ad un ora o giorno predefinito, indipendentemente dall'invecchiamento calcolato; c) invio del dataset a seguito di richiesta da remoto; d) invio del dataset quando un'altra condizione definibile è soddisfatta (ad es. se si supera una fissata soglia di temperatura,  
15 di irraggiamento, di corrente di stringa, ecc.); e) una qualunque combinazione delle precedenti.

## RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo per il controllo automatico dell'invecchiamento di modulo fotovoltaico, del suo trend di invecchiamento, integrato durante la costruzione o aggiunto successivamente, e in particolare comprendente le seguenti parti essenziali:
  - a. un sistema per determinare la caratteristica I-V del modulo fotovoltaico
  - b. un sistema di acquisizione di dati ambientali
  - c. una o più memorie
  - d. una smart card comprendente una memoria contenente i dati del modulo o altri, pre-caricati o derivanti da successive elaborazioni o modifiche o aggiunte o eliminazioni, un sistema di protezione e sicurezza dei dati, e un'unità per l'elaborazione dei dati.
  - e. un sistema di trasmissione dei dati
  - f. una porta di comunicazione
  - g. un sistema di alimentazione elettrica del dispositivo.
2. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema per determinare la caratteristica I-V del modulo fotovoltaico consente di individuare tutti i punti di funzionamento del modulo nelle reali condizioni ambientali.
3. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di acquisizione dei dati ambientali è collegato almeno ad un sensore di temperatura (50) e almeno ad un sensore di irraggiamento (60).
4. Dispositivo come alla rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detto sensore di temperatura (50) misura la temperatura del modulo fotovoltaico.

5. Dispositivo come alla rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detto sensore di irraggiamento (60) misura l'irraggiamento sul piano del modulo.

6. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che dette una o più memorie possono contenere dei dati, pre-caricati o derivanti da elaborazioni o modifiche o aggiunte o eliminazioni.

7. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di protezione e sicurezza dei dati consente soltanto a persone autorizzate, tramite codice PIN o altro sistema di autenticazione, di modificare o aggiungere o eliminare i dati.

8. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta unità per l'elaborazione dei dati, tramite un software, è adatto a determinare il grado di invecchiamento del modulo.

9. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta unità per l'elaborazione dei dati, tramite un software, è adatto a determinare il trend di invecchiamento del modulo.

10. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta unità per l'elaborazione dei dati, tramite un software, è adatto per l'invio automatico dei dati del modulo.

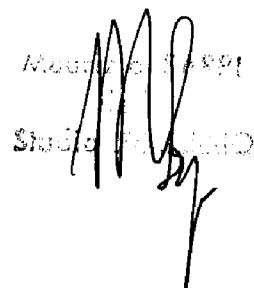
11. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di trasmissione dei dati può essere di tipo bluetooth o GSM o rete LAN o altro sistema, adatto per

trasferire dati con un PC o smart phone o telefonino o altro dispositivo di comunicazione.

12. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta porta di comunicazione (130), di tipo USB o COM o Wi-Fi o Bluetooth o altro, può essere utilizzata per il trasferimento dei dati del modulo fotovoltaico o per modificare o aggiungere o eliminare funzionalità del dispositivo, localmente o da remoto.

13. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di alimentazione elettrica del dispositivo può comprendere una o più batterie ricaricabili alimentate dallo stesso modulo e sufficienti per tutte le funzionalità del dispositivo, in particolare anche per inviare dati quando il modulo non produce energia.

14. Dispositivo come alla rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'invecchiamento e il trend di invecchiamento calcolati possono essere ricondotti alla necessità di pulire il modulo.



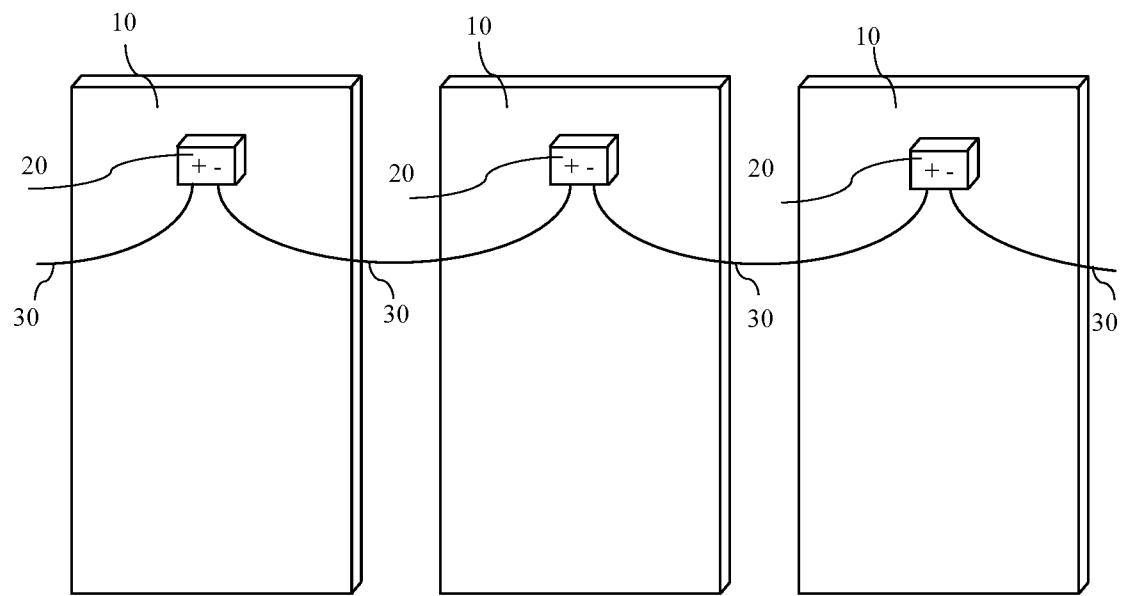
Massimo Sestini  
Studio Sestini

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Massimo Sestini" above "Studio Sestini". The signature is fluid and cursive, with some loops and variations in letter form.

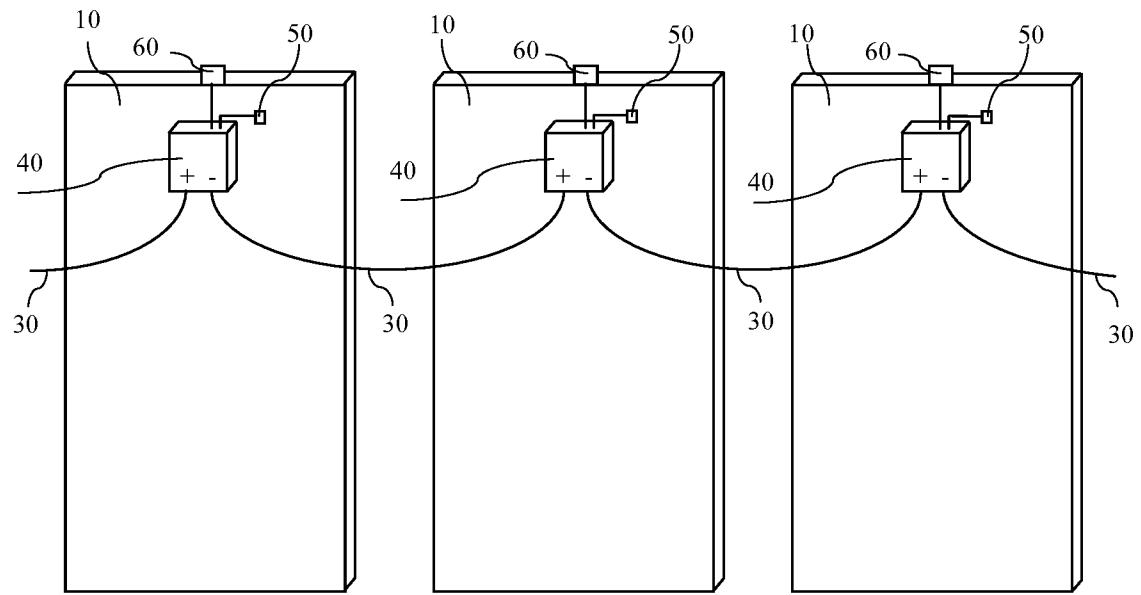
## CLAIMS

1. A device for the automatic control of the aging of photovoltaic module and its aging trend, embedded during its production or joined successively and particularly comprising the following main parts:
  - a. a system for determining the I-V characteristic of photovoltaic module
  - b. an acquisition system of environmental data
  - c. one or more memories
  - d. a smart card
  - e. a data transmission system
  - f. a communication port
  - g. an electrical feeding system of the device
2. A device according to claim 1, wherein said system for determining the I-V characteristic of photovoltaic module allows to detect all the operating points of the module in the real environmental conditions.
3. A device according to claim 1, wherein said acquisition system of the environmental data is linked at least to a temperature sensor (50) and at least to a solar radiation sensor (60).
4. A device according to claim 3, wherein said temperature sensor (50) measures the temperature of the photovoltaic module.
5. A device according to claim 3, wherein said solar radiation sensor (60) measures the radiation on the plane of the photovoltaic module.
6. A device according to claim 1, wherein said one or more memories can contain data, preloaded or deriving from processing or modifications or additions or eliminations.

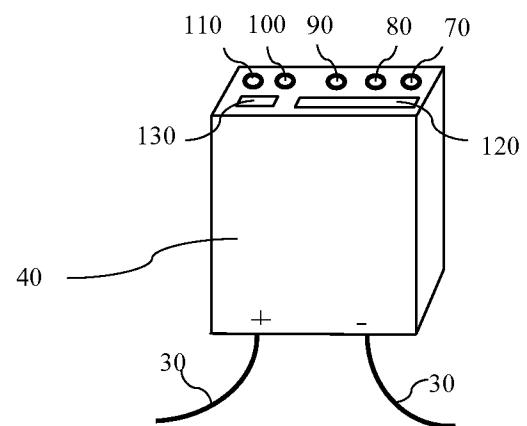
7. A device according to claim 1, wherein said smart card can comprise a memory, a data safety and protection system, and a data processor.
8. A device according to claim 7, wherein said memory can contain the module data or others, preloaded or deriving from processing or modifications or additions or eliminations.
9. A device according to claim 7, wherein said data safety and protection system allows only authorized people, by means of PIN code or other authentication system, to modify or to add or to delete the data.
10. A device according to claim 7, wherein said data processor, using a software, is suitable for determining the degree of aging of the module.
11. A device according to claim 7, wherein said data processor, using a software, is suitable for determining the aging trend of the module.
12. A device according to claim 7, wherein said data processor, using a software, is suitable for sending automatically the module data.
13. A device according to claim 1, wherein said data transmission system can be Bluetooth or GSM or LAN network or other system, suitable for transferring data with a PC or smart phone or cellular phone or other communication device.
14. A device according to claim 1, wherein said communication port (130), USB or COM or Wi-Fi or Bluetooth or other, can be utilized for transferring the data of the photovoltaic module or for modifying or for adding or for deleting the device functions, locally or remotely.
15. A device according to claim 1, wherein said electrical feeding system of the device can comprise one or more rechargeable batteries powered by the same module and adequate for all the functionalities of the device, particularly for sending data too when the module does not produce energy.



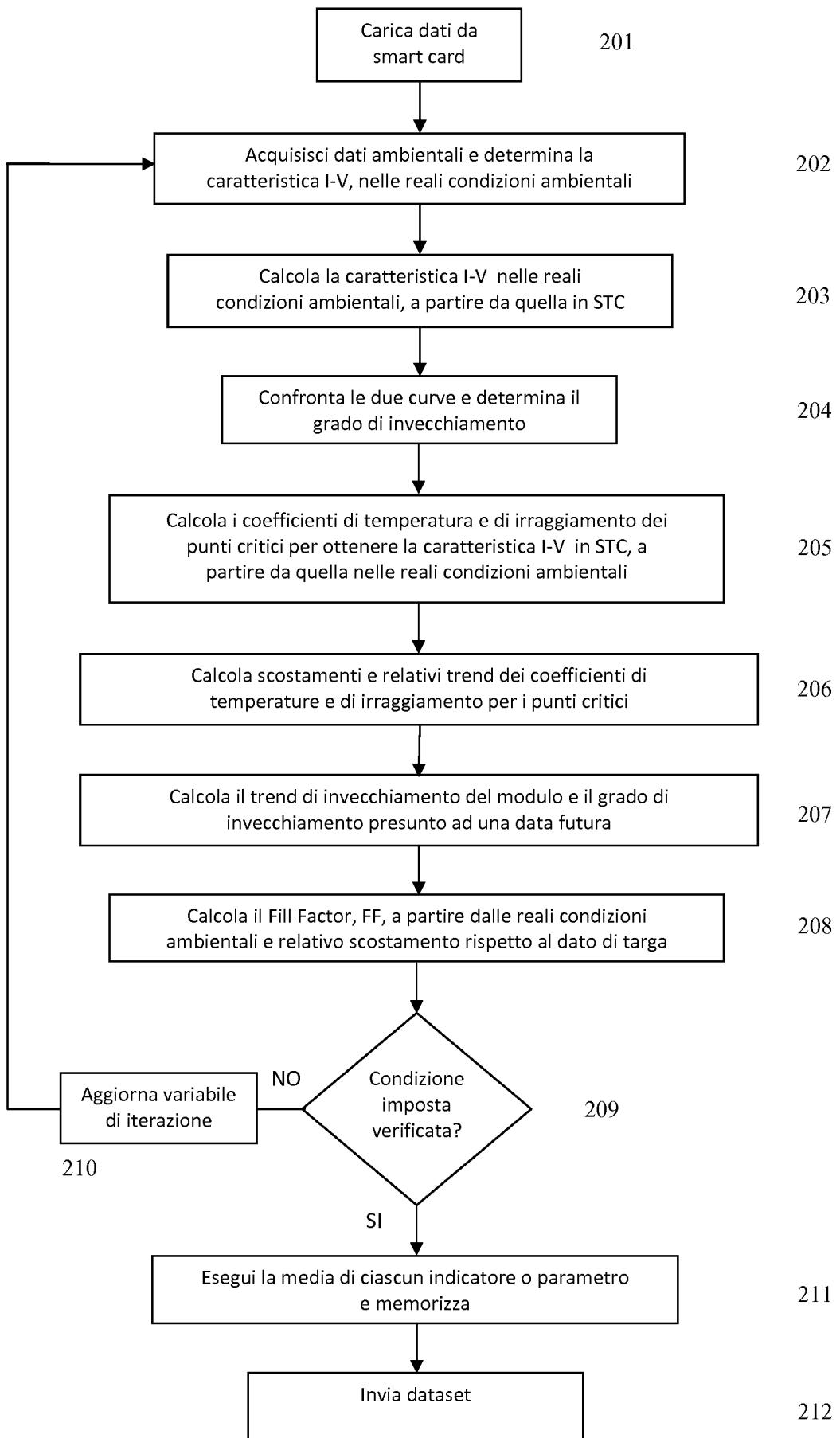
(a)



(b)



(c)



(d)