

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901937585A1

Publication Date

20121019

Applicant

GIANNETTI EMANUELE

Title

SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO PER PANNELLI FOTOVOLTAICI

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Sistema di raffreddamento per pannelli fotovoltaici"

Di: Emanuele GIANNETTI, nazionalità italiana, Strada Comunale della Creusa 24, 10133 Torino (TO)

Inventore designato: Emanuele GIANNETTI

Depositata il: 19 aprile 2011

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce a un sistema di raffreddamento per pannelli fotovoltaici.

Sono noti sistemi di pulizia per pannelli fotovoltaici che permettono di eseguire in modo automatico la pulizia della superficie di tali pannelli esposta alla luce solare. Un esempio di sistema di pulizia per pannelli fotovoltaici è fornito da W02011/004411. Secondo tale documento noto, il sistema di pulizia comprende un tubo che è disposto al disopra del pannello, a una certa distanza da questo, e che si estende lungo una prima direzione parallela a uno dei lati del pannello. Il tubo è montato scorrevole lungo una seconda direzione diretta perpendicolarmente alla prima e parallelamente alla superficie del pannello, ed è comandato in traslazione lungo questa seconda direzione in modo

da spostarsi alternatamente da un'estremità all'altra del pannello. Il tubo presenta una pluralità di ugelli collegati ciascuno sia a una sorgente di acqua sia a una sorgente di aria in pressione. Il funzionamento del sistema di pulizia è gestito in automatico da un'unità di controllo elettronica programmabile in maniera tale per cui il tubo con gli ugelli è collegato alternativamente alla sorgente di acqua durante una corsa di andata del tubo e alla sorgente di aria in pressione durante la successiva corsa di ritorno del tubo. Nel caso di pannello avente una disposizione inclinata, il sistema di pulizia è comandato in modo da erogare, attraverso gli ugelli del tubo, acqua durante la corsa del tubo dall'estremità inferiore all'estremità superiore del pannello e aria in pressione durante la corsa del tubo dall'estremità superiore all'estremità inferiore del pannello.

Il documento anteriore sopra citato non menziona né in ogni caso suggerisce la possibilità di utilizzo del sistema di pulizia ai fini del raffreddamento del pannello.

L'innalzamento della temperatura di esercizio del silicio contenuto in un pannello fotovoltaico come conseguenza dell'irraggiamento solare rappre-

senta un problema sia per il corretto funzionamento sia per l'integrità del pannello, in quanto comporta da un lato il decadimento delle prestazioni del pannello, e cioè la riduzione dell'effettiva potenza erogabile dal pannello, e dall'altro il degrado fisico del silicio contenuto nel pannello. Vi è dunque l'esigenza di garantire che il pannello lavori sempre al disotto di una data temperatura massima di esercizio, al fine di mantenerne elevate le prestazioni e assicurare l'integrità fisica del pannello il più a lungo possibile.

Scopo della presente invenzione è dunque fornire un sistema di raffreddamento per pannelli fotovoltaici che permetta di mantenere sotto controllo la temperatura di esercizio del pannello, evitando che questa superi un dato valore massimo prestabilito.

Questo e altri scopi sono pienamente raggiunti secondo la presente invenzione grazie a un sistema di raffreddamento per pannelli fotovoltaici avente le caratteristiche definite nell'annessa rivendicazione indipendente 1.

Forme di realizzazione preferite del sistema di raffreddamento secondo l'invenzione formano oggetto delle rivendicazioni dipendenti, il cui con-

tenuto è da ritenersi come parte integrale e integrante della descrizione che segue.

In sintesi, l'invenzione si fonda sull'idea di realizzare un sistema di raffreddamento per pannelli fotovoltaici comprendente mezzi di raffreddamento ad acqua atti a produrre un flusso di acqua di raffreddamento bagnante la superficie dei pannelli esposta alla luce solare, mezzi di raffreddamento ad aria atti a produrre un flusso di aria diretto contro la superficie dei pannelli esposta alla luce solare, mezzi sensori comprendenti almeno un sensore di temperatura atto a rilevare la temperatura di almeno una delle due superfici (superficie esposta alla luce solare e superficie opposta) dei pannelli e mezzi di controllo comprendenti un'unità di controllo elettronica predisposta per ricevere in ingresso informazioni relative ai valori di una serie di grandezze di controllo, fra cui la temperatura di almeno una delle due superfici del pannello fornita da detto almeno un sensore di temperatura, e per comandare automaticamente l'attivazione di detti mezzi di raffreddamento ad acqua e/o di detti mezzi di raffreddamento ad aria secondo prestabilite modalità di funzionamento.

Il sistema di raffreddamento per pannelli fo-

tovoltaici secondo l'invenzione utilizza quindi sia acqua sia aria come fluidi di raffreddamento, l'acqua e l'aria di raffreddamento essendo opportunamente fatti fluire sul pannello rispettivamente tramite i mezzi di raffreddamento ad acqua e i mezzi di raffreddamento ad aria una volta che la temperatura del pannello ha superato una temperatura massima prestabilita. Il sistema di raffreddamento è controllato dall'unità di controllo elettronica in maniera tale per cui se la differenza fra la temperatura del pannello e la temperatura dell'acqua di raffreddamento non è superiore a una data soglia, allora vengono attivati i soli mezzi di raffreddamento ad acqua quando occorre raffreddare il pannello, mentre se la differenza fra la temperatura del pannello e la temperatura dell'acqua di raffreddamento è superiore a tale soglia, allora vengono attivati in sequenza dapprima i soli mezzi di raffreddamento ad aria, in modo da produrre una prima riduzione della temperatura del pannello, e quindi della differenza fra la temperatura del pannello e la temperatura dell'acqua di raffreddamento, quindi i soli mezzi di raffreddamento ad acqua, e infine i soli mezzi di raffreddamento ad aria. In questo modo, il sistema di raffreddamento secondo

l'invenzione è in grado di svolgere un'efficace e tempestiva azione di raffreddamento del pannello, evitando al contempo di produrre danni al pannello in conseguenza dello shock termico dovuto a un'eccessiva differenza di temperatura fra il pannello e il liquido di raffreddamento di volta in volta utilizzato.

Preferibilmente, i mezzi di raffreddamento ad acqua e i mezzi di raffreddamento ad aria comprendono rispettivi dispositivi erogatori per l'erogazione dell'acqua di raffreddamento e dell'aria che sono montati in posizione fissa rispetto al pannello. Pertanto, a differenza della tecnica nota sopra discussa, in cui è previsto un dispositivo di movimentazione atto a comandare il movimento di traslazione alternato del tubo e che dunque comporta una certa complicazione costruttiva, con conseguente aumento dei costi, il sistema di raffreddamento secondo la presente invenzione non ha ugelli mobili e dunque non richiede dispositivi di movimentazione per la movimentazione degli ugelli, con la conseguenza di essere più semplice ed economico da installare.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno dalla descrizione

dettagliata che segue, data a puro titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni allegati, in cui:

la figura 1 è uno schema di un pannello fotovoltaico con associato sistema di raffreddamento secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione;

le figure 2 e 3 sono viste prospettiche che mostrano rispettivamente una prima e una seconda modalità di realizzazione del dispositivo erogatore facente parte del gruppo di raffreddamento ad acqua del sistema di raffreddamento della figura 1;

la figura 4 è una vista prospettica che mostra una modalità di realizzazione degli ugelli di uscita facenti parte del dispositivo di raffreddamento ad aria del sistema di raffreddamento della figura 1; e

la figura 5 è uno schema di un meccanismo utilizzabile nel dispositivo di raffreddamento ad aria del sistema di raffreddamento della figura 1 per la generazione del flusso di aria di raffreddamento.

Con riferimento inizialmente alla figura 1, con 10 è indicato un pannello fotovoltaico, che è di tipo per sé noto e non verrà dunque qui descritto in dettaglio, provvisto di un sistema di raf-

freddamento secondo l'invenzione. Come mostrato nella figura 1, il pannello 10 è disposto con una certa inclinazione rispetto all'orizzontale ed è dunque possibile individuare un bordo superiore 12, un bordo inferiore 14 e una coppia di bordi laterali 16. I due bordi superiore 12 e inferiore 14 si estendono orizzontalmente parallelamente l'uno all'altro, mentre i due bordi laterali 16 si estendono in rispettivi piani verticali paralleli l'uno all'altro. La superficie del pannello 10 esposta alla luce solare è indicata nella figura 1 con 18 e sarà di qui in avanti definita per semplicità come superficie superiore. Anche se nella figura 1 è mostrato un solo pannello, il sistema di raffreddamento secondo l'invenzione è chiaramente applicabile a impianti fotovoltaici aventi un numero qualsiasi di pannelli.

Il sistema di raffreddamento secondo l'invenzione comprende fondamentalmente un gruppo di raffreddamento ad acqua predisposto per produrre un flusso di acqua di raffreddamento bagnante la superficie superiore 18 del pannello 10, un gruppo di raffreddamento ad aria predisposto per soffiare aria sulla superficie superiore 18 del pannello 10, un insieme di sensori predisposti per rilevare la

temperatura della superficie superiore 18 del pannello 10 più una serie di altre grandezze di controllo, come verrà spiegato in dettaglio più avanti, e un'unità di controllo elettronica 20 predisposta per comandare automaticamente il gruppo di raffreddamento ad acqua e il gruppo di raffreddamento ad aria secondo prestabilite modalità di funzionamento sulla base dei valori delle grandezze di controllo misurati dal suddetto insieme di sensori.

Il gruppo di raffreddamento ad acqua comprende fondamentalmente un serbatoio 22 contenente l'acqua di raffreddamento, un dispositivo erogatore 24 montato in corrispondenza del bordo superiore 12 del pannello 10 e una tubazione di mandata 26 che collega il dispositivo erogatore 24 al serbatoio 22. L'acqua contenuta nel serbatoio 22 è preferibilmente acqua di tipo piovano, in modo da evitare che sulla superficie superiore 18 del pannello 10 si depositi il calcare che è normalmente presente nell'acqua proveniente dalla rete idrica. Il serbatoio 22 sarà preferibilmente installato in un ambiente fresco e asciutto, quale ad esempio una cantina, in modo da mantenere fresca l'acqua in esso contenuta, e sarà dimensionato in modo da fornire un'adeguata riserva di acqua di raffreddamento in

periodi di scarsa piovosità. In ogni caso, il serbatoio 22 sarà preferibilmente collegato alla rete idrica in modo da garantire il funzionamento del sistema di raffreddamento anche in caso di esaurimento dell'acqua piovana contenuta nel serbatoio. A tale scopo, il gruppo di raffreddamento ad acqua comprende preferibilmente un dispositivo di filtraggio 28 disposto lungo la tubazione di mandata 26 per filtrare l'acqua alimentata dal serbatoio 22 al pannello 10 in modo da annullare o comunque limitare la quantità di calcare in essa presente. Il gruppo di raffreddamento ad acqua comprende inoltre una pompa 30, ad esempio un'elettropompa a immersione, disposta nel serbatoio 22 per pompare l'acqua di raffreddamento in esso contenuta verso il dispositivo erogatore 24 attraverso la tubazione di mandata 26. Nel caso di pompa ad alimentazione elettrica, essa può essere alimentata indifferentemente dalla rete elettrica o dallo stesso impianto fotovoltaico cui è associato il sistema di raffreddamento. La pompa 30 è collegata all'unità di controllo elettronica 20 per essere da questa controllata secondo opportune logiche di controllo descritte più avanti. La tubazione di mandata 26 è realizzata ad esempio in plastica resistente agli

agenti atmosferici e sarà preferibilmente installata in modo da correre il più possibile interrata, o comunque al riparo dalla luce solare, al fine di limitare il riscaldamento dell'acqua in essa fluente per effetto della luce solare.

Per quanto concerne il dispositivo erogatore 24, le figure 2 e 3 ne mostrano due possibili forme di realizzazione. Secondo la forma di realizzazione della figura 2, il dispositivo erogatore 24 comprende un tubo 32 fissato al pannello 10 in prossimità del bordo superiore 12 di quest'ultimo e presentante una pluralità di fori passanti 34, preferibilmente disposti allineati lungo una direzione parallela all'asse del tubo. Secondo la forma di realizzazione della figura 3, il dispositivo erogatore 24 comprende un involucro 36 fissato al pannello 10 in prossimità del bordo superiore 12 di quest'ultimo. L'involucro 36 è realizzato come corpo cavo allungato lungo una direzione che nella condizione assemblata è orientata parallelamente al bordo superiore 12 del pannello 10, e presenta una feritoia 38 estendentesi lungo tale direzione. L'involucro 36 ha preferibilmente la forma di un prisma a sezione trapezoidale presentante una coppia di facce parallele 40 e 42, rispettivamente

maggiore e minore, e una faccia inclinata 44, nella quale è prevista la feritoia 38. L'involucro 36 è montato sul pannello 10 in maniera tale per cui la faccia minore 42 è rivolta verso il pannello, mentre la faccia inclinata 44 è rivolta verso il bordo inferiore 14 del pannello ed è orientata rispetto alla superficie superiore 18 del pannello in modo che la faccia maggiore 40 sporga verso il basso rispetto alla faccia minore 42 per garantire la protezione della feritoia 38 contro foglie, polvere, neve e quant'altro possa ostruire il passaggio dell'acqua. L'involucro 36 è preferibilmente fatto di alluminio e presenta preferibilmente opportune feritoie o aperture di aerazione per consentire lo smaltimento del calore quando il gruppo di raffreddamento ad acqua non è in funzione.

L'acqua di raffreddamento inviata al dispositivo erogatore 24 dalla pompa 30 tramite la tubazione di mandata 26 fuoriesce quindi attraverso i fori passanti 34 o la feritoia 38 del dispositivo erogatore 24 e per gravità scorre a bassa velocità lungo la superficie superiore 18 del pannello 10 asportando calore dal pannello stesso. Il gruppo di raffreddamento ad acqua è progettato in modo da garantire che il flusso dell'acqua di raffreddamento

che bagna la superficie superiore 18 del pannello 10 sia il più possibile un flusso laminare, e sia quindi in grado di asportare la maggiore quantità di calore possibile dal pannello stesso.

L'acqua di raffreddamento fuoriuscita dal dispositivo erogatore 24 e fluiva lungo la superficie superiore 18 del pannello viene raccolta al fondo del pannello da una canalina 46, avente ad esempio sezione emisferica o rettangolare, fissata in corrispondenza del bordo inferiore 14 del pannello, ad esempio mediante staffe e viti (non mostrate). La canalina 46 è collegata al serbatoio 22 mediante una tubazione di ritorno 48, in modo da fare defluire nel serbatoio 22 l'acqua di raffreddamento raccolta al fondo del pannello 10. Dato che l'acqua di raffreddamento si scalda fluendo lungo la superficie superiore 18 del pannello 10, il gruppo di raffreddamento ad acqua comprende preferibilmente anche una valvola di laminazione 50 disposta lungo la tubazione di ritorno 48 per abbassare la temperatura e la pressione dell'acqua (e conseguentemente la sua velocità), nonché una serpentina 51 fissata all'estremità lato serbatoio della tubazione di ritorno 48 per ridurre ulteriormente la temperatura dell'acqua di raffreddamento di ritorno dal

pannello 10.

Con riferimento ora in particolare alle figure 4 e 5, il gruppo di raffreddamento ad aria comprende fundamentalmente un involucro 52 presentante una feritoia 54 e un dispositivo di ventilazione 56 predisposto per generare un flusso di aria in uscita dall'involucro 52 attraverso la feritoia 54. Secondo la forma di realizzazione illustrata nelle figure 1 e 4, il gruppo di raffreddamento ad aria comprende due involucri 52 disposti lungo i bordi laterali 16 del pannello con le rispettive feritoie 54 disposte parallele a tali bordi e rivolte verso l'interno del pannello 10, in modo da generare un flusso d'aria diretto verso l'interno del pannello e orientato perpendicolarmente a tali bordi. In questo caso, a ciascun involucro 52 è associato un rispettivo dispositivo di ventilazione 56. In alternativa, il gruppo di raffreddamento ad aria potrebbe comprendere un solo involucro (e quindi un solo dispositivo di ventilazione) disposto lungo il bordo superiore del pannello con la rispettiva feritoia disposta parallela a tale bordo e rivolta verso il basso, in modo da generare un flusso d'aria diretto verso il basso, cioè nel medesimo verso del flusso di acqua in uscita dal dispositivo ero-

gatore del gruppo di raffreddamento ad acqua. Indipendentemente dalla sua collocazione, ciascun involucro 52 è realizzato come corpo cavo allungato presentante una sezione trasversale avente almeno in parte una forma aerodinamica, in particolare una forma simile a quella di un tubo di Venturi, come mostrato nella figura 4, in modo da produrre un'accelerazione del flusso di aria generato dal dispositivo di ventilazione 56 verso la feritoia 54. Ciascun involucro 52 è preferibilmente fatto di alluminio e presenta preferibilmente opportune feritoie o aperture di aerazione per consentire lo smaltimento del calore quando il gruppo di raffreddamento ad aria non è in funzione. All'interno di ciascun involucro 52, in prossimità della feritoia 54, possono essere inoltre previste una pluralità di paratie montate in modo da potere essere orientate intorno a rispettivi assi perpendicolari al piano del pannello per consentire di variare la direzione e/o la velocità del flusso di aria emesso attraverso la feritoia 54. Inoltre, ciascun involucro presenta preferibilmente almeno un'apertura (non mostrata nelle figure) provvista di uno sportellino (anch'esso non mostrato), in maniera tale da consentire l'accesso all'interno dell'involucro,

ad esempio per effettuare operazioni di manutenzione.

Nella forma di realizzazione illustrata nelle figure 1 e 5, ciascun dispositivo di ventilazione 56 comprende una pluralità di pale 58 (nel presente caso, tre pale), in particolare pale di forma rettangolare, che sono accolte all'interno del rispettivo involucro 52 e sono montate oscillanti intorno a rispettivi assi di oscillazione x paralleli l'uno all'altro e paralleli al rispettivo bordo (bordo laterale 16 o bordo superiore 12) del pannello 10. Gli assi di oscillazione x delle pale 58 sono preferibilmente disposti equidistanziati lungo una direzione z perpendicolare al piano del pannello 10. Le pale 58 sono interconnesse mediante un'asta di collegamento 60 in modo da oscillare solidalmente l'una rispetto all'altra. Le pale 58 sono comandate in modo da oscillare alternatamente e produrre così, a mo' di ventaglio, un flusso d'aria. A tale proposito, il dispositivo di ventilazione 56 comprende inoltre un motore elettrico 62, preferibilmente di tipo *brushless*, e un meccanismo di conversione del moto 64 (per sé noto e non illustrato in dettaglio) predisposto per convertire il moto rotatorio generato dal motore elettrico 62 in moto tra-

slatorio alternato dell'asta di collegamento 60, e quindi in moto oscillatorio alternato delle pale 58. Come già detto a proposito della pompa 30, anche il motore elettrico 62 può essere indifferentemente alimentato dalla rete elettrica o dall'impianto fotovoltaico cui è associato il sistema di raffreddamento. Il motore elettrico 62 è collegato all'unità di controllo elettronica 20 per essere da questa controllato secondo opportune logiche di controllo descritte più avanti. Al motore elettrico 62 è inoltre preferibilmente accoppiato un potenziometro o *dimmer* 66 per consentire di regolare la velocità di rotazione del motore elettrico stesso, e quindi delle pale 58, in funzione ad esempio della velocità del vento.

Secondo una variante di realizzazione (non illustrata nelle figure), utilizzabile nel caso di installazione degli involucri sui due bordi laterali del pannello, il dispositivo di ventilazione di un involucro comprende due elettroventole e il dispositivo di ventilazione dell'altro involucro comprende un'elettroventola, le tre elettroventole essendo disposte in corrispondenza dei vertici di un triangolo isoscele ed essendo collegate all'unità di controllo elettronica per essere da questa atti-

vate e disattivate all'occorrenza. Anche in questo caso, l'involucro (o gli involucri) sono realizzati in modo da presentare una sezione trasversale di forma aerodinamica, in particolare con una forma a guisa di tubo di Venturi.

Secondo un'ulteriore variante di realizzazione, anch'essa non illustrata, il gruppo di raffreddamento ad aria comprende almeno un dispositivo a lama d'aria, e precisamente o una coppia di dispositivi a lama d'aria montati lungo i due bordi laterali del pannello o un singolo dispositivo a lama d'aria montato lungo il bordo superiore del pannello.

Nell'ipotesi di involucro o dispositivo a lama d'aria del gruppo di raffreddamento ad aria montato lungo il bordo superiore del pannello, allora esso potrà essere disposto affiancato o alternato al dispositivo erogatore del gruppo di raffreddamento ad acqua. In tal caso, né il dispositivo erogatore del gruppo di raffreddamento ad aria (sia esso costituito da un involucro o da un dispositivo a lama d'aria) né il dispositivo erogatore del gruppo di raffreddamento ad acqua copriranno l'intera lunghezza del pannello. Il dispositivo erogatore del gruppo di raffreddamento ad acqua sarà quindi modificato

nel seguente modo. Nella forma di realizzazione con tubo forato, i fori passanti dovranno essere opportunamente inclinati in modo da garantire che il flusso d'acqua da essi fuoriuscente investa tutta la superficie superiore del pannello. Nella forma di realizzazione con involucro e feritoia, all'interno dell'involucro saranno disposte paratie opportunamente inclinate in modo da garantire che il flusso d'acqua fuoriuscente dalla feritoia investa tutta la superficie superiore del pannello. In alternativa, l'involucro o il dispositivo a lama d'aria del gruppo di raffreddamento ad aria potrebbe essere disposto al disopra del dispositivo erogatore del gruppo di raffreddamento ad acqua. In questo caso, la feritoia dell'involucro o del dispositivo a lama d'aria sarà opportunamente orientata verso il basso in modo da emettere il getto d'aria contro la superficie superiore del pannello.

Per ragioni ad esempio d'ingombro, il gruppo di raffreddamento ad aria potrebbe anche essere montato sul lato retrostante del pannello in modo da soffiare l'aria non sulla superficie superiore del pannello, bensì sull'opposta superficie inferiore. Ciò è valido per tutte e tre le varianti di realizzazione sopra descritte (dispositivo di ven-

tilazione con pale oscillanti, dispositivo di ventilazione con elettroventole e dispositivo di ventilazione a lama d'aria).

Con riferimento alla figura 1, l'insieme di sensori facente parte del sistema di raffreddamento secondo l'invenzione comprende preferibilmente i seguenti sensori: un primo sensore di temperatura 68 atto a rilevare la temperatura della superficie superiore 18 del pannello 10, un secondo sensore di temperatura 70 atto a rilevare la temperatura dell'opposta superficie inferiore del pannello 10, un terzo sensore di temperatura 72 atto a rilevare la temperatura ambiente, un quarto sensore di temperatura 74 atto a rilevare la temperatura dell'acqua di raffreddamento nel serbatoio 22, un sensore d'irraggiamento solare 76, e un sensore di velocità del vento 78. Tutti i sensori sopra menzionati sono collegati all'unità di controllo elettronica 20 per fornire segnali indicativi delle grandezze da essi misurate. Sulla base di tali segnali, l'unità di controllo elettronica 20 comanda il gruppo di raffreddamento ad acqua e/o il gruppo di raffreddamento ad aria secondo le modalità di funzionamento qui di seguito descritte.

Il principio su cui si basa il funzionamento

del sistema di raffreddamento consiste nell'attivare il gruppo di raffreddamento ad acqua e/o il gruppo di raffreddamento ad aria quando la temperatura del pannello 10, determinata sulla base dei segnali forniti dai sensori di temperatura 68 e 70, supera un valore massimo ammissibile prestabilito. Inoltre, il sistema di raffreddamento opera tenendo conto anche della differenza fra la temperatura del pannello e la temperatura dell'acqua di raffreddamento, al fine di evitare che il vetro del pannello subisca uno *shock termico*, se posto a contatto con acqua di raffreddamento avente una temperatura troppo bassa, e possa di conseguenza fragilizzarsi o addirittura rompersi. A tale scopo, l'unità di controllo elettronica 20 tiene sotto controllo la differenza di temperatura fra pannello e acqua di raffreddamento e comanda i gruppi di raffreddamento ad acqua e ad aria in funzione del valore di tale differenza di temperatura. Più precisamente, finché la differenza di temperatura fra pannello e acqua di raffreddamento non supera una data soglia, l'unità di controllo elettronica 20 comanda all'occorrenza, e cioè non appena la temperatura del pannello 10 supera il valore massimo ammissibile prestabilito, l'attivazione del solo gruppo di raffredda-

mento ad acqua. Se invece la differenza di temperatura fra pannello e acqua di raffreddamento supera tale soglia, allora l'unità di controllo elettronica 20 comanda all'occorrenza, e cioè non appena la temperatura del pannello 10 supera il valore massimo ammissibile prestabilito, l'attivazione in sequenza prima del solo gruppo di raffreddamento ad aria, quindi del solo gruppo di raffreddamento ad acqua e infine nuovamente del solo gruppo di raffreddamento ad aria. L'attivazione iniziale dei soli mezzi di raffreddamento ad aria permette infatti di ridurre la temperatura del pannello, e quindi la differenza di temperatura fra pannello e acqua di raffreddamento.

L'unità di controllo elettronica 20 è inoltre preferibilmente predisposta per tenere conto anche delle informazioni provenienti dagli altri sensori sopra menzionati. Ad esempio, se l'irraggiamento solare rilevato dal sensore 76 è inferiore a una data soglia, allora l'unità di controllo elettronica 20 non comanda l'attivazione né del gruppo di raffreddamento ad acqua né del gruppo di raffreddamento ad aria. L'informazione relativa alla velocità del vento fornita dal sensore 78 viene ad esempio utilizzata dall'unità di controllo elettronica

20 per inibire l'attivazione del gruppo di raffreddamento ad aria se la velocità del vento è superiore a una data soglia.

Preferibilmente, i tempi di attivazione dei gruppi di raffreddamento ad acqua e ad aria sono regolati di volta in volta dall'unità di controllo elettronica 20 in funzione delle informazioni ricevute dai sensori ad essa collegati.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, le forme di attuazione e i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto e illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza con ciò fuoriuscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.

Ad esempio, i materiali di alcuni dei componenti del sistema di raffreddamento sopra menzionati (plastica per la tubazione di mandata o alluminio per gli involucri dei dispositivi erogatori dei gruppi di raffreddamento ad acqua e ad aria) potranno naturalmente essere diversi da quelli indicati.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di raffreddamento per pannelli fotovoltaici (10), comprendente mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) atti a produrre un flusso di acqua di raffreddamento bagnante una prima superficie (18) del pannello (10) esposta alla luce solare, mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) atti a produrre un flusso di aria diretto contro detta prima superficie (18) o contro una seconda superficie del pannello (10) opposta alla prima, mezzi sensori (68, 70, 72, 74, 76, 78) comprendenti almeno un sensore di temperatura del pannello (68, 70) atto a rilevare la temperatura di detta prima (18) e/o seconda superficie, e mezzi di controllo comprendenti un'unità di controllo elettronica (20) predisposta per ricevere in ingresso informazioni relative ai valori di una serie di grandezze di controllo, fra cui la temperatura di almeno una di dette prima e seconda superficie (18) del pannello (10) fornita da detto almeno un sensore di temperatura del pannello (68, 70), e per comandare automaticamente l'attivazione di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) e/o di detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) secondo prestabilite modalità di funzionamento in funzione

dei valori di dette grandezze di controllo.

2. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) comprendono un serbatoio (22) per contenere l'acqua di raffreddamento, un dispositivo erogatore (24) per erogare l'acqua di raffreddamento su detta prima superficie (18) del pannello (10), una tubazione di mandata (26) che collega il dispositivo erogatore (24) al serbatoio (22) e una pompa (30) disposta nel serbatoio (22) per pompare l'acqua di raffreddamento in esso contenuta verso il dispositivo erogatore (24) attraverso la tubazione di mandata (26).

3. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 2, in cui il dispositivo erogatore (24) di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) comprende un tubo (32) destinato a essere fissato al pannello (10) in corrispondenza di un bordo superiore (12) di quest'ultimo e presentante una pluralità di fori passanti (34).

4. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 2, in cui il dispositivo erogatore (24) di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) comprende un involucro (36) destinato a essere fissato al pannello (10) in corrispondenza di un

bordo superiore (12) di quest'ultimo, detto involucro (36) essendo realizzato come corpo cavo allungato lungo una data direzione e presentando una feritoia (38) allungata lungo tale direzione.

5. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) sono configurati in maniera tale per cui il flusso dell'acqua di raffreddamento da essi prodotto per bagnare detta prima superficie (18) del pannello (10) è un flusso laminare.

6. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni dalla 2 alla 5, comprendente inoltre mezzi di recupero dell'acqua (46, 48) predisposti per recuperare l'acqua di raffreddamento erogata da detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) e fluita su detta prima superficie (18) del pannello (10) e per riportarla al serbatoio (22).

7. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 6, comprendente inoltre mezzi di raffreddamento dell'acqua (50, 52) predisposti per raffreddare l'acqua di raffreddamento di ritorno verso il serbatoio (22) tramite detti mezzi di recupero dell'acqua (46, 48).

8. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) comprendono almeno un involucro (52) destinato a essere fissato al pannello (10) in corrispondenza di un rispettivo bordo (12, 16) di quest'ultimo, detto almeno un involucro (52) essendo realizzato come corpo cavo allungato lungo una data direzione e presentando una feritoia (54) allungata lungo tale direzione, e, per ciascun involucro (52), un rispettivo dispositivo di ventilazione (56) predisposto per generare un flusso di aria in uscita dall'involucro (52) attraverso la feritoia (54).

9. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 8, in cui detto almeno un involucro (52) presenta una sezione trasversale a forma di tubo di Venturi, in modo da produrre un'accelerazione del flusso di aria generato dal rispettivo dispositivo di ventilazione (56) verso la rispettiva feritoia (54).

10. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 8 o la rivendicazione 9, in cui il dispositivo di ventilazione (56) comprende una pluralità di pale (58) accolte all'interno del rispettivo involucro (52) e montate oscillanti intorno a rispet-

tivi assi di oscillazione (x) paralleli l'uno all'altro e paralleli alla direzione di estensione del rispettivo involucro (52), e mezzi di movimentazione (60, 62, 64) predisposti per fare oscillare le pale (58) intorno ai rispettivi assi di oscillazione (x) in modo solidale l'una rispetto all'altra.

11. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 10, in cui detti mezzi di movimentazione (60, 62, 64, 66) comprendono, per ciascun dispositivo di ventilazione (56), un'asta di collegamento (60) che collega le pale (58) l'una all'altra in modo da renderle solidali nel movimento di oscillazione intorno ai rispettivi assi di oscillazione (x), un motore elettrico (62) e un meccanismo di conversione del moto (64) predisposto per convertire il moto rotatorio generato dal motore elettrico (62) in moto traslatorio alternato dell'asta di collegamento (60).

12. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 11, in cui detti mezzi di movimentazione (60, 62, 64, 66) comprendono inoltre, per ciascun dispositivo di ventilazione (56), un potenziometro (66) associato al motore elettrico (62) per regolarne la velocità di rotazione.

13. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 8, in cui detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) comprendono due involucri (52) destinati a essere fissati al pannello (10) in corrispondenza di opposti bordi paralleli (16) di quest'ultimo.

14. Sistema di raffreddamento secondo la rivendicazione 13, in cui il dispositivo di ventilazione di un involucro comprende due elettroventole e il dispositivo di ventilazione dell'altro involucro comprende un'elettroventola, le tre elettroventole essendo disposte in corrispondenza dei vertici di un triangolo isoscele.

15. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'unità di controllo elettronica (20) è predisposta per comandare l'attivazione di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) e/o di detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) in modo da mantenere la temperatura del pannello (10), rilevata mediante detto almeno un sensore di temperatura (68, 70), al disotto di un dato valore massimo prestabilito.

16. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti

mezzi sensori (68, 70, 72, 74, 76, 78) comprendono inoltre un sensore di temperatura dell'acqua (74) atto a rilevare la temperatura dell'acqua di raffreddamento nel serbatoio (22), e in cui l'unità di controllo elettronica (20) è predisposta per calcolare la differenza di temperatura fra pannello (10) e acqua di raffreddamento sulla base dei segnali ricevuti da detto almeno un sensore di temperatura del pannello (68, 70) e da detto sensore di temperatura dell'acqua (74) e per comandare l'attivazione solamente di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) finché tale differenza di temperatura non supera una data soglia, e per comandare invece l'attivazione in sequenza prima di detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56), quindi di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) e infine di detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) quando tale differenza di temperatura fra pannello e acqua di raffreddamento supera la suddetta soglia.

17. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti mezzi sensori (68, 70, 72, 74, 76, 78) comprendono inoltre un sensore d'irraggiamento solare (76) e in cui l'unità di controllo elettronica (20) è predi-

sposta per inibire l'attivazione sia di detti mezzi di raffreddamento ad acqua (22, 24, 26, 30) sia di detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) se l'irraggiamento solare rilevato da detto sensore d'irraggiamento solare (76) è inferiore a una data soglia.

18. Sistema di raffreddamento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti mezzi sensori (68, 70, 72, 74, 76, 78) comprendono inoltre un sensore di velocità del vento (78) e in cui l'unità di controllo elettronica (20) è predisposta per inibire l'attivazione detti mezzi di raffreddamento ad aria (52, 54, 56) se la velocità del vento rilevata da detto sensore di velocità del vento (78) è superiore a una data soglia.

CLAIMS

1. Cooling system for photovoltaic panels (10), comprising water cooling means (22, 24, 26, 30) for producing a flow of cooling water flowing on a first surface (18) of the panel (10) exposed to the sunlight, air cooling means (52, 54, 56) for producing an air flow directed against said first surface (18) or against a second surface of the panel (10) opposite to the first one, sensor means (68, 70, 72, 74, 76, 78) comprising at least one panel temperature sensor (68, 70) for detecting the temperature of said first (18) and/or second surface, and control means comprising an electronic control unit (20) arranged to receive, as input, data relating to the values of a set of control variables, including the temperature of at least one of said first and second surfaces (18) of the panel (10) provided by said at least one panel temperature sensor (68, 70), and to control automatically the activation of said water cooling means (22, 24, 26, 30) and/or of said air cooling means (52, 54, 56) according to predetermined operating modes on the base of the values of said control variables.
2. Cooling system according to claim 1, wherein said water cooling means (22, 24, 26, 30) comprise

a tank (22) for containing cooling water, a dispensing device (24) for dispensing cooling water on said first surface (18) of the panel (10), a supply conduit (26) connecting the dispensing device (24) to the tank (22) and a pump (30) disposed in the tank (22) to pump the cooling water contained therein to the dispensing device (24) via the supply conduit (26).

3. Cooling system according to claim 2, wherein the dispensing device (24) of said water cooling means (22, 24, 26, 30) comprises a tube (32) intended to be attached to the panel (10) at an upper edge (12) thereof and having a plurality of through holes (34).

4. Cooling system according to claim 2, wherein the dispensing device (24) of said water cooling means (22, 24, 26, 30) comprises a case (36) intended to be attached to the panel (10) at an upper edge (12) thereof, said case (36) being made as an elongated hollow body extending along a given direction and having an elongated slit (38) extending along that direction.

5. Cooling system according to any of the preceding claims, wherein said water cooling means (22, 24, 26, 30) are configured in such a manner that

the flow of cooling water produced by them to flow on said first surface (18) of the panel (10) is a laminar flow.

6. Cooling system according to any of claims 2 to 5, further comprising water collecting means (46, 48) arranged to collect the cooling water dispensed by said water cooling means (22, 24, 26, 30) and flowed on said first surface (18) of the panel (10) and to pump it back to the tank (22).

7. Cooling system according to claim 6, further comprising water cooling means (50, 52) arranged to cool the cooling water pumped back to the tank (22) by said water collecting means (46, 48).

8. Cooling system according to any of the preceding claims, wherein said air cooling means (52, 54, 56) comprise at least one case (52) intended to be attached to the panel (10) at a respective edge (12, 16) thereof, said at least one case (52) being made as an elongated hollow body extending along a given direction and having an elongated slit (54) extending along that direction, and, for each case (52), a respective ventilating device (56) arranged to generate an air flow flowing out of the case (52) through the slit (54).

9. Cooling system according to claim 8, wherein

said at least one case (52) has a cross-section in the shape of a Venturi tube, so as to accelerate the air flow generated by the respective ventilating device (56) towards the respective slit (54).

10. Cooling system according to claim 8 or claim 9, wherein the ventilating device (56) comprises a plurality of blades (58) housed in the respective case (52) and mounted so as to swing about respective swing axes (x) parallel to each other and parallel to the direction along which the respective case (52) extends, and moving means (60, 62, 64) arranged to cause the blades (58) to swing as a single piece about the respective swing axes (x).

11. Cooling system according to claim 10, wherein said moving means (60, 62, 64, 66) comprise, for each ventilating device (56), a connecting rod (60) which connects the blades (58) to each other so as to cause them to swing as a single piece about the respective swing axes (x), an electric motor (62) and a motion conversion mechanism (64) arranged to convert the rotary motion generated by the electric motor (62) into a to-and-fro translational motion of the connecting rod (60).

12. Cooling system according to claim 11, wherein said moving means (60, 62, 64, 66) further com-

prise, for each ventilating device (56), a potentiometer (66) associated to the electric motor (62) to vary the rotational speed thereof.

13. Cooling system according to claim 8, wherein said air cooling means (52, 54, 56) comprise two cases (52) intended to be attached to the panel (10) at opposite parallel edges (16) thereof.

14. Cooling system according to claim 13, wherein the ventilating device of the one case comprises two electric fans and the ventilating device of the other case comprises one electric fan, the three electric fans being located at the vertices of an isosceles triangle.

15. Cooling system according to any of the preceding claims, wherein the electronic control unit (20) is arranged to cause the activation of said water cooling means (22, 24, 26, 30) and/or of said air cooling means (52, 54, 56) so as to keep the temperature of the panel (10), detected by means of said at least one temperature sensor (68, 70), below a given predefined maximum value.

16. Cooling system according to any of the preceding claims, wherein said sensor means (68, 70, 72, 74, 76, 78) further comprise a water temperature sensor (74) for detecting the temperature of the

cooling water in the tank (22), and wherein the electronic control unit (20) is arranged to compute the difference between the temperature of the panel (10) and that of the cooling water on the base of the signals received by said at least one panel temperature sensor (68, 70) and said water temperature sensor (74) and to cause the activation only of said water cooling means (22, 24, 26, 30) until this temperature difference does not exceed a given threshold, and on the other hand to cause the activation in sequence first of said air cooling means (52, 54, 56), then of said water cooling means (22, 24, 26, 30) and finally of said air cooling means (52, 54, 56) when the difference between the temperature of the panel and that of the cooling water exceeds the aforesaid threshold.

17. Cooling system according to any of the preceding claims, wherein said sensor means (68, 70, 72, 74, 76, 78) further comprise a solar radiation sensor (76) and wherein the electronic control unit (20) is arranged to prevent the activation both of said water cooling means (22, 24, 26, 30) and of said air cooling means (52, 54, 56) when the solar radiation detected by said solar radiation sensor (76) is lower than a given threshold.

18. Cooling system according to any of the preceding claims, wherein said sensor means (68, 70, 72, 74, 76, 78) further comprise a wind speed sensor (78) and wherein the electronic control unit (20) is arranged to prevent the activation of said air cooling means (52, 54, 56) when the wind speed detected by said wind speed sensor (78) is higher than a given threshold.

FIG. 1

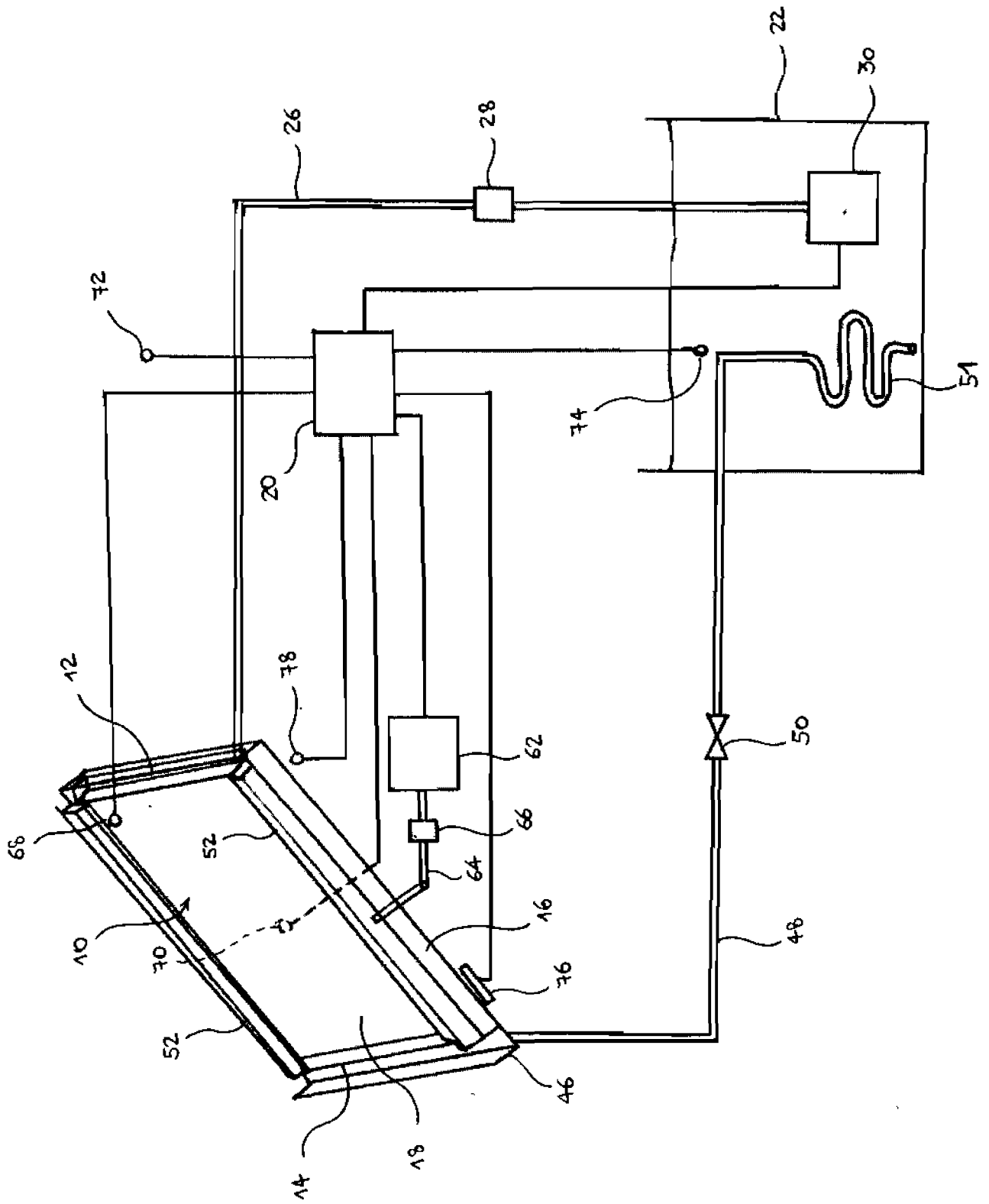


FIG. 2

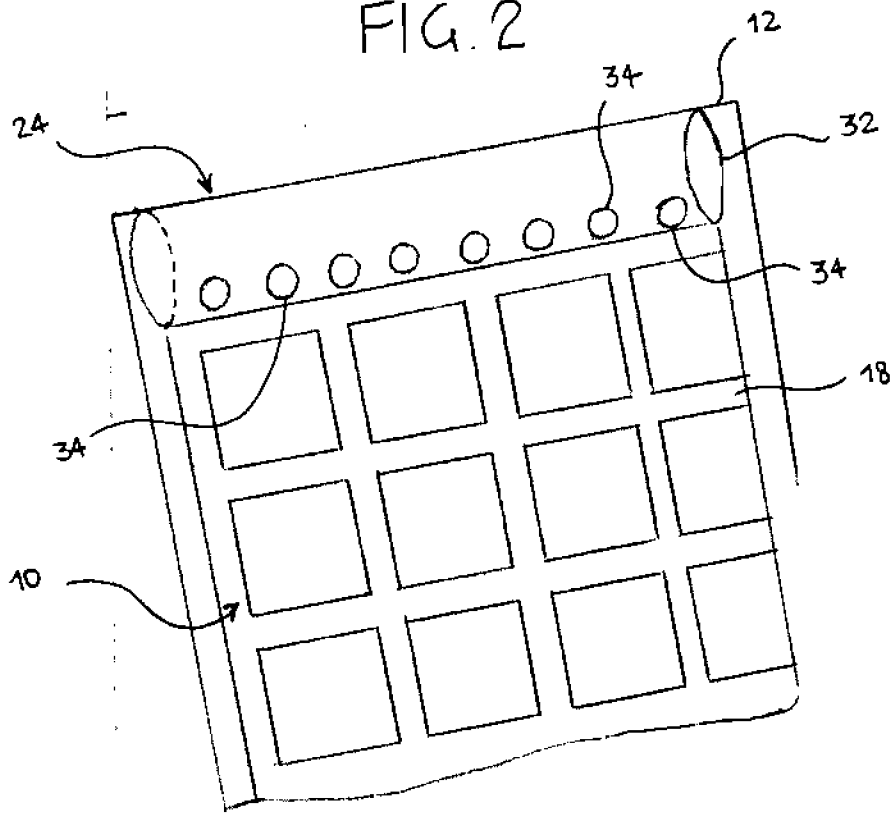


FIG. 3

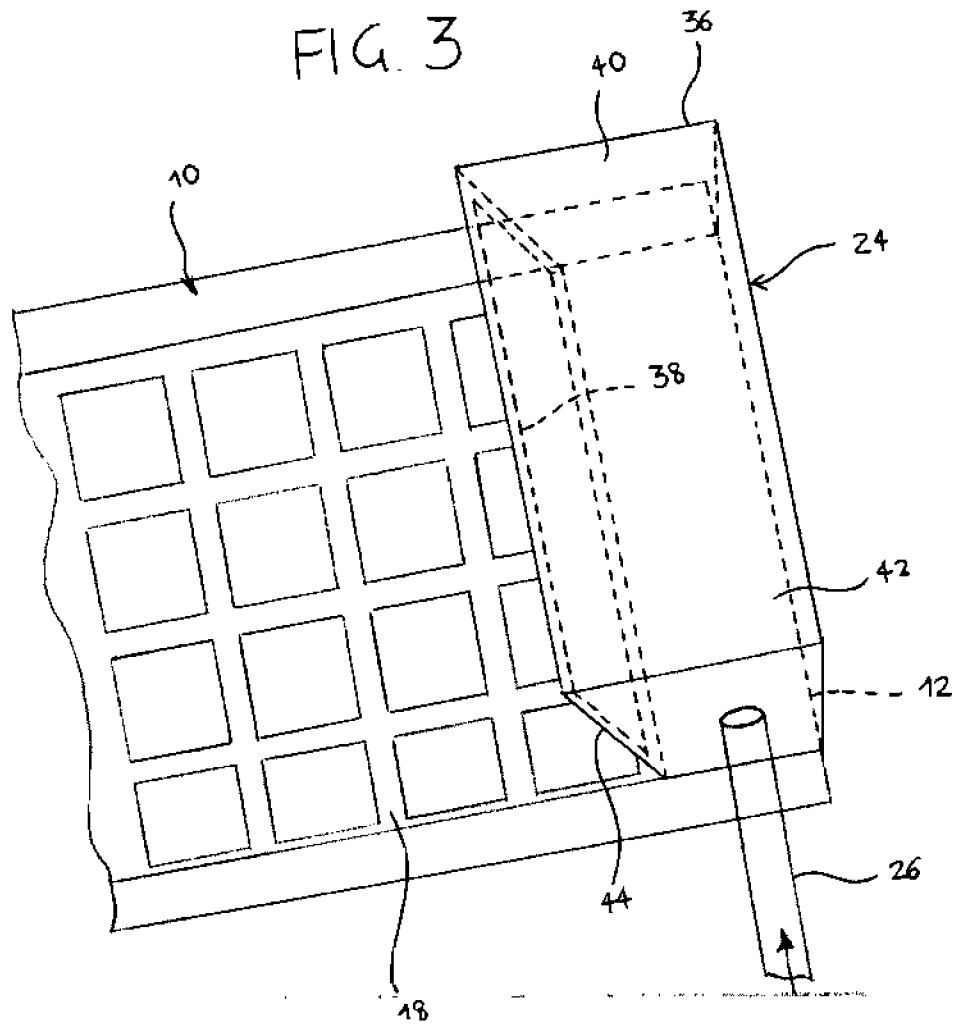


FIG. 4

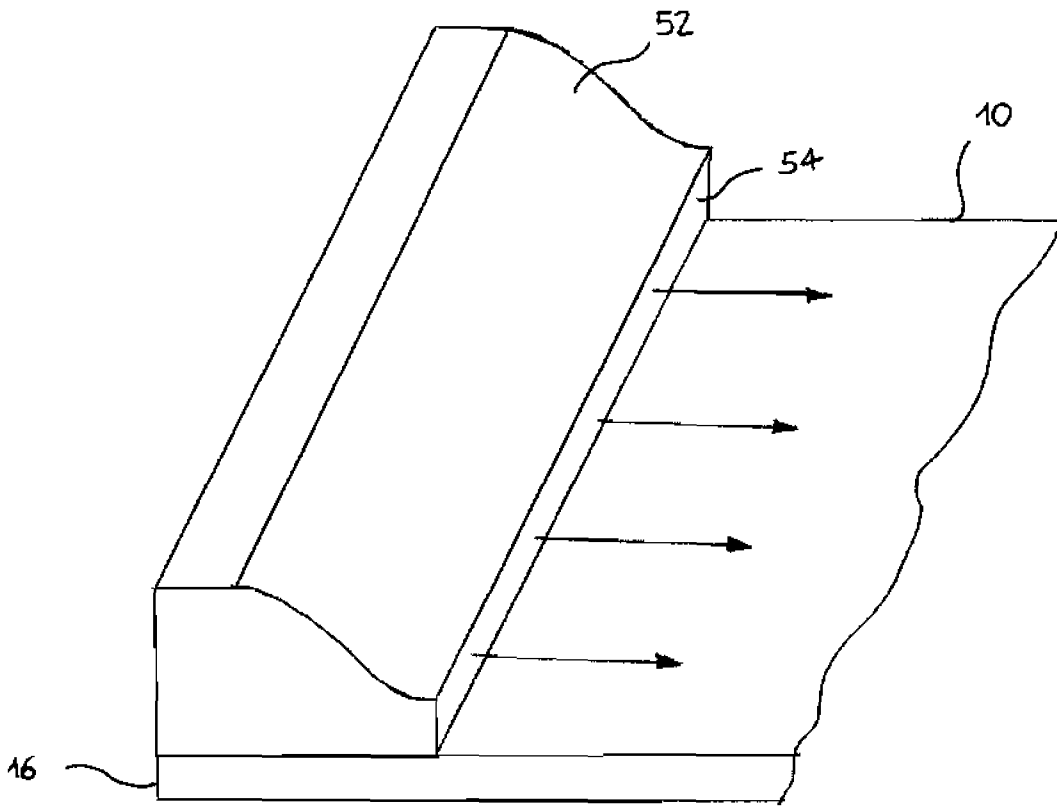


FIG. 5

