

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011902003708A1

Publication Date

20130609

Applicant

ARIA S.R.L.

Title

SISTEMA COGENERATIVO PER PRODURRE ENERGIA MEDIANTE IL
VENTO.

ARIA S.r.l.

a Prato

“SISTEMA COGENERATIVO PER PRODURRE ENERGIA MEDIANTE IL VENTO”

5

DESCRIZIONE

Campo tecnico

La presente invenzione riguarda il campo degli aerogeneratori ad asse orizzontale, ed in particolare ha per oggetto un sistema di produzione di energia mediante la forza del vento che comprende un aerogeneratore, preferibilmente ma non esclusivamente del tipo ad asse orizzontale.

10

Stato della tecnica

Attualmente, gli aerogeneratori ad asse orizzontale comprendono perlopiù un rotore, una navicella per il generatore elettrico con gli organi di trasmissione ed una torre di sostegno. Tra quest'ultima e la navicella sono interposti mezzi di rotazione per orientare correttamente il rotore rispetto alla direzione del vento. Questi mezzi possono essere motorizzati, ovvero attivi, oppure del tipo a banderuola, ovvero passivi.

15

L'energia prodotta nel generatore elettrico viene ceduta alla rete elettrica tramite opportuni mezzi di connessione.

20

Gli aerogeneratori si possono suddividere in due tipologie: con rotore a regime di giri fisso o a regime di giri variabile. L'ottimizzazione del rendimento aerodinamico delle pale del rotore viene ottenuto nei due casi con diverse tecnologie.

25

Negli impianti a regime di giri fisso il generatore (di solito di tipo asincrono ad induzione) viene direttamente connesso alla rete elettrica e per questo deve ruotare ad una velocità vicina a quella di sincronismo con la rete stessa. Dal momento che il rendimento aerodinamico ottimale delle pale del rotore si ottiene soltanto per un certo angolo di incidenza con il vento, l'aerogeneratore avrà un rendimento ottimale soltanto ad una velocità del vento ben precisa.

30

Negli aerogeneratori con rotore a regime di giri variabile, il rotore eolico viene fatto ruotare sempre a velocità tale da ottenere l'angolo di incidenza ottimale. Il generatore elettrico (che può essere sia sincrono che asincrono)

ruota ad una velocità variabile e genera energia elettrica con frequenza variabile e pertanto non è possibile collegarlo direttamente alla rete elettrica. Per la connessione in rete deve essere interposto un dispositivo di conversione che trasforma l'energia elettrica a frequenza (e tensione) variabile prodotta dal generatore in energia elettrica a frequenza di 50 Hz in sincronismo con la rete elettrica.

Ad oggi, per operare la suddetta conversione, si utilizzano sistemi di conversione elettronici a stato solido, molto efficienti ma anche molto costosi e notevolmente sensibili ai guasti dovuti a disturbi elettrici sulla rete, come ad esempio quelli causati dai fulmini.

La figura 1 nelle allegate tavole di disegni mostra lo schema di principio della connessione in rete di un aerogeneratore di tipo noto con rotore eolico R ruotabile a regime di giri variabile. Il vento fa girare il rotore R, accoppiato per mezzo di opportuni organi di trasmissione (non rappresentati) ad un generatore elettrico principale Gpv che può essere sincrono o asincrono, dotato in questo secondo caso di sistemi di eccitazione. In uscita al generatore elettrico Gpv è presente una tensione trifase variabile sia in tensione che in frequenza, in funzione del numero di giri del rotore R.

Un inverter di rete Ir raddrizza questa tensione trasformandola, al proprio interno, in una tensione continua; questa viene poi ritrasformata in una tensione modulata ad impulsi (PWM) in modo da approssimare alla sua uscita Ui una corrente trifase sinusoidale con frequenza e fase identici a quella della tensione della rete elettrica E. Sono indispensabili un elemento di filtro F ed un trasformatore T per bloccare componenti di frequenza diversa da quella di rete, comprese eventuali componenti continue.

Il rendimento totale di tale sistema ad "inverter di rete" presenta un valore abbastanza elevato, nell'ordine di circa il 92%-93%. I dispositivi di conversione di potenza elettronici Ir, F e T di tale sistema presentano però un costo elevato, dal momento che non si tratta di dispositivi prodotti in grande serie, ma sono progettati e costruiti specificamente per l'applicazione; non si ha quindi il beneficio dell'economia di grande scala di cui godono dispositivi elettronici di tipo standard commerciali. Inoltre, tali dispositivi non possono essere connessi in rete prima di essere stati omologati per garantirne la sicu-

rezza. Ancora, un collegamento diretto alla rete di dispositivi elettronici sofisticati li rende soggetti a guasti causati da disturbi e sovratensioni da queste provenienti.

5 Gli impianti di produzione di energia eolica per utenze di piccola taglia prediligono aerogeneratori del tipo "minieolico", ovvero con una capacità produttiva comprese tra 20kW e 200kW. Tali impianti ben si adattano alle esigenze di ridurre l'approvvigionamento di energia da parte di piccoli insediamenti abitativi, commerciali od industriali, in quanto risultano di dimensioni e costi relativamente contenuti. Tale riduzione rientra nell'ottica di rendere il più
10 possibile indipendente dal punto di vista energetico l'insediamento e a tale riguardo sono stati messi in opera diversi sistemi che utilizzano in contemporanea, in modo sostanzialmente indipendente l'uno dall'altro, aerogeneratori, pannelli fotovoltaici, pannelli solari per riscaldamento dell'acqua sanitaria, sistemi di geotermia per il riscaldamento dell'acqua sanitaria.

15 Scopo e sommario dell'invenzione

Scopo principale della presente invenzione è quello di realizzare un sistema di produzione di energia mediante la forza del vento che vada nella direzione di rendere maggiormente indipendente l'insediamento al quale detto sistema è associato.

20 All'interno dello scopo principale sopra esposto, altro importante scopo della presente invenzione è quello di mettere a punto un sistema di produzione di energia di basso costo pur consentendo di raggiungere un rendimento complessivo elevato.

25 All'interno dello scopo principale sopra esposto, altro importante scopo della presente invenzione è quello di mettere a punto un sistema di produzione di energia mediante un aerogeneratore di basso costo e che risulti particolarmente affidabile.

30 Questi ed altri scopi, che saranno più chiari in seguito, sono raggiunti con un sistema di produzione di energia comprendente un aerogeneratore con rotore eolico a regime di giri variabili a cui è associato un generatore elettrico principale; tale aerogeneratore comprende un dispositivo di conversione atto a trasformare la tensione elettrica a frequenza variabile proveniente dal generatore elettrico principale in una tensione con una frequenza so-

stanzialmente corrispondente alla frequenza della rete elettrica. Caratteristicamente, secondo l'invenzione, il sistema prevede mezzi atti a recuperare almeno parte dell'energia termica dissipata da detto dispositivo di conversione e a trasferirla ad altro utilizzo.

5 In pratica, si realizza un sistema di produzione di energia mediante la forza del vento (ovvero mediante energia eolica) di tipo cogenerativo, ovvero un sistema di produzione di energia che, sfruttando sostanzialmente un'unica fonte di energia principale (energia eolica), produce almeno due differenti forme di energia secondaria, elettrica e termica, le quali sono sfruttate dagli
10 utilizzi (e possono essere eventualmente ulteriormente trasformate in altri tipi di energia).

 Ad esempio, il sistema è in grado di produrre energia elettrica con tensione alla frequenza di rete, ed energia termica utile al riscaldamento dell'acqua di un impianto sanitario o, più in generale di un impianto termico
15 del tipo per riscaldamento domestico o per uso industriale.

 Il sistema secondo l'invenzione permette pertanto di aumentare l'indipendenza energetica di un insediamento abitativo, commerciale o industriale, in quanto è in grado di recuperare energia termica altrimenti "persa".

 Opportunamente, secondo forme realizzative preferite, tali mezzi atti a
20 recuperare almeno parte dell'energia termica dissipata da detto dispositivo di conversione e a trasferirla ad altro utilizzo è sostanzialmente un impianto a pompa di calore per il recupero del calore dissipato nel processo di conversione della corrente elettrica da corrente con frequenza variabile a corrente con frequenza sostanzialmente costante.

25 Secondo alcune forme realizzative preferite, il suddetto dispositivo di conversione atto a trasformare la tensione elettrica a frequenza variabile in tensione con frequenza di rete prevede mezzi di conversione o trasformazione della tensione elettrica a frequenza variabile ai capi del generatore elettrico principale in una potenza meccanica trasmissibile ad un generatore elettrico ausiliario atto a generare corrente elettrica con una frequenza sostanzialmente corrispondente alla frequenza della rete, in cui tale generatore elettrico ausiliario è atto alla connessione con la rete elettrica per la produzione
30 di corrente elettrica con frequenza sostanzialmente corrispondente a quella

della stessa rete elettrica.

Con tale configurazione è possibile ottenere un aerogeneratore particolarmente economico, seppur con un rendimento complessivo leggermente più basso rispetto ad aerogeneratori con dispositivi di conversione elettronici a stato solido; al contempo però il rendimento totale del sistema risulta elevato in quanto comprende anche la quota di energia dissipata dai dispositivi di conversione ma recuperata nell'impianto a pompa di calore.

Opportunamente, secondo alcune forme realizzative preferite, nel caso sopra citato di trasformazione della tensione elettrica a frequenza variabile ai capi del generatore elettrico principale in una potenza meccanica, parte di tale potenza meccanica è utilizzata per alimentare detto impianto a pompa di calore.

In particolare, secondo una forma realizzativa preferita, parte della potenza meccanica è derivata a mezzi di compressione del fluido frigorifero circolante per un circuito frigorifero appartenente all'impianto a pompa di calore. Preferibilmente tale potenza meccanica è prelevata da un albero rotante atto a mettere in rotazione il generatore elettrico ausiliario che produce la tensione alla frequenza di rete, consentendo di fatto ad elevare il rendimento totale del sistema di produzione dell'energia.

Secondo alcune forme realizzative preferite, tale circuito frigorifero prevede almeno un primo scambiatore di calore, quale preferibilmente un evaporatore, associato ad almeno un rispettivo componente del dispositivo di conversione, atto ad acquisire calore dissipato dallo stesso componente, ed almeno un secondo scambiatore di calore, quale ad esempio un condensatore, atto a cedere calore ad un utilizzo, come ad esempio un tratto di impianto di riscaldamento d'acqua; preferibilmente tale almeno un primo scambiatore è un evaporatore.

Vantaggiosamente, secondo alcune forme realizzative preferite, nel caso in cui il suddetto dispositivo di conversione comprende detto generatore elettrico ausiliario, esso comprende anche un motore elettrico disposto a monte di tale generatore elettrico ausiliario e a valle di un convertitore di frequenza della tensione elettrica da variabile ad approssimante la frequenza di rete atto ad alimentare lo stesso motore elettrico; l'uscita di potenza mecca-

nica del motore elettrico è connessa al generatore elettrico ausiliario per il funzionamento di quest'ultimo con rotazione sostanzialmente corrispondente alla velocità di sincronismo con la rete elettrica.

5 Opportunamente, la potenza meccanica è trasmessa al generatore elettrico ausiliario mediante una coppia rotante con velocità sostanzialmente corrispondente alla velocità di sincronismo con la rete elettrica.

10 Pertanto, secondo alcune forme realizzative preferite, tra motore elettrico e generatore ausiliario è presente una trasmissione meccanica (che comprende ad esempio un albero di trasmissione) che trasferisce al generatore ausiliario una coppia rotante; in tale configurazione, la potenza per far funzionare almeno in parte l'impianto a pompa di calore è derivata da tale trasmissione meccanica tramite opportuni organi di trasmissione e/o catene cinematiche, di per sé di tipo noto (come ad esempio complessi di ruote dentate, catene, cinghie, pignoni, cremagliere, alberini di trasmissione ecc.).

15 Secondo alcune forme realizzative preferite, in cui detto dispositivo di conversione comprende, in cascata, un convertitore di frequenza della tensione elettrica, un motore elettrico e un generatore elettrico ausiliario, l'impianto a pompa di calore comprende scambiatori di calore associati ad almeno uno di detti componenti del dispositivo di conversione, al fine di recuperare il calore dissipato da questo e preferibilmente associati a ciascun componente, ovvero uno scambiatore associato a ciascun componente (va da sé che potrà essere previsto il caso in cui uno scambiatore di calore potrà essere unico per, ovvero associato a, due o più componenti dei mezzi di conversione).

25 L'impianto a pompa di calore prevede, secondo tecnica nota, un circuito in cui scorre un fluido frigorifero (ovvero il fluido operatore del ciclo termodinamico), mezzi di espansione del fluido frigorifero, ad esempio una valvola di laminazione, mezzi di scambio di calore atti a trasferire calore da una sorgente esterna al fluido frigorifero, ad esempio uno o più evaporatori, 30 mezzi di compressione del fluido frigorifero, ad esempio un compressore, e infine mezzi di scambio di calore per cedere calore dal fluido frigorifero alle utenze, ad esempio un condensatore atto a trasferire calore all'acqua di un impianto termico o sanitario.

Opportunamente, nei suddetti mezzi di conversione, il motore elettrico è di tipo asincrono, mentre il convertitore di frequenza è un inverter per motori elettrici asincroni che consente il raddrizzamento della tensione a frequenza variabile in ingresso in una tensione continua e la successiva ri-
5 trasformazione della tensione continua in un tensione modulata ad impulsi (PWM) approssimante una frequenza sostanzialmente corrispondente a quella della rete elettrica.

Preferibilmente, il generatore elettrico ausiliario è vantaggiosamente un motore elettrico asincrono usato come generatore.

10 Sempre secondo una vantaggiosa forma realizzativa preferita, l'uscita di potenza meccanica è direttamente connessa al generatore elettrico ausiliario. Convenientemente, la connessione tra l'uscita di potenza meccanica e il generatore elettrico ausiliario è di tipo meccanico.

Forma oggetto dell'invenzione anche un aerogeneratore del tipo con
15 rotore eolico a regime di giri variabili, comprendente un generatore elettrico principale connesso al rotore che produce in uscita una tensione di corrente trifase a frequenza variabile, e che si caratterizza per il fatto che a valle del generatore elettrico principale è presente un dispositivo di conversione come sopra indicato e che comprende inoltre mezzi atti a recuperare almeno parte
20 dell'energia termica dissipata da detti mezzi di conversione e a trasferirla ad altro utilizzo, ad esempio come quelli descritti in una o più delle forme realizzative sopra presentate.

Secondo un altro aspetto, l'invenzione riguarda anche un procedimento per la produzione di energia che comprende:

- 25
- mettere in rotazione un rotore per effetto del vento,
 - generare corrente elettrica a frequenza variabile per effetto della rotazione del rotore,
 - convertire la corrente elettrica a frequenza variabile in corrente elettrica a frequenza costante tramite mezzi di conversione dissipanti
30 calore,
 - trasferire almeno parte del calore dissipato ad una o più utenze.

Secondo alcune forme realizzative, tale procedimento prevede, in serie e ciclicamente, l'acquisizione di detto calore da parte di un fluido frigorifero,

la compressione del fluido frigorifero, la cessione di calore dal fluido frigorifero ad una o più delle utenze, l'espansione del fluido frigorifero, il tutto all'interno di un circuito frigorifero.

5 Secondo altre forme realizzative, la conversione della corrente elettrica da corrente con tensione a frequenza variabile a tensione con frequenza costante prevede il trasferimento di potenza meccanica da un motore elettrico ad un generatore ausiliario atto a generare corrente elettrica con tensione a frequenza costante; parte di tale potenza meccanica essendo prelevata per azionare mezzi di compressione del suddetto fluido frigorifero.

10 Ulteriori vantaggiose caratteristiche dell'invenzione sono indicate nelle allegate rivendicazioni e verranno descritte in maggiore dettaglio nel seguito con riferimento ad un esempio di realizzazione non limitativo dell'invenzione stessa.

Breve descrizione dei disegni

15 L'invenzione sarà meglio compresa seguendo la descrizione e le unite tavole di disegni, nelle quali:

la figura 1 rappresenta uno schema di un aerogeneratore secondo lo stato della tecnica relativo all'invenzione;

20 la figura 2 rappresenta uno schema di un aerogeneratore realizzante il sistema di produzione di energia secondo l'invenzione.

Descrizione dettagliata di una forma realizzativa dell'invenzione

25 Con riferimento alla figura 2 sopra citata, un aerogeneratore secondo l'invenzione, viene indicato complessivamente con la lettera A. In questo esempio tale aerogeneratore è preferibilmente del tipo "minieolico", ovvero con una capacità produttiva comprese tra 20kW e 200kW.

30 Tale aerogeneratore A comprende un rotore eolico R del tipo ad asse orizzontale, il quale è connesso con il rotore di un generatore elettrico principale Gpv ai cui capi è generata una tensione elettrica trifase a frequenza variabile in virtù del regime di rotazione a giri variabili del rotore eolico R. Il generatore elettrico principale Gpv può essere sincrono o asincrono. In quest'ultimo caso deve essere dotato di sistemi di eccitazione.

Subito a valle del generatore elettrico principale Gpv è posto un dispositivo di conversione, indicato complessivamente con la lettera D (circondato

da un primo riquadro esterno in tratteggio).

Il dispositivo di conversione D comprende rispettivamente mezzi di conversione C (circondati da un secondo riquadro interno in tratteggio) atti a trasformare la tensione elettrica a frequenza variabile ai capi del generatore elettrico principale Gpv in una potenza meccanica trasmissibile ad un generatore elettrico ausiliario Gaf con una frequenza sostanzialmente corrispondente alla frequenza della rete elettrica (in questo esempio, 50 o 60 Hz). Preferibilmente, tale generatore elettrico ausiliario Gaf è un motore elettrico asincrono utilizzato come generatore elettrico.

10 In particolare, tali mezzi di conversione C comprendono un motore elettrico M, asincrono, disposto a monte del generatore elettrico ausiliario Gaf e a valle di un convertitore di frequenza Im della tensione elettrica da variabile ad approssimante la frequenza di rete ed atto ad alimentare lo stesso motore elettrico M.

15 Il convertitore di frequenza Im è opportunamente un inverter del tipo per motori elettrici asincroni che permette di effettuare il raddrizzamento della tensione a frequenza variabile al proprio ingresso in una tensione continua e la successiva ri-trasformazione della tensione continua in una tensione modulata ad impulsi (PWM) approssimante una con frequenza sostanzialmente corrispondente a quella della rete elettrica.

20 Il motore elettrico M presenta in uscita un albero di potenza che è direttamente connesso, preferibilmente tramite un collegamento meccanico tipo giunto elastico o simile, al rotore del motore che funge da generatore elettrico ausiliario Gaf. Il motore elettrico M in pratica trasmette potenza meccanica al generatore elettrico ausiliario Gaf mediante una coppia rotante con una opportuna velocità che, nel caso in questione, è una velocità sostanzialmente corrispondente alla velocità di sincronismo con la rete elettrica. Il generatore elettrico ausiliario Gaf ruota a di giri fissi e risulta pertanto connesso alla rete elettrica E producendo corrente elettrica con frequenza sostanzialmente corrispondente a quella della stessa rete elettrica E.

30 In un aerogeneratore A con dispositivo D ora descritto, il generatore elettrico principale Gpv è preferibilmente asincrono e prevede l'associazione ad un banco di condensatori interposto tra il generatore principale stesso e il

dispositivo di conversione come sopra descritto al fine di realizzare l'eccitazione del generatore principale.

5 Secondo l'invenzione, il sistema con aerogeneratore A prevede mezzi atti a recuperare almeno parte dell'energia termica T_d dissipata dal dispositivo D di conversione della corrente elettrica da tensione a frequenza variabile a tensione a frequenza di rete e a trasferire tale energia termica dissipata ad altro utilizzo.

10 In questo esempio tali mezzi atti a recuperare almeno parte dell'energia termica dissipata T_d dal dispositivo di conversione D si concretizzano sostanzialmente un impianto a pompa di calore 10 per il recupero del calore dissipato nel processo di conversione della corrente elettrica da corrente con frequenza variabile a corrente con frequenza sostanzialmente costante.

15 Tale impianto 10 prevede un circuito frigorifero 11 nel quale circola un fluido frigorifero (preferibilmente un gas "tecnico"), in modo sostanzialmente noto. Tale impianto prevede pertanto mezzi di espansione del fluido frigorifero, ad esempio una valvola di laminazione 12, mezzi di scambio di calore 13A, 13B e 13C atti a trasferire calore T_d dissipato dal dispositivo di conversione D al fluido frigorifero, mezzi di compressione 14 del fluido frigorifero, 20 ed infine mezzi di scambio di calore 15 per cedere calore T_c dal fluido frigorifero alle utenze 16, ad esempio uno scambiatore di calore (un condensatore) che presenta da un proprio lato un tratto 16A di un impianto termico o sanitario in cui circola acqua calda ad uso industriale o abitativo.

25 Ad esempio, i mezzi di scambio di calore prevedono tre evaporatori 13A, 13B e 13C, preferibilmente in parallelo tra loro, ciascuno associato (ad esempio affiancato o affacciato) ad un rispettivo componente del dispositivo di conversione D. Ad esempio un primo evaporatore 13A è associato all'inverter I_m , un secondo evaporatore 13B è associato al motore elettrico M e un terzo evaporatore 13C è associato al generatore ausiliario Gaf.

30 Vantaggiosamente, i mezzi di compressione 14 sono alimentati da parte della potenza meccanica trasferita, ad esempio mediante primi mezzi di trasmissione meccanica 17, dal motore elettrico M al rotore del motore che funge da generatore elettrico ausiliario Gaf. Ad esempio, all'asse di potenza

in uscita dal motore elettrico M od anche all'asse di rotazione in entrata al generatore elettrico ausiliario Gaf, è prelevata potenza meccanica, ad esempio tramite secondi mezzi di trasmissione meccanica 18, come ad esempio complessi di ruote dentate, catene, cinghie, pignoni, cremagliere, alberini di trasmissione ecc., connessi all'asse di potenza in ingresso al compressore che forma i mezzi di compressione 14.

Il funzionamento dell'aerogeneratore è il seguente. Il vento fa girare il rotore eolico R, accoppiato per mezzo di opportuni organi di trasmissione (non rappresentati) al generatore elettrico principale Gpv. In uscita da quest'ultimo è presente una tensione trifase variabile sia in tensione che in frequenza, in funzione del numero di giri del rotore eolico R.

L'inverter per motore Im funziona in modo del tutto analogo all'inverter di rete Ir noto nello stato della tecnica (si veda la figura 1 e la relativa descrizione presentata nella parte introduttiva): raddrizza la tensione a frequenza variabile trasformandola, al proprio interno, in una tensione continua; questa viene poi ritrasformata in una tensione modulata ad impulsi (PWM) in modo da approssimare in uscita una corrente trifase sinusoidale con frequenza circa pari a quella della tensione di rete E. Per l'utilizzo di questa corrente in un motore non sono però necessari filtri F né trasformatori T. Il motore M è meccanicamente accoppiato, per trasferire potenza meccanica secondo una certa velocità di rotazione, con il generatore ausiliario Gaf, di tipo asincrono, a sua volta direttamente connesso in rete.

Il convertitore di frequenza commerciale per motori asincroni (inverter Im) è un dispositivo progettato per comandare un motore asincrono trifase con frequenza variabile, indipendente dalla frequenza di rete e impostabile a piacere in un ampio intervallo (in genere da 0 a 120 Hz, quando la frequenza di rete è fissa a 50 o 60 Hz). In questo modo il motore M può essere fatto ruotare a regime di giri variabile a piacere.

L'energia elettrica prodotta dal generatore elettrico principale (a frequenza variabile) Gpv è utilizzabile per alimentare il convertitore di frequenza commerciale (inverter per motori) Ir in quanto viene da questo trasformata internamente in una corrente continua e quindi indipendente dalla frequenza.

L'inverter Ir, indipendentemente dal valore di frequenza (e quindi dal

numero di giri) del generatore principale Gpv, può comandare il motore elettrico M con frequenza variabile e liberamente impostabile: nella fattispecie può comandarlo con la frequenza esattamente necessaria per far erogare la potenza richiesta al generatore ausiliario Gaf a cui è direttamente connesso una volta che quest'ultimo è stato connesso alla rete elettrica.

Il motore asincrono utilizzato come generatore ausiliario Gaf è collegato direttamente alla rete elettrica. Come noto, un motore asincrono, forzato a ruotare a regime leggermente superiore a quello corrispondente alla frequenza di rete, si comporta come un generatore erogando tanta più potenza quanto più la velocità di rotazione supera quella di sincronismo.

Come detto, il motore M è meccanicamente accoppiato, per trasferire potenza meccanica secondo un certa velocità di rotazione, con il generatore ausiliario Gaf, a sua volta direttamente connesso in rete. Questo accoppiamento meccanico, oltre a garantire il completo isolamento di tutto il sistema elettrico dell'aerogeneratore dalla rete elettrica, consente di prelevare potenza meccanica per alimentare i mezzi di compressione 14 dell'impianto a pompa di calore 10, utile a recuperare l'energia termica dissipata da motore Inverter Im, motore M e generatore ausiliario Gaf e a trasferirla alle utenze 16. Il funzionamento dell'impianto a pompa di calore è sostanzialmente di tipo tradizionale e prevede, in serie e ciclicamente, l'acquisizione del calore da parte di un fluido frigorifero mediante gli evaporatori 13A, 13B, 13C, la compressione del fluido frigorifero mediante il compressore 14 alimentato dalla potenza meccanica derivata dai primi mezzi di trasmissione meccanica 17 tra motore M e generatore ausiliario Gaf, la cessione di calore dal fluido frigorifero attraverso lo scambiatore 15 ad una o più delle utenze 16.

Il sistema e i suoi componenti così come presentati raggiunge gli scopi ad esso preposti. Infatti, il motore M è meccanicamente accoppiato al generatore ausiliario Gaf, a sua volta direttamente connesso in rete. Questo accoppiamento meccanico garantisce il completo isolamento di tutto il sistema elettrico dell'aerogeneratore A dalla rete elettrica.

L'inverter, indipendentemente dal valore di frequenza (e quindi dal numero di giri) del generatore principale, può comandare il motore ausiliario con frequenza variabile e liberamente impostabile; nella fattispecie può co-

mandarlo con la frequenza esattamente necessaria per far erogare la potenza richiesta al generatore ausiliario una volta che questo sia stato connesso alla rete elettrica.

5 Il calore dissipato dai tre componenti principali del sistema di conversione (inverter, motore elettrico e generatore ausiliario) viene recuperato dall'impianto a pompa di calore 10 comandato dal compressore frigorifero 14, a sua volta comandato direttamente dall'asse ruotante del motore elettrico M, per mezzo di opportuni organi di trasmissione 18.

10 In questo modo si garantisce un opportuno raffreddamento dei componenti del convertitore, ed il recupero di una quota significativa di energia termica resa disponibile sotto forma di acqua calda nello scambiatore di calore.

Il rendimento elettrico del dispositivo di conversione D come in figura 2 ma senza impianto a pompa di calore 10, sarebbe:

15 $REND_{tot} = REND_{inverter} \times REND_{motore\ M} \times REND_{generatore_Gaf}$

Attualmente, il rendimento dell'inverter per motori è pari a circa il 96%.

20 Dal momento che i motori oggi disponibili in esecuzione cosiddetta "IE2" hanno rendimenti relativamente elevati (es. circa 95% per motori da 55kW di potenza) la coppia dei due motori ha un rendimento di circa il 90%, per cui il rendimento complessivo del sistema elettrico risulta di circa il 86.6%.

Per confronto, il rendimento di un sistema con inverter di rete, non cogenerativo, ovvero come in figura 1 sarebbe pari al prodotto dei rendimenti dei tre elementi della catena:

25 $REND_{tot} = REND_{inverter} \times REND_{filtro} \times REND_{trasformatore}$

Il rendimento dell'inverter è pari a circa il 96%, come nel caso precedente. Attualmente, il rendimento del sistema di filtraggio è circa del 99% e il rendimento del trasformatore è intorno al 97.5%. Il rendimento complessivo sarebbe quindi teoricamente pari al 92.6%.

30 In realtà a questo va sempre sottratta la quota di potenza elettrica necessaria per la ventilazione o il condizionamento della cabina che contiene il sistema e che comporta un abbattimento del rendimento che può essere stimato intorno al 1,5-2%. Il rendimento complessivo netto risulterebbe quindi

intorno al 91%.

Per quanto riguarda il sistema secondo l'invenzione, il rendimento globale del sistema (elettrico + termico) è molto più elevato, come caratteristico dei sistemi cogenerativi.

5 Il rendimento globale del sistema (elettrico + termico) può essere molto più elevato, come caratteristico dei sistemi cogenerativi.

Il sistema a pompa di calore, se ben realizzato, può garantire un COP pari a 3 (COP coefficiente di prestazione o coefficiente di effetto utile: rapporto tra energia resa - alla sorgente di interesse - ed energia consumata).
 10 In questo modo la potenza meccanica prelevata dal compressore frigorifero 14 - che fa diminuire il rendimento elettrico - è pari a solo 1/3 della potenza termica sottratta ai componenti "caldi" del sistema (Im, M, Gaf) e resa disponibile allo scambiatore di calore, comportando un bilancio più che positivo in termini di rendimento complessivo, che può superare il 95%, con i valori sopradetti.
 15

Una tabella riassuntiva con i valori ed il calcolo dei rendimenti del sistema è riportato qui di seguito.

Rendimento cogeneratore eolico				
20	η inverter	a	0,960	rendimento inverter
	η motore	b	0,950	rendimento motore
	η generatore	c	0,950	rendimento generatore ausiliario
	COP	d	3,000	COP pompa di calore
	E_i	a	0,960	frazione energia in uscita all'inverter
	E_{id}	1-a	0,040	frazione energia persa dall'inverter
	E_m	a*b	0,912	frazione energia in uscita al motore
	E_{md}	a*(1-b)	0,048	frazione di energia persa dal motore
25	E_c	(1-a*b*c)/(1-c+d)	0,044	frazione energia utilizzata dal compressore
	E_{g2}	a*b - E_c	0,868	frazione di energia in ingresso al generatore ausiliario
	E_{gd}	(a*b- E_c)*(1-c)	0,043	frazione di energia persa dal generatore ausiliario
	E_r	(a*b- E_c)*c	0,825	frazione di energia elettrica resa (rendimento elettrico)
	E_x	E_c *d	0,131	frazione di energia termica recuperata (rendimento termico)
	E_r+E_x		0,956	rendimento totale

30 Appare pertanto evidente come, a fronte dell'utilizzo di componentistica di basso costo, il rendimento complessivo del sistema secondo l'invenzione risulti comunque particolarmente elevato.

E' inteso che quanto illustrato rappresenta solo possibili forme di attua-

zione non limitative dell'invenzione, la quale può variare nelle forme e disposizioni senza uscire dall'ambito del concetto alla base dell'invenzione. L'eventuale presenza di numeri di riferimento nelle rivendicazioni allegate ha unicamente lo scopo di facilitarne la lettura alla luce della descrizione che precede e degli allegati disegni e non ne limita in alcun modo l'ambito di protezione.

5

ARIA S.r.l.

a Prato

“SISTEMA COGENERATIVO PER PRODURRE ENERGIA MEDIANTE IL VENTO”

5

RIVENDICAZIONI

1) Sistema di produzione di energia comprendente un aerogeneratore (A) con rotore eolico (R) a regime di giri variabili a cui è associato un generatore elettrico principale (Gpv), detto aerogeneratore (A) comprendendo un dispositivo di conversione (D) atto a trasformare la tensione elettrica a
10 frequenza variabile proveniente dal generatore elettrico principale (Gpv) in una tensione elettrica con una frequenza sostanzialmente costante, preferibilmente corrispondente alla frequenza della rete elettrica (E) a cui detto aerogeneratore (A) è associabile; detto sistema comprendendo inoltre mezzi
15 (10) atti a recuperare almeno parte dell'energia termica (Td) dissipata da detto dispositivo conversione (D) e a trasferirla ad altro utilizzo (16).

2) Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi (10) atti a recuperare almeno parte dell'energia termica (Td) dissipata da detto dispositivo di conversione (D) comprendono un impianto a pompa di calore (10)
20 per il recupero del calore (Td) dissipato nel processo di conversione della corrente elettrica da corrente con frequenza variabile a corrente con frequenza sostanzialmente costante.

3) Sistema secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto dispositivo di conversione (D) della tensione elettrica a frequenza variabile in tensione elettrica con frequenza sostanzialmente costante, comprende mezzi (C) di
25 conversione della tensione elettrica a frequenza variabile ai capi del generatore elettrico principale (Gpv) in una potenza meccanica (17) trasmissibile ad un generatore elettrico ausiliario (Gaf) atto a generare corrente elettrica con una frequenza sostanzialmente corrispondente alla frequenza di rete (E), in cui detto generatore elettrico ausiliario (Gaf) è atto alla connessione con la
30 rete elettrica (E) per la produzione di corrente elettrica con frequenza sostanzialmente corrispondente a quella della stessa rete elettrica (E).

4) Sistema secondo la rivendicazione 3, in cui parte di detta potenza meccanica (17) è utilizzata per alimentare detti mezzi (10) atti a recu-

perare almeno parte dell'energia termica (Td) dissipata.

5) Sistema secondo le rivendicazioni precedenti, in cui parte della potenza meccanica (17) è fornita a mezzi di compressione (14) del fluido frigorifero circolante per un circuito frigorifero (11) appartenente a detto impianto a pompa di calore (10).

6) Sistema secondo una o più delle rivendicazioni dalla 2 alla 5, in cui detto impianto a pompa di calore (10) comprende un circuito frigorifero (11) a sua volta comprendente un primo scambiatore di calore (13A, 13B, 13C) associato ad almeno un rispettivo componente (Im, M, Gaf) di detto dispositivo di conversione (D), atto ad acquisire calore (Td) dissipato dallo stesso componente (Im, M, Gaf), ed almeno un secondo scambiatore di calore (15), atto a cedere calore (Tc) ad un utilizzo (16).

7) Sistema secondo una o più delle rivendicazioni dalla 3 alla 6, in cui detto dispositivo di conversione (D) comprende un motore elettrico (M) disposto a monte di detto generatore elettrico ausiliario (Gaf) e a valle di un convertitore (Im) di frequenza della tensione elettrica da variabile ad approssimante la frequenza di rete (E) atto ad alimentare lo stesso motore elettrico (M), detto convertitore di frequenza (Im) e detto motore elettrico (M) formando detti mezzi di conversione (C), l'uscita di potenza meccanica di detto motore elettrico (M) essendo connessa a detto generatore elettrico ausiliario (Gav) per il funzionamento di quest'ultimo con rotazione sostanzialmente corrispondente alla velocità di sincronismo con la rete elettrica (E).

8) Sistema, secondo una o più delle rivendicazioni dalla 3 alla 7, in cui la potenza meccanica è trasmessa al generatore elettrico ausiliario mediante una coppia rotante con velocità sostanzialmente corrispondente alla velocità di sincronismo con la rete elettrica.

9) Sistema, secondo la rivendicazione 7 o 8, in cui tra detto motore elettrico (M) e detto generatore ausiliario (Gaf) è presente una trasmissione meccanica (17) che trasferisce al generatore ausiliario (gaf) una coppia rotante; la potenza per far funzionare almeno in parte i mezzi di compressione (14) di detto impianto a pompa di calore (10) essendo prelevata da detta trasmissione meccanica (17) tramite almeno un organo di trasmissione meccanica (18).

10) Sistema, secondo una o più delle rivendicazioni dalla 2 alla 9, in cui detto dispositivo di conversione (D) comprende, in cascata, un convertitore di frequenza della tensione elettrica (I_m), un motore elettrico (M) e generatore elettrico ausiliario (Gaf); detti mezzi (10) atti a recuperare almeno parte dell'energia termica (T_d) comprendendo un impianto a pompa di calore (10) a sua volta comprendente scambiatori di calore (13A, 13B, 13C) associati ad almeno uno di detti componenti (I_m , M, Gaf) di detto dispositivo di conversione (D) per recuperare il calore dissipato da questo (I_m , M, Gaf) e preferibilmente associati a ciascun componente (I_m , M, Gaf).

10) 11) Sistema, secondo una o più delle rivendicazioni dalla 2 alla 10, in cui detto impianto a pompa di calore (10) prevede un circuito frigorifero (11) in cui scorre un fluido frigorifero, mezzi (12) di espansione del fluido frigorifero, primi mezzi di scambio di calore (13A, 13B, 13C) atti a trasferire calore (T_d) da detto dispositivo di conversione (D) al fluido frigorifero, mezzi (14) di compressione del fluido frigorifero, e secondi mezzi (15) di scambio di calore per cedere calore (T_c) dal fluido frigorifero ad utenze (16).

12) Sistema secondo una o più delle rivendicazioni dalla 7 alla 11, in cui detto motore elettrico (M) è di tipo asincrono e detto convertitore di frequenza (I_m) è un inverter per motori elettrici asincroni che prevede il raddrizzamento della tensione a frequenza variabile in ingresso in una tensione continua e la successiva ri-trasformazione della tensione continua in una tensione modulata ad impulsi (PWM) approssimante una con frequenza sostanzialmente corrispondente a quella della rete elettrica (E).

13) Sistema secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui detto generatore elettrico ausiliario (Gaf) è un motore elettrico asincrono usato come generatore.

14) Sistema di conversione secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui l'uscita di detti mezzi di conversione (C) atta a trasmettere potenza meccanica è direttamente connessa a detto generatore elettrico ausiliario (Gaf); preferibilmente la connessione dell'uscita di detti mezzi di conversione (C) atta a trasmettere potenza meccanica e detto generatore elettrico ausiliario (Gaf) essendo di tipo meccanico.

15) Aerogeneratore con rotore eolico (R) a regime di giri variabili a

cui è associato un generatore elettrico principale (Gpv) comprendente un dispositivo di conversione (D) e un impianto a pompa di calore come nel sistema secondo una o più delle rivendicazioni precedenti.

- 5
- 16) Procedimento per la produzione di energia che comprende
- mettere in rotazione un rotore per effetto del vento,
 - generare corrente elettrica a frequenza variabile per effetto della rotazione del rotore,
 - convertire la corrente elettrica a frequenza variabile in corrente elettrica a frequenza costante tramite mezzi di conversione dissipanti
- 10
- trasferire almeno parte del calore dissipato ad una o più utenze.

Domanda di Brevetto n. FI2011A000267 del 09/12/2011 a nome ARIA S.R.L. avente per titolo "SISTEMA COGENERATIVO PER PRODURRE ENERGIA MEDIANTE IL VENTO"

5

CLAIMS

1) An energy producing system comprising an aerogenerator (A) with wind rotor (R) with variable speed rate with which there is associated a main electric generator (Gpv), said aerogenerator (A) comprising a conversion device (D) adapted to transform the variable frequency electric voltage coming from the main electric generator (Gpv) into an electric voltage with substantially constant frequency, preferably corresponding to the frequency of the electrical power system (E) with which said aerogenerator (A) can be associated; said system also comprising means (10) adapted to recover at least part of the thermal energy (Td) dissipated by said conversion device (D) and to transfer it to another utility (16).

2) The energy producing system according to claim 1, wherein said means (10) adapted to recover at least part of the thermal energy (Td) dissipated by said conversion device (D) comprise a heat pump system (10) for recovery of the heat (Td) dissipated in the conversion process of the electric current from variable frequency current to current with substantially constant frequency.

3) The system according to claim 1 or 2, wherein said conversion device (D) to convert the variable frequency electric voltage into electric voltage with substantially constant frequency, comprises means (C) for conversion of the variable frequency electric voltage at the terminals of the main electric generator (Gpv) into mechanical power (17) transmittable to an auxiliary electric generator (Gaf) adapted to generate electric current with a frequency substantially corresponding to the power supply frequency (E), wherein said auxiliary electric generator (Gaf) is adapted for connection to the electrical power system (E) to produce electric current with a frequency substantially corresponding to that of the same electrical power system (E).

4) The system according to claim 3, wherein part of said mechanical power (17) is used to supply said means (10) adapted to recover

at least part of the thermal energy (Td) dissipated.

5 5) The system according to the preceding claims, wherein part of the mechanical power (17) is supplied to compression means (14) of the coolant circulating in a cooling circuit (11) belonging to said heat pump system (10).

10 6) The system according to one or more of claims 2 to 5, wherein said heat pump system (10) comprises a cooling circuit (11) in turn comprising a first heat exchanger (13A, 13B, 13C) associated with at least one respective component (Im, M, Gaf) of said conversion device (D), adapted to acquire heat (Td) dissipated by the same component (Im, M, Gaf), and at least a second heat exchanger (15), adapted to transfer heat (Tc) to a utility (16).

15 7) The system according to one or more of claims 3 to 6, wherein said conversion device (D) comprises an electric motor (M) arranged upstream of said auxiliary electric generator (Gaf) and downstream of a frequency converter (Im) of the electric voltage from variable to close to the power supply frequency (E) adapted to feed the same electric motor (M), said frequency converter (Im) and said electric motor (M) forming said conversion means (C), the mechanical power output of said electric motor (M) being
20 connected to said auxiliary electric generator (Gav) for operation of this latter with rotation substantially corresponding to the speed of synchronism with the electrical power system (E).

25 8) The system according to one or more of claims 3 to 7, wherein the mechanical power is transmitted to the auxiliary electric generator by means of a rotating torque with speed substantially corresponding to the speed of synchronism with the electrical power system.

30 9) The system according to claim 7 or 8, wherein between said electric motor (M) and said auxiliary generator (Gaf) is a mechanical transmission (17) which transfers a rotating torque to the auxiliary electric generator (Gaf); the power to operate at least in part the compression means (14) of said heat pump system (10) being drawn from said mechanical transmission (17) through at least one mechanical transmission member (18).

10) The system according to one or more of claims 2 to 9, wherein said conversion device (D) comprises, in cascade, a frequency converter of the electric voltage (Im), an electric motor (M) and auxiliary electric generator (Gaf); said means (10) adapted to recover at least part of the thermal energy (Td) comprising a heat pump system (10) in turn comprising heat exchangers (13A, 13B, 13C) associated with at least one of said components (Im, M, Gaf) of said conversion device (D) to recover the heat dissipated thereby (Im, M, Gaf) and preferably associated with each component (Im, M, Gaf).

11) The system according to one or more of claims 2 to 10, wherein said heat pump system (10) is provided with a cooling circuit (11) in which a coolant flows, means (12) for expansion of the coolant, first heat exchange means (13A, 13B, 13C) adapted to transfer heat (Td) from said conversion device (D) to the coolant, compression means (14) of the coolant, and second heat exchange means (15) to transfer heat (Tc) from the coolant to utilities (16).

12) The system according to one or more of claims 7 to 11, wherein said electric motor (M) is of asynchronous type and said frequency converter (Im) is an inverter for asynchronous electric motors which provides for rectification of the variable frequency input voltage into direct voltage and subsequent re-transformation of the direct voltage into a pulse modulated voltage (PWM) close to one with frequency substantially corresponding to that of the electrical power system (E).

13) The system according to one or more of the preceding claims, wherein said auxiliary electric generator (Gaf) is an asynchronous electric motor used as generator.

14) The conversion system according to one or more of the preceding claims, wherein the output of said conversion means (C) adapted to transmit mechanical power is directly connected to said auxiliary electric generator (Gaf); preferably the connection of the output of said conversion means (C) adapted to transmit mechanical power and said auxiliary electric generator (Gaf) being of mechanical type.

15) An aerogenerator with wind rotor (R) with variable speed rate, associated with which is a main electric generator (Gpv) comprising a

conversion device (D) and a heat pump system as in the system according to one or more of the preceding claims.

- 16) Process for the production of energy comprising
- rotating a rotor by means of the wind,
 - 5 - generating a variable frequency electric current by means of rotation of the rotor,
 - converting the variable frequency electric current into an electric current with constant frequency through conversion means which dissipate heat,
 - 10 - transferring at least part of the dissipated heat to one or more utilities.

1/1

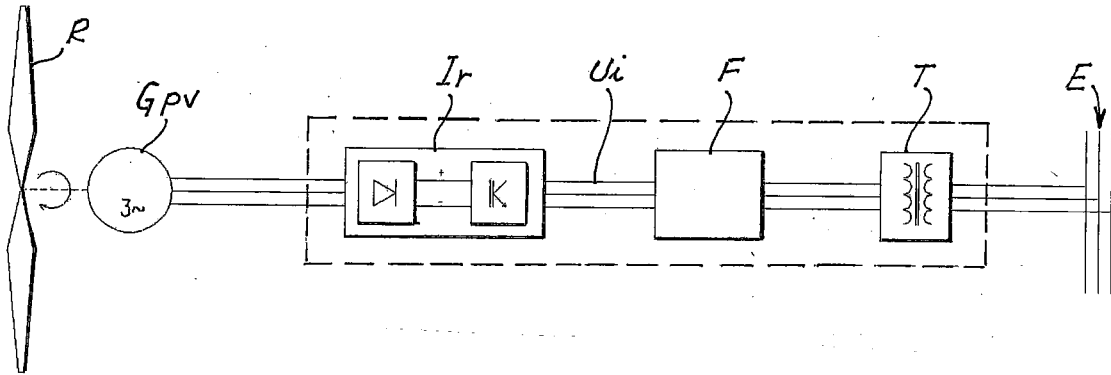


Fig. 1 STATO DELLA TECNICA

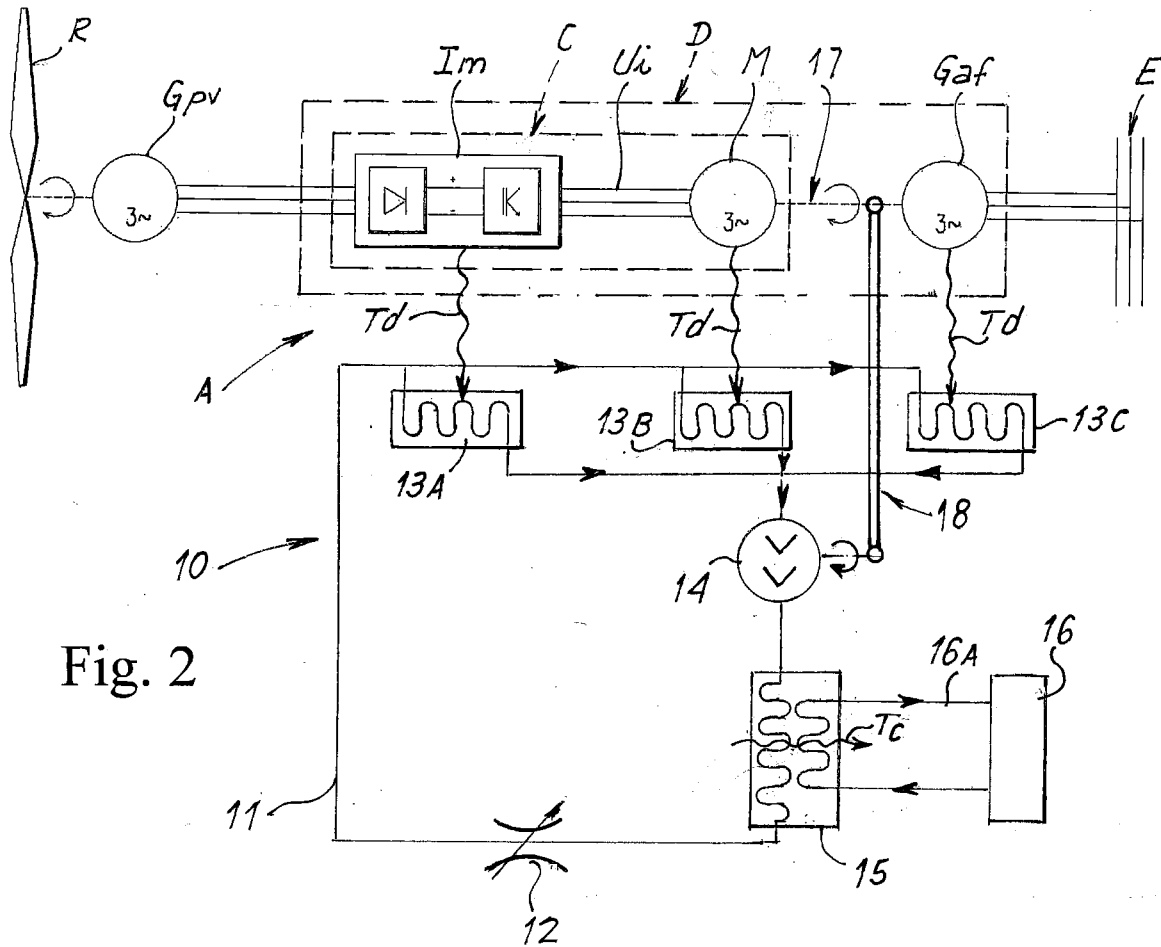


Fig. 2