



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	102015000018196
Data Deposito	27/05/2015
Data Pubblicazione	27/11/2016

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	D		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	D		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	24	H		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	B		

Titolo

METODO DI CONTROLLO DI UNA POMPA DI CALORE E SISTEMA DI RISCALDAMENTO/RAFFRESCAMENTO CHE IMPLEMENTA TALE METODO

Domanda di brevetto per invenzione industriale dal titolo:

“Metodo di controllo di una pompa di calore e sistema di riscaldamento/raffrescamento che implementa tale metodo.”

DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce a un metodo per controllare una pompa di calore in modo ottimale rispetto a uno o più parametri impostati, e a un sistema di riscaldamento/raffrescamento che implementa tale metodo.

Stato dell'arte

Le normative sull'edilizia e sull'efficienza energetica dei fabbricati impongono requisiti di costruzione per diminuire il consumo energetico, ridurre le dispersioni termiche, generare minori emissioni di anidride carbonica (CO₂). In particolare, le operazioni di riscaldamento e raffrescamento hanno grande impatto sui consumi energetici.

In questo senso, i requisiti costruttivi dei nuovi fabbricati e le operazioni di manutenzione su quelli già esistenti tentano di conciliare un buon confort abitativo a un ridotto fabbisogno energetico. Ad esempio, in alcune regioni, i nuovi edifici e quelli soggetti a ristrutturazioni rilevanti devono rispettare stringenti limiti normativi oltre a richiedere la copertura, con percentuali via via crescenti, del fabbisogno di energia necessaria per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento/raffrescamento. Soluzioni di questo tipo forniscono un primo livello di risparmio sui consumi e riducono, almeno in parte, l'impatto ambientale. A queste soluzioni se ne aggiungono altre come ad esempio sistemi di *building automation* in grado di ricevere una pluralità di informazioni, tra cui: previsioni meteorologiche, irraggiamento solare e le condizioni termo-igrometriche di ogni singolo ambiente al fine di mantenere le condizioni impostate dall'utente.

Gli impianti di riscaldamento/raffrescamento con pompa di calore trasformano l'energia elettrica in energia termica per riscaldare o raffrescare gli ambienti dell'edificio in cui sono installati. Il rendimento di una pompa di calore si misura tramite il coefficiente di prestazione, *CoP* (*Coefficient of Performance*) nella fase di riscaldamento, ed *EER* (*Energy Efficiency Ratio*) nella fase di raffrescamento. Il *CoP* si definisce come rapporto fra calore somministrato alla sorgente a temperatura più alta e lavoro speso per compiere tale operazione. L'*EER* si definisce come rapporto fra calore sottratto alla sorgente a temperatura più bassa e lavoro speso per compiere tale operazione. I valori di *CoP* ed *EER* dipendono da diversi parametri, tra cui temperatura e umidità atmosferica. Dunque,

una certa pompa di calore è caratterizzata da una curva di *CoP* (o *EER*) funzione di tali parametri.

Inoltre, la normativa vigente prevede l'obbligo, per i fabbricati di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazione rilevante, di dotazione di uno o più moduli fotovoltaici per produrre energia elettrica da energia solare. L'energia elettrica prodotta può essere usata per alimentare i consumi delle utenze associate a quel fabbricato, oppure essere immessa nella rete elettrica pubblica. I moduli fotovoltaici hanno curve di efficienza dipendenti dalle condizioni atmosferiche a cui sono esposti. Infatti, la trasformazione di energia elettrica da energia solare dipende dall'intensità di irraggiamento, che a sua volta dipende dalle condizioni atmosferiche. In una giornata, la curva di produzione di energia coincide, all'incirca, con la durata dell'illuminazione solare; piuttosto breve durante la stagione invernale, estesa durante quella estiva. Molto spesso, la fascia oraria in cui si concentrano la maggior parte dei consumi non coincide con la curva di produzione di energia dell'impianto fotovoltaico. In questo scenario, l'energia elettrica prodotta non viene consumata dall'utenza associata, pertanto è ceduta alla rete elettrica pubblica; invece nei momenti di consumo si assorbe l'energia elettrica dalla rete elettrica pubblica.

Le soluzioni per l'efficienza energetica comprendono quindi caratteristiche costruttive e dispositivi per ridurre gli sprechi dei consumi di un fabbricato, migliorarne di conseguenza l'efficienza e garantire la sua indipendenza energetica. Nel progetto di queste soluzioni e nella scelta di quali adottare, le condizioni ambientali a cui un fabbricato è esposto giocano un ruolo importante. Anche le abitudini degli utenti di una unità abitativa influiscono sui consumi e sull'efficienza raggiungibile.

In virtù delle tecniche note, un fabbricato nuovo costruito secondo i requisiti normativi, associato a uno o più pannelli fotovoltaici e dotato di sistema di riscaldamento/raffrescamento offre un buon livello di confort abitativo, a costi di esercizio contenuti, consumi accettabili e impatto ambientale ridotto. Sempre in virtù delle tecniche note, per fabbricati già esistenti si possono mettere in opera azioni di adeguamento volte a ridurre impatti ambientali e consumi energetici.

Sommario

I Richiedenti si sono resi conto che le tecniche note forniscono accorgimenti senz'altro validi, tuttavia senza un legame sinergico che permetta di trarre un consistente vantaggio dalle soluzioni disponibili.

Una gestione approssimativa del riscaldamento o del raffrescamento di un fabbricato (in particolare, di una o più unità abitative) può vanificare gli effetti delle soluzioni costruttive per l'efficienza energetica. L'esigenza di aumentare o diminuire la temperatura di un

locale può coincidere con un momento di massimo costo energetico o più in generale d'esercizio. Ad esempio, un utente (o un sistema di controllo) può imporre l'aumento di temperatura quando l'efficienza della pompa di calore è in una regione di minimo. Un discorso analogo può essere fatto per soluzioni in cui sono presenti pannelli fotovoltaici e il sistema di controllo può richiedere la produzione di energia termica quando non vi è produzione di energia dal campo fotovoltaico o viceversa non richiede produzione di energia termica quando invece è disponibile energia da fonte rinnovabile.

Inoltre, il sistema di controllo di un impianto di riscaldamento/raffrescamento basato solo sulla temperatura rilevata all'interno degli ambienti per mantenere quella desiderata può essere insufficiente per pilotare in condizioni ottimali una pompa di calore. Infatti, in questo modo non si tengono in considerazione una serie di caratteristiche statiche/dinamiche dell'edificio che si intende riscaldare/raffrescare.

Scopo generale della presente invenzione è congegnare un metodo di controllo di una pompa di calore che permetta di superare i limiti delle soluzioni note.

L'idea inventiva alla base della presente invenzione prevede di eseguire un controllo su una pompa di calore associata a un impianto di riscaldamento/raffrescamento sulla base di parametri impostati e calcolati che tengono conto di una pluralità di condizioni che influenzano il processo di riscaldamento/raffrescamento.

Un primo scopo specifico della presente invenzione è congegnare un metodo per controllare in modo ottimale una pompa di calore.

Un secondo scopo specifico della presente invenzione è realizzare un metodo per controllare una pompa di calore che tiene conto delle soluzioni costruttive per l'efficienza energetica disponibili per il fabbricato da riscaldare/raffrescare.

In generale, un metodo di controllo di un sistema di riscaldamento/raffrescamento dotato di una pompa di calore e associato ad almeno una unità abitativa o ad almeno una unità abitativa in combinazione con un gruppo di accumulo termico secondo la presente invenzione comprende le fasi di:

A - associare una curva di rendimento a detta pompa di calore;

B - impostare un istante temporale di riferimento e calcolare la massima quantità di energia termica accumulabile, fino a un primo istante temporale successivo a detto istante di riferimento, da detta unità abitativa o da detta unità abitativa in combinazione con detto gruppo di accumulo termico;

C - acquisire una pluralità di valori di temperatura relativi alla previsione delle temperature esterne fino a un secondo istante temporale successivo a detto istante di riferimento;

D - ricevere almeno un valore di temperatura ambiente desiderato per detta unità abitativa;

E - calcolare e impostare la potenza termica fornita da detta pompa di calore sulla base delle informazioni da A a D.

Ulteriori caratteristiche tecniche vantaggiose sono descritte nelle rivendicazioni dipendenti.

Breve descrizione dei disegni.

La figura 1 illustra uno schema a blocchi indicativo di alcune fasi del metodo secondo la presente invenzione;

la figura 2 mostra in modo schematico alcune grandezze rilevate per eseguire una prima forma di realizzazione del metodo secondo la presente invenzione;

la figura 3 mostra in modo schematico alcune grandezze rilevate per eseguire una seconda forma di realizzazione del metodo secondo la presente invenzione;

la figura 4 mostra uno schema di una prima forma di realizzazione di un sistema in accordo alla presente invenzione;

la figura 5 mostra uno schema di una seconda forma di realizzazione di un sistema in accordo alla presente invenzione.

Descrizione dettagliata

La seguente descrizione ed i relativi disegni sono da considerare puramente illustrativi e quindi non limitativi della presente invenzione, la quale potrà essere implementata in diverse forme realizzative.

Con riferimento alla figura 1, è possibile notare uno schema in cui sono rappresentati blocchi di esecuzione dei passi di un metodo secondo la presente invenzione.

Tale metodo è concepito per un sistema di riscaldamento/raffrescamento, dove quest'ultimo è dotato di una pompa di calore ed è associato ad almeno una unità abitativa o ad almeno una unità abitativa in combinazione con un gruppo di accumulo termico.

Ai fini della presente invenzione, per unità abitativa si intende un fabbricato destinato all'uso abitativo privato o commerciale, oppure a un fabbricato di tipo produttivo. In ogni caso l'unità abitativa è dotata di un involucro esterno che definisce uno o più spazi interni che si intende riscaldare oppure raffrescare con un sistema oggetto della presente invenzione.

In alcuni casi, l'unità abitativa comprende un semplice involucro che delimita il volume esterno dell'edificio da quello interno allo stesso. In altri casi, l'unità abitativa è in combinazione con un gruppo di accumulo termico. In questo senso, un primo esempio è l'involucro esterno equipaggiato di un modulo termico (noto con il nome di *cappotto*

termico). In un secondo esempio, l'unità abitativa comprende un gruppo di accumulo termico idrico, come un serbatoio di acqua. In un terzo esempio, l'unità abitativa comprende un gruppo di accumulo termico chimico, come *phase change material* posto in una cisterna o un serbatoio dedicati, oppure nella stratigrafia dell'involucro dell'edificio, in forma di pannelli o vernice applicata. Il metodo secondo la presente invenzione permette di sfruttare vantaggiosamente le varie tipologie di unità abitativa per raggiungere un risparmio di potenza elettrica fornita alla pompa di calore per generare equivalente potenza termica.

Il blocco 101 identifica il primo passo - A - di un metodo secondo la presente invenzione: associare una curva di rendimento alla pompa di calore. Il rendimento di una pompa di calore dipende da una pluralità di fattori determinati dalle condizioni di esposizione ambientale, tra i più importanti si possono menzionare la temperatura e l'umidità a cui è esposta. Pertanto il rendimento di una pompa di calore valutato in un certo intervallo di tempo dipende dai valori di temperatura e umidità in quell'intervallo di tempo. Il rendimento si esprime tramite il coefficiente *CoP* per il ciclo di riscaldamento e il coefficiente *EER* per il ciclo di raffrescamento. Ad esempio, durante una giornata invernale, la pompa di calore lavora in ciclo di riscaldamento e in un intervallo di 24 ore è esposta a valori di temperatura in un intervallo di 8 gradi centigradi (ad esempio, tra 0°C e 8°C) e a valori di umidità in un intervallo di 100 g/m³ (ad esempio, tra 50 g/m³ e 150g/m³). In quest'arco temporale, e a quei valori di temperatura e umidità, i valori di *CoP* hanno un certo andamento. Un esempio analogo può essere fornito per la medesima pompa di calore in una giornata estiva, in cui però sono i valori di *EER* a variare. Il passo A del metodo secondo la presente invenzione associa l'andamento dei valori di *CoP* o di *EER* in funzione dei fattori rilevanti (ad esempio temperatura e umidità) alla pompa di calore in oggetto. Si possono così derivare le condizioni di esposizione ambientale per cui la pompa di calore ha rendimento migliore o peggiore.

Ad esempio, si ipotizza un intervallo temporale di 24 ore, dalle ore 00:00 alle ore 24:00. Si sceglie di considerare un valore di *CoP* (o *EER*) per ogni ora, i valori di temperatura e umidità nell'intorno di quell'ora ne influenzano il valore. Si ottengono pertanto 24 punti di *CoP* (o *EER*) che ne indicano il valore alla rispettiva ora di riferimento. Dall'interpolazione dei punti scelti si individua l'andamento del rendimento della pompa di calore nell'intervallo temporale scelto.

Il blocco 102 identifica la seconda fase - B - del metodo secondo la presente invenzione: si imposta un istante temporale di riferimento e si calcola la massima quantità di energia termica accumulabile, fino a un primo istante temporale successivo all'istante di

riferimento, dall'unità abitativa o dall'unità abitativa in combinazione con il gruppo di accumulo termico.

In altre parole, lo scopo della fase B, identificata nel blocco 102, è determinare la quantità di energia termica - esprimibile in calorie o in frigoriche - che un'unità abitativa del tipo citato può accumulare in un intervallo di tempo determinato.

In una forma di realizzazione, tale fase si implementa calcolando il valore di resistenza termica e il valore di capacità termica dell'unità abitativa di interesse nell'intervallo di tempo determinato. Secondo un'ulteriore forma di realizzazione, i valori di resistenza termica e di capacità termica vengono inizializzati a determinati valori tramite un procedimento di calibrazione, in questo modo si stimano i valori iniziali di resistenza e capacità termica in modo oggettivo. Alle informazioni indicative della quantità di energia termica che l'unità abitativa può accumulare, si possono aggregare informazioni aggiuntive indicative delle caratteristiche strutturali dell'unità abitativa (ad esempio, la presenza o meno di un modulo termico; la presenza o meno di un gruppo di accumulo termico associato all'unità abitativa). In questo modo, si possono "pesare" i valori di resistenza e capacità termica in base all'unità abitativa di interesse: alla luce di tali informazioni si possono impostare a certi valori i parametri operativi di unità abitative più recenti e dotate di moduli termici, e secondo altri valori i parametri operativi di unità abitative più vecchie prive di moduli termici.

In altre parole, i valori di resistenza e capacità termica mettono in relazione le caratteristiche dell'unità abitativa con le condizioni climatiche esterne: temperatura, irraggiamento solare, esposizione dell'unità abitativa. In particolare forniscono indizi sulla variazione di temperatura ambiente dell'unità abitativa che tali condizioni causano. E' bene precisare che durante il periodo invernale i valori di resistenza e capacità termica sono circa costanti durante un arco temporale piuttosto esteso, ad esempio di una giornata di 24 ore. Per contro, durante il periodo estivo i valori di resistenza e capacità termica possono avere una dinamica più estesa e soprattutto essere caratterizzati da uno sfasamento. In altre parole, considerando un arco temporale di 24 ore, le condizioni climatiche esterne in un certo momento possono influenzare sensibilmente i valori di resistenza e capacità termica di quell'unità abitativa con un certo numero di ore di sfasamento; quindi, ad esempio, la temperatura ambiente dell'unità abitativa di interesse risente alle ore 18:00 delle condizioni climatiche delle ore 12:00. Anche sulla base di queste informazioni, il modello comanda la pompa di calore in accordo; come risulterà più chiaro dalla descrizione che segue.

E' importante notare che si definisce un intervallo temporale di misura compreso tra un primo istante di riferimento e un primo istante successivo all'istante di riferimento. L'intervallo temporale di misura è tipicamente compreso nell'ordine delle ore, tuttavia in altri casi possono essere contemplati differenti valori.

Il blocco 103 identifica la terza fase - C - del metodo secondo la presente invenzione: acquisire una pluralità di valori di temperatura relativi alla previsione delle temperature esterne fino a un secondo istante temporale successivo all'istante di riferimento. In altre parole si acquisiscono le previsioni di temperatura di un intervallo di tempo futuro in cui si opererà il sistema di riscaldamento/raffrescamento secondo il metodo alla base della presente invenzione. Secondo una forma di realizzazione, si imposta la durata dell'intervallo di tempo futuro e si acquisiscono i valori di temperatura previsti in quell'intervallo.

Il blocco 104 identifica la quarta fase - D - del metodo secondo la presente invenzione: ricevere almeno un valore di temperatura ambiente desiderato per l'unità abitativa di interesse. Si riceve in pratica il valore di temperatura impostato dall'utente di quella unità abitativa. Tale valore è espresso tipicamente in gradi centigradi e altrettanto tipicamente è legato a una programmazione di temperature che lo stesso utente desidera per quell'unità abitativa. Ad esempio, un utente imposta le seguenti temperature per le corrispondenti fasce orarie:

18 °C tra le ore 00:00 e 7:00;

19 °C tra le ore 7:00 e le 8:00;

18 °C tra le ore 8:00 e le ore 18:00;

21 °C tra le ore 18:00 e le ore 22:00 e

18 °C tra le ore 22:00 e le ore 00:00.

Si acquisiscono di conseguenza i valori di temperatura per le fasce orarie corrispondenti. Nel caso dell'esempio si può impostare l'intervallo di tempo futuro pari a 24 ore e per ogni ora si assegna il valore di temperatura desiderato.

In una forma di realizzazione, tra le fasi A - D si esegue inoltre la fase di acquisire valori di costo energetico relativi al costo dell'energia elettrica assorbita dall'unità abitativa o dall'unità abitativa in combinazione con il gruppo di accumulo termico dal primo istante temporale a al secondo istante successivo.

L'energia elettrica viene fornita a prezzi differenti per le diverse fasce orarie di una giornata. In questo senso, si ipotizzano quattro intervalli di tariffazione in un arco temporale di 24 ore. L'intervallo tra le ore 00:00 - 07:00 corrisponde a una prima fascia oraria, in cui è particolarmente vantaggioso il prezzo di fornitura della corrente elettrica,

cioè il costo per la fornitura di corrente elettrica è più basso rispetto al costo medio. L'intervallo tra le ore 07:00 - 11:00 corrisponde a una seconda fascia oraria in cui è particolarmente svantaggioso il prezzo di fornitura della corrente elettrica, cioè il costo per la fornitura di corrente elettrica è più alto rispetto al costo medio. L'intervallo 11:00 - 18:00 corrisponde a una terza fascia oraria in cui è particolarmente vantaggioso il prezzo di fornitura della corrente elettrica. Infine, l'intervallo tra le ore 18:00 - 00:00 corrisponde a una quarta fascia oraria in cui è particolarmente svantaggioso il prezzo di fornitura della corrente elettrica. Nell'intervallo di interesse compreso tra il primo istante di riferimento e il secondo istante successivo si acquisiscono i valori indicativi del prezzo di fornitura della corrente elettrica. Si ipotizza un intervallo di interesse tra le ore 07:00 e le ore 14:00. In una forma di realizzazione, si divide questo intervallo in una pluralità di sottointervalli della durata di un'ora ciascuno. Si associa ogni sottointervallo a un valore indicativo del prezzo di fornitura della corrente elettrica. In questo modo, si comanda la pompa di calore corrispondentemente. Nell'esempio proposto, i sottointervalli tra le 07:00 e le 11:00 si associano a un valore indicativo del prezzo favorevole di fornitura della corrente elettrica, mentre i sottointervalli tra le 11:00 e le 14:00 si associano a un valore indicativo del prezzo sfavorevole di fornitura della corrente elettrica. Sulla base di queste informazioni combinate con quelle precedentemente ricavate (cioè informazioni sulla curva di rendimento della pompa di calore in oggetto, informazioni sulle previsioni della temperatura esterna, sulla quantità di energia accumulabile dall'unità abitativa, sulla temperatura ambiente desiderata) si comanda la pompa di calore. In questo modo si può comandare la pompa di calore nel massimo del suo rendimento in combinazione con il costo minimo dell'energia elettrica, o combinazioni di queste condizioni, sulla base del profilo di consumo/comfort che un utente, di volta in volta, imposta.

Secondo una forma di realizzazione, il passo A comprende una fase preliminare in cui si inferisce il valore curva di rendimento della pompa di calore. Tipicamente tale operazione avviene tramite misure iterative per ricavare le prestazioni della pompa di calore rispetto alle condizioni ambientali a cui è esposta.

Secondo una forma di realizzazione alternativa, il passo A comprende una fase preliminare in cui si stima una curva di rendimento per la pompa di calore. Tipicamente, tale fase si esegue quando inferire la curva di rendimento tramite un ciclo di calcolo iterativo è troppo oneroso.

Il passo 105 individua la quinta fase - E - di un metodo secondo la presente invenzione, in cui si calcola e imposta la potenza termica fornita dalla pompa di calore sulla base delle informazioni acquisite e/o elaborate nelle precedenti fasi da A a D.

Con riferimento alla figura 2, sono illustrati alcuni schemi semplificativi per fornire un esempio di applicazione del metodo secondo la presente invenzione.

La sezione A mostra una pompa di calore 10 a cui si associa la curva di rendimento 20. Si ipotizza di ottenere un certo numero di valori di CoP nell'intervallo (t_0, t_1) .

La sezione B mostra una unità abitativa 30 per cui si calcola la massima quantità di energia accumulabile in un intervallo di tempo (t_2, t_3) . Il grafico 40 mostra la quantità di energia che l'edificio 30 può accumulare nell'intervallo scelto. Secondo una forma di realizzazione, la curva 40 si ricava calcolando i valori di resistenza e capacità termica dell'edificio. In particolare, i valori di resistenza e capacità termica vengono inizializzati tramite una fase di calibrazione iniziale. Secondo una forma di realizzazione, tale calibrazione esegue nell'ordine: una misura della temperatura esterna all'unità abitativa e di quella interna alla stessa; un primo ciclo di riscaldamento a potenza (della pompa di calore), massima della durata di un'ora; una misura della temperatura esterna all'unità abitativa e di quella interna alla stessa al termine del primo ciclo; un secondo ciclo di raffreddamento a potenza nulla (della pompa di calore) della durata di un'ora; una misura della temperatura esterna all'unità abitativa e di quella interna alla stessa al termine del secondo ciclo. Successivamente, si risolve il seguente sistema di equazioni:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{TH_1} = (T_{amb_0} - T_{est_0}) * (Ct / \Delta t) - (T_{amb_1} - T_{est_1}) * (Ct / \Delta t - 1 / Rt) \\ P_{TH_2} = (T_{amb_1} - T_{est_1}) * (Ct / \Delta t) - (T_{amb_2} - T_{est_2}) * (Ct / \Delta t - 1 / Rt) \end{array} \right\}$$

dove:

P_{TH_n} : fabbisogno energia termica oraria;

T_{amb_n} : temperatura interna misurata all'ora n;

T_{est_n} : temperatura esterna misurata all'ora n;

Ct : capacità termica;

Δt : differenza di tempo tra i vari istanti (nelle forme di realizzazione, pari a 1 ora);

$T_{amb_{n-1}}$: temperatura interna misurata all'ora n-1;

$T_{est_{n-1}}$: temperatura esterna misurata all'ora n-1;

Rt : resistenza termica.

In pratica, con questa operazione si conosce la "reattività" dell'unità abitativa alla somministrazione di energia termica (sia in termini di calorie che di frigorie) e la sua capacità di conservazione di tale energia.

La sezione C mostra il grafico 50 di previsione delle temperature. Una pluralità di valori di temperatura sono associati a corrispondenti istanti temporali all'interno dell'intervallo di interesse. Un servizio dotato di interfaccia Internet può fornire questi valori. Le previsioni sulla temperatura, associate alle altre informazioni precedentemente descritte, permettono di calcolare al meglio la potenza termica da impostare per la pompa di calore in oggetto. Intuitivamente, se il grafico 50 indica un brusco calo di temperatura, si dovrà tenere conto della necessità di fornire una maggiore potenza tramite la pompa di calore per garantire la temperatura ambiente desiderata.

La sezione D mostra il grafico 100 della potenza termica fornita dalla pompa di calore sovrapposto al grafico 200 della temperatura ambiente all'interno dell'unità abitativa di interesse. Le ascisse si riferiscono al tempo, le ordinate si riferiscono alla potenza fornita dalla pompa di calore e alla temperatura raggiunta all'interno dell'unità abitativa. Si nota che il primo tratto 101 indica una potenza termica crescente in corrispondenza del tratto 201 dove la temperatura ambiente desiderata è piuttosto basso. Questo perché nell'intervallo (t_6, t_7) il CoP della pompa di calore è particolarmente alto (vedi grafico sezione A), ed è dunque vantaggioso fornire potenza termica nell'intervallo citato per raggiungere la temperatura ambiente desiderata nell'intervallo (t_8, t_9) . Analogamente, nell'intervallo (t_7, t_8) valgono le stesse condizioni: è particolarmente vantaggioso fornire potenza termica tramite la pompa di calore, nonostante la temperatura ambiente impostata per il medesimo intervallo sia bassa.

Differentemente, nell'ultimo intervallo (t_8, t_9) è svantaggioso fornire potenza termica tramite la pompa di calore: ad esempio perché il CoP della pompa di calore, nonostante nello stesso intervallo la temperatura ambiente desiderata sia piuttosto alta. La somministrazione di potenza termica calcolata ed effettuata negli intervalli (t_6, t_7) e (t_7, t_8) permette di raggiungere la temperatura ambiente desiderata - indicata dal tratto 203 - nell'intervallo (t_8, t_9) , inoltre la pompa di calore 10 viene comandata per fornire gran parte dell'energia termica durante le condizioni più vantaggiose, quando il suo *CoP* è elevato. Questo si traduce in un risparmio di corrente elettrica necessaria ad alimentare la pompa di calore, a parità di potenza termica fornita.

In una forma di realizzazione, si valuta l'alimentazione elettrica richiesta dalla pompa di calore quando non è sufficiente la produzione di energia elettrica del pannello fotovoltaico oppure quando non è presente un pannello fotovoltaico. Si valuta inoltre il costo orario dell'energia elettrica e si comanda la pompa di calore corrispondentemente. Ad esempio, se in un intervallo orario è particolarmente conveniente il costo dell'energia elettrica, si comanda la pompa di calore per sfruttare vantaggiosamente questa condizione. Secondo

una forma di realizzazione, il passo C prevede inoltre di acquisire valori di irraggiamento solare, valori di umidità e informazioni su previsioni meteo. In questo modo, il modello alla base del metodo secondo la presente invenzione non è limitato solo alla previsione di temperature, si rendono disponibili ulteriori informazioni per calcolare e impostare la potenza termica.

Il metodo secondo la presente invenzione è inoltre concepito per controllare pompe di calore di sistemi di riscaldamento/raffrescamento di unità abitative associate a uno a più pannelli fotovoltaici. In questo caso, il concetto alla base della presente invenzione prevede di tenere conto di caratteristiche relative al campo fotovoltaico installato per l'unità abitativa di interesse, oltre alle informazioni già descritte relative all'unità abitativa stessa (resistenza e capacità termiche, tipologia di involucro, ecc.); alla pompa di calore (curva di rendimento) e a fattori ambientali incidenti (temperatura, ecc.).

Secondo una forma di realizzazione, si determina la potenza elettrica prodotta da uno o più pannelli fotovoltaici associati all'unità abitativa o all'unità abitativa in combinazione con un gruppo di accumulo termico, dall'istante temporale di riferimento all'istante temporale successivo, e si calcola e imposta la potenza termica fornita dalla pompa di calore anche sulla base della potenza elettrica determinata.

Con riferimento alla figura 3, sono illustrati alcuni schemi semplificativi per fornire un esempio di ulteriori forme di realizzazione del metodo secondo la presente invenzione. Si ipotizza che il ciclo termico realizzato dalla pompa di calore in oggetto sia di raffrescamento.

La sezione A mostra un pannello solare 300 associato a una unità abitativa. In accordo al metodo secondo la presente invenzione si determina la curva della potenza elettrica prodotta in un intervallo temporale (t_0 , t_1). Di preferenza, la curva 400 della potenza elettrica viene determinata sulla base di informazioni sulle previsioni meteo, informazioni sull'irraggiamento solare e le dimensioni del campo fotovoltaico installato. La curva 400 riflette il tipico andamento di una curva di potenza elettrica generata da un pannello fotovoltaico. Minima produzione agli estremi dell'intervallo, quando l'irraggiamento solare tende al minimo; massima produzione all'incirca a metà dell'intervallo, quando l'irraggiamento solare tende al massimo. Molto spesso, alla massima produzione di energia solare non corrispondono consumi delle utenze associate. Secondo la presente invenzione, si sfrutta questa condizione per alimentare la pompa di calore e trasformare la potenza elettrica altrimenti riversata in rete in potenza termica che ad esempio può essere immagazzinata dall'involucro dell'unità abitativa o dall'involucro dell'unità abitativa

associato al gruppo di accumulo termico, come emergerà chiaramente dal seguito della presente descrizione.

La sezione B della figura 3 mostra una unità abitativa 30 in combinazione con un gruppo di accumulo termico 31, in particolare un gruppo di accumulo termico idrico, di preferenza un serbatoio di acqua. Vantaggiosamente, il gruppo di accumulo termico 31 può immagazzinare energia termica da sfruttare in un momento successivo. In questo senso, il grafico 40 mostra la quantità di energia termica accumulabile dall'insieme unità abitativa 30 e gruppo di accumulo termico 31. Si tiene quindi conto del fatto che una porzione di energia viene accumulata dall'unità abitativa e un'altra dal gruppo di accumulo termico.

La sezione C della figura 3 mostra il grafico 500 della potenza termica fornita dalla pompa di calore in sovrapposizione al grafico 550 della temperatura ambiente all'interno dell'unità abitativa. Si nota che il massimo della potenza termica è fornito in corrispondenza dell'intervallo (t_0, t_1) , mentre la temperatura ambiente richiesta in quello stesso intervallo non è così bassa da richiedere un tale apporto di potenza termica. Tuttavia: la produzione di potenza elettrica del relativo pannello fotovoltaico, la curva di rendimento della pompa di calore e la quantità di energia accumulabile dall'insieme unità abitativa 30 e gruppo di accumulo termico 31 sono tali da comandare quel livello di potenza termica. Si nota infatti che nel successivo intervallo (t_1, t_2) la potenza termica fornita dalla pompa di calore cala drasticamente, nonostante la temperatura ambiente richiesta sia mantenuta bassa. Nell'intervallo (t_1, t_2) la produzione di potenza elettrica del pannello fotovoltaico e la curva di rendimento della pompa di calore sono sfavorevoli al fine di fornire potenza termica, ad esempio perché la pompa di calore è in un regime di bassa efficienza, dunque a parità di potenza elettrica fornita si produce meno potenza termica rispetto a quella ottenibile in condizioni di maggiore efficienza, oppure perché l'impianto fotovoltaico non produce potenza elettrica che quindi si deve prelevare dalla rete elettrica pubblica. Si sfrutta dunque il "lavoro" precedentemente svolto, in virtù dell'energia termica accumulata nell'unità abitativa 30 ed eventualmente nel gruppo di accumulo termico 31, nell'intervallo (t_1, t_2) si ottiene la temperatura ambiente desiderata - come indicato dal tratto 503, nonostante la potenza termica fornita dalla pompa di calore, indicata dal tratto 504, sia mantenuta inferiore rispetto alla potenza indicata dal tratto 502 per le ragioni esposte in precedenza.

Secondo una forma di realizzazione, il metodo secondo la presente invenzione è implementato per eseguire i seguenti passi:

- Acquisire uno o più valori di temperatura rilevati nell'unità abitativa in un intervallo compreso da un terzo istante temporale precedente a detto istante di riferimento. Si

rilevano in pratica una pluralità di valori della temperatura ambiente in un intervallo temporale precedente a un intervallo temporale di interesse in cui si intende comandare la pompa di calore.

- Acquisire il valore di temperatura ambiente desiderato per l'unità abitativa. Secondo una forma di realizzazione, è espresso tipicamente in gradi centigradi e altrettanto tipicamente è legato a una programmazione di temperature in un intervallo di tempo che lo stesso utente desidera per quell'unità abitativa, secondo gli esempi e le considerazioni già formulate in precedenza.

- Acquisire una o più delle seguenti informazioni:

- andamento della curva di rendimento della pompa di calore;
- valore della potenza elettrica prodotta da uno o più dei pannelli fotovoltaici associati all'unità abitativa;
- valore della previsione di potenza elettrica prodotta da uno o più di detti pannelli fotovoltaici.

Acquisire il valore di detta massima quantità di energia termica accumulabile dall'unità abitativa eventualmente in combinazione al gruppo di accumulo termico.

Sulla base dei passi precedentemente descritti, calcolare e impostare la potenza termica fornita dalla pompa di calore per raggiungere nell'unità abitativa una temperatura ambiente compresa in un intorno della temperatura ambiente desiderata.

In questa forma di realizzazione si sfruttano quindi sinergicamente le soluzioni energetiche implementate per l'unità abitativa di interesse (modulo termico, eventuale gruppo di accumulo termico, impianto fotovoltaico) elaborando informazioni relative alle prestazioni e/o alle caratteristiche di tali soluzioni (la curva di rendimento di una pompa di calore, le previsioni di temperatura ed irraggiamento solare dell'unità abitativa di interesse, le previsioni di produzione dell'impianto fotovoltaico associato all'unità abitativa).

La presente invenzione è inoltre relativa a un sistema di riscaldamento/raffrescamento comprendente una pompa di calore associata ad almeno una unità abitativa dotato di una unità di controllo e comando configurata per eseguire il metodo descritto in precedenza.

Con riferimento alla figura 4, è mostrato lo schema di un sistema secondo la presente invenzione, destinato a unità abitativa 30 e comprendente la pompa di calore 10 e l'unità di controllo e comando 100. L'unità abitativa 30 in figura è inoltre equipaggiata con un cronotermostato 32. Secondo una forma di realizzazione preferita, il cronotermostato è collegato all'unità 100, a sua volta collegata alla pompa di calore 10. Il cronotermostato permette di conoscere la temperatura interna dell'unità 30 e la programmazione di

temperature desiderate. Uno o più sensori (non mostrati in figura) di temperatura e/o irraggiamento e/o umidità collegati all'unità 100 possono fornire corrispondenti informazioni. Di preferenza, sull'unità 100 sono caricate informazioni di base per operare il metodo secondo la presente invenzione, dunque in una forma di realizzazione sulla memoria dell'unità 100 sono caricati la curva di rendimento relativa alla pompa di calore associata e le previsioni di temperatura di un intervallo predeterminato. L'unità 100 riceve inoltre informazioni di temperatura desiderate tramite apposita interfaccia collegata al cronotermostato. Sulla base di queste informazioni, l'unità 100 calcola e imposta la potenza termica P che la pompa di calore fornisce. In un'ulteriore forma di realizzazione, L'unità 100 calcola e imposta la potenza termica P sulla base del nucleo di informazioni descritte e sulla ulteriore base di informazioni accessorie relative all'eventuale impianto fotovoltaico associato all'unità 30 o agli eventuali sensori associati all'unità 30.

Con riferimento alla figura 5 è mostrata un'ulteriore forma di realizzazione di un sistema secondo la presente invenzione. L'unità abitativa 30 comprende 9 sotto-unità 30a ÷ 30i. Ogni sotto-unità 30a ÷ 30i è equipaggiata con un corrispondente cronotermostato 32a ÷ 32i. I cronotermostati sono a loro volta collegati all'unità 100. L'unità 100 è configurata per calcolare e impostare un valore di potenza P che tiene conto del fabbisogno di ciascuna sotto-unità 30a ÷ 30i.

In pratica si determina un contributo che ciascuna sotto-unità 30a ÷ 30i apporta e si determina un unico valore di potenza termica da fornire tramite la pompa di calore 10.

In particolare, una pluralità di sensori volumetrici possono essere installati per determinare il numero di persone che popolano una specifica sotto unità. Quella sotto unità contribuirà con un diverso coefficiente nel computo complessivo della potenza termica. In una forma di realizzazione, si valuta anche il contributo dell'umidità rilevata all'interno di una unità di abitativa e si comanda corrispondente la pompa di calore e il deumidificatore, quando previsto per quell'unità di interesse. L'umidità esprime la quantità di vapore acqueo contenuto in un volume di gas. Secondo la presente invenzione, si misura quindi la quantità di vapore acqueo contenuto nel volume di gas dell'unità abitativa. Una eccessiva quantità di vapore acqueo (che corrisponde a un elevato valore di umidità) comporta una grande inefficienza del processo di riscaldamento/raffrescamento, infatti anche il contenuto di vapore acqueo va scaldato o raffrescato per fornire la temperatura ambiente desiderata.

Si ipotizza pertanto una unità abitativa associata a una pompa di calore e a un deumidificatore. Oltre alle grandezze già descritte, si rileva anche il valore dell'umidità. Sulla base di questo valore, si comanda il deumidificatore per abbattere entro un valore

prestabilito il valore di umidità dell'unità abitativa, per rendere più efficace il lavoro di riscaldamento/raffrescamento compiuto attraverso la pompa di calore. Si ipotizza di rilevare in una unità abitativa un valore di umidità superiore al 50 %. Con questo valore di umidità, gran parte del lavoro compiuto tramite la pompa di calore verrebbe vanificato. Pertanto, in accordo alla presente invenzione, si procede ad abbattere il valore di umidità a un valore prestabilito comandando il deumidificatore e successivamente si comanda la pompa di calore, in accordo alle modalità descritte in precedenza.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di controllo di un sistema di riscaldamento/raffrescamento dotato di una pompa di calore e associato ad almeno una unità abitativa o ad almeno una unità abitativa in combinazione con un gruppo di accumulo termico, il metodo comprendendo le fasi di:

A - associare una curva di rendimento a detta pompa di calore;

B - impostare un istante temporale di riferimento e calcolare la massima quantità di energia termica accumulabile, fino a un primo istante temporale successivo a detto istante di riferimento, da detta unità abitativa o da detta unità abitativa in combinazione con detto gruppo di accumulo termico;

C - acquisire una pluralità di valori di temperatura relativi alla previsione delle temperature esterne fino a un secondo istante temporale successivo a detto istante di riferimento;

D - ricevere almeno un valore di temperatura ambiente desiderato per detta unità abitativa;

E - calcolare e impostare la potenza termica fornita da detta pompa di calore sulla base delle informazioni da A a D.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1 in cui tra le fasi A - D, la seguente fase è compresa:

- acquisire valori del costo dell'energia elettrica assorbita da detta unità abitativa o unità abitativa in combinazione con detto gruppo di accumulo termico da detto primo istante temporale a detto secondo istante successivo.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 oppure 2 in cui detto passo A prevede la fase preliminare di inferire detta curva di rendimento di detta pompa di calore.

4. Metodo secondo la rivendicazione 1 oppure 2 in cui detto passo A prevede la fase di stimare detta curva di rendimento di detta pompa di calore.

5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4 in cui detto passo B prevede l'analisi della capacità termica e della resistenza termica di detta unità abitativa o detta unità abitativa in combinazione con detto gruppo di accumulo termico.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 5 in cui detto passo C prevede inoltre di acquisire valori di irraggiamento solare, valori di umidità e informazioni su previsioni meteo.

7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 6 in cui il calcolo e la stima della curva di rendimento di detta pompa di calore è effettuato sulla base di detti valori di temperatura e valori di umidità.

8. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti comprendente inoltre i passi di:

F - determinare la potenza elettrica prodotta da uno o più pannelli fotovoltaici associati a detta unità abitativa o una unità abitativa in combinazione con un gruppo di accumulo termico, da detto istante temporale di riferimento a detto primo istante temporale successivo;

G - calcolare e impostare la potenza termica fornita da detta pompa di calore sulla base della potenza elettrica determinata.

9. Metodo secondo la rivendicazione 8 in cui detto passo F comprende inoltre di determinare una previsione della potenza elettrica prodotta da detto istante temporale di riferimento a detto secondo istante temporale sulla base di dette previsioni meteo.

10. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti comprendente le fasi di:

H - acquisire uno o più valori di temperatura rilevati in detta unità abitativa in un intervallo compreso da un terzo istante temporale precedente a detto istante di riferimento;

I - acquisire il valore di temperatura ambiente desiderato per detta unità abitativa;

L - acquisire una o più delle seguenti informazioni:

- andamento della curva di rendimento di detta pompa di calore;
- valore della potenza elettrica prodotta da uno o più di detti pannelli fotovoltaici;
- valore della previsione di potenza elettrica prodotta da uno o più di detti pannelli fotovoltaici;

M - acquisire il valore di detta massima quantità di energia termica accumulabile;

N - sulla base dei passi da H a M calcolare e impostare la potenza termica fornita da detta pompa di calore per ottenere da detto istante temporale di riferimento a detto secondo istante temporale successivo una temperatura ambiente raggiunta compresa in un intorno di detta temperatura ambiente desiderata.

11. Sistema di riscaldamento/raffrescamento comprendente una pompa di calore associata ad almeno una unità abitativa comprendente una unità di controllo e comando configurata per eseguire il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6.

12. Sistema di riscaldamento/raffrescamento secondo la rivendicazione 11 associata ad almeno una unità abitativa a sua volta associata a uno o più pannelli fotovoltaici in cui detta unità di controllo e comando è inoltre configurata per eseguire il metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 8 a 10.

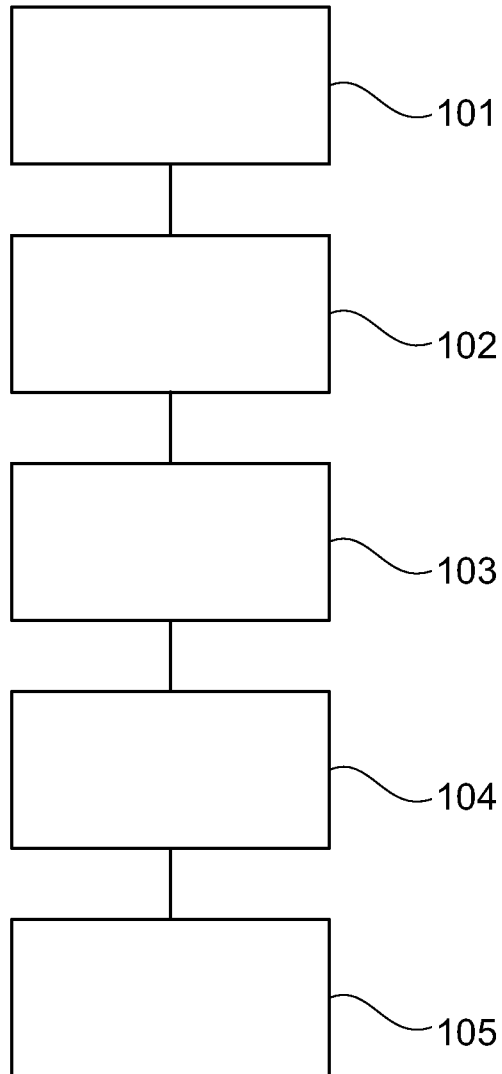


Fig. 1

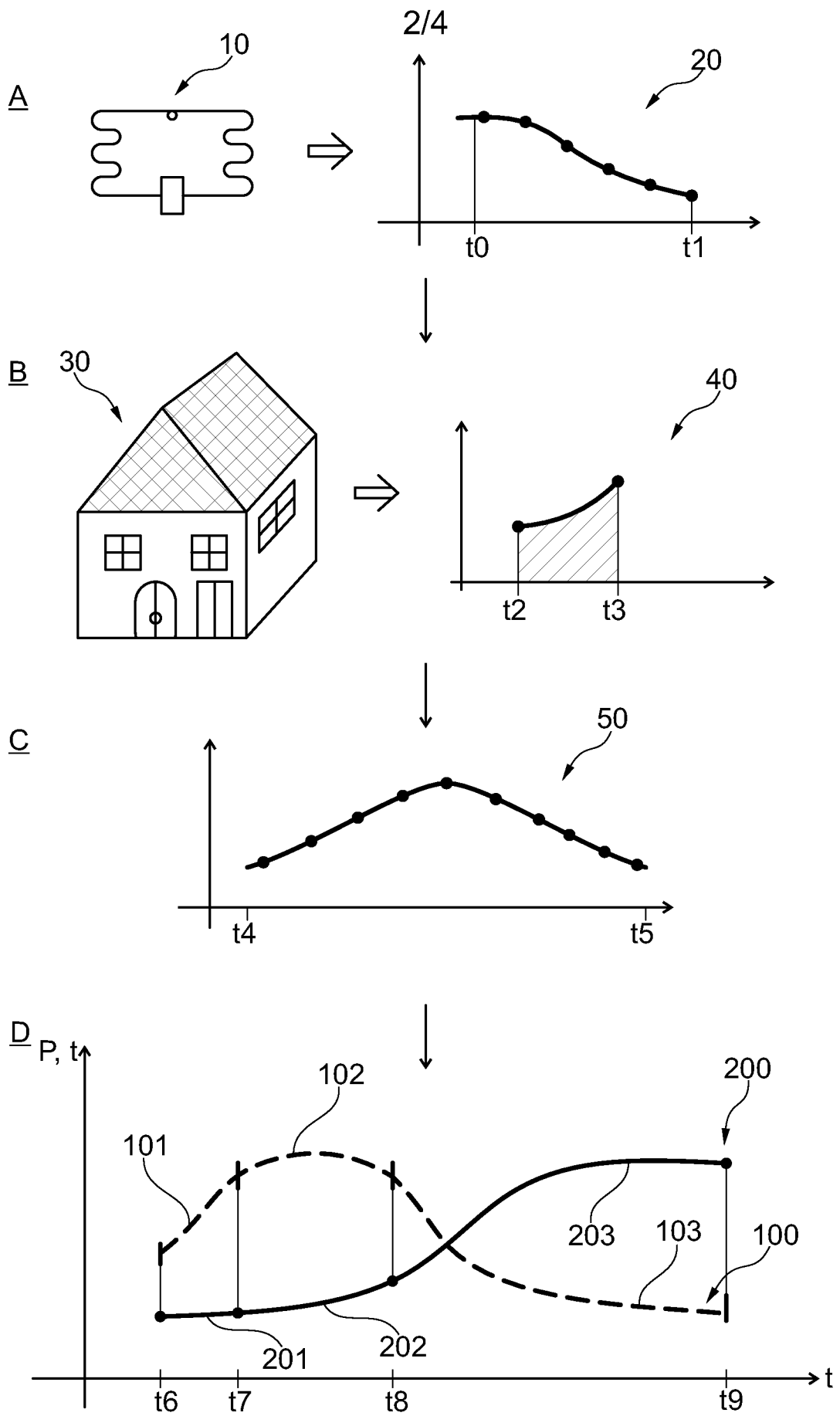


Fig. 2

3/4

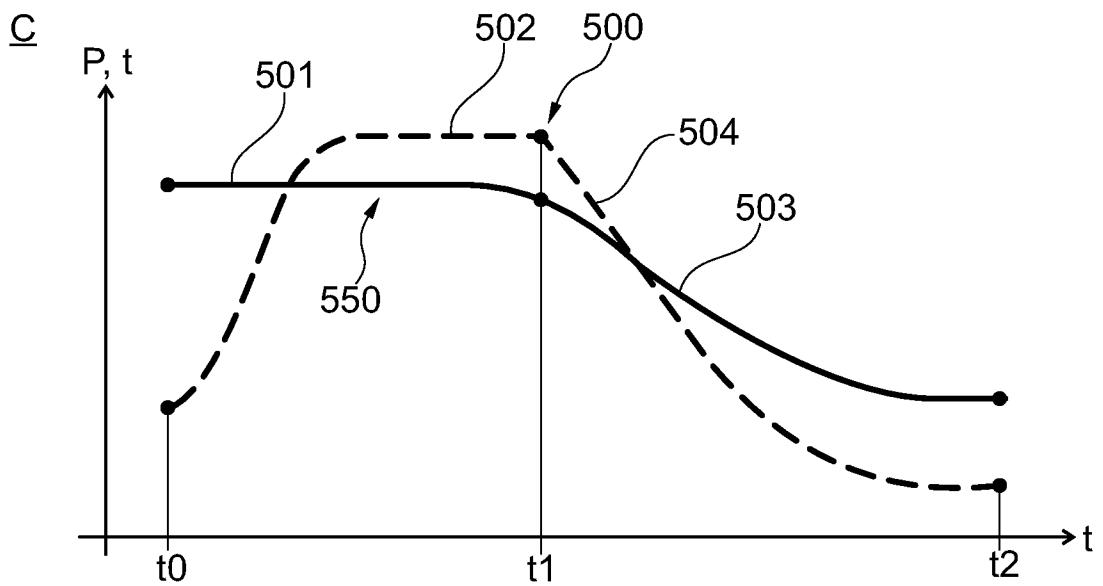
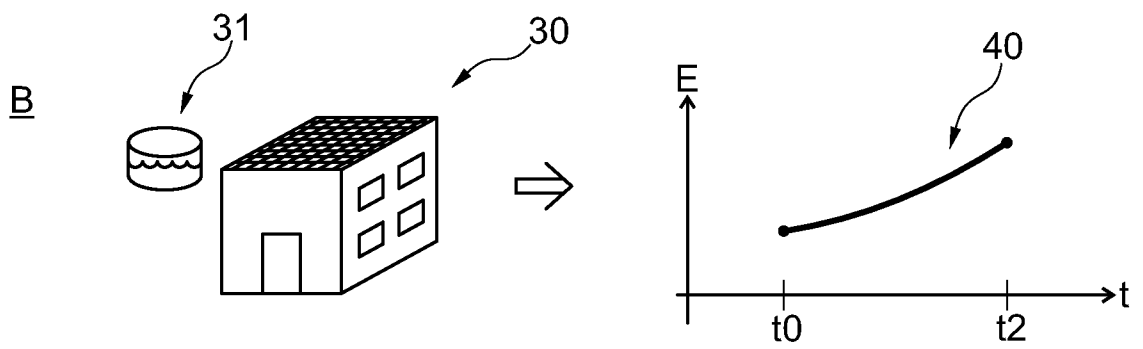
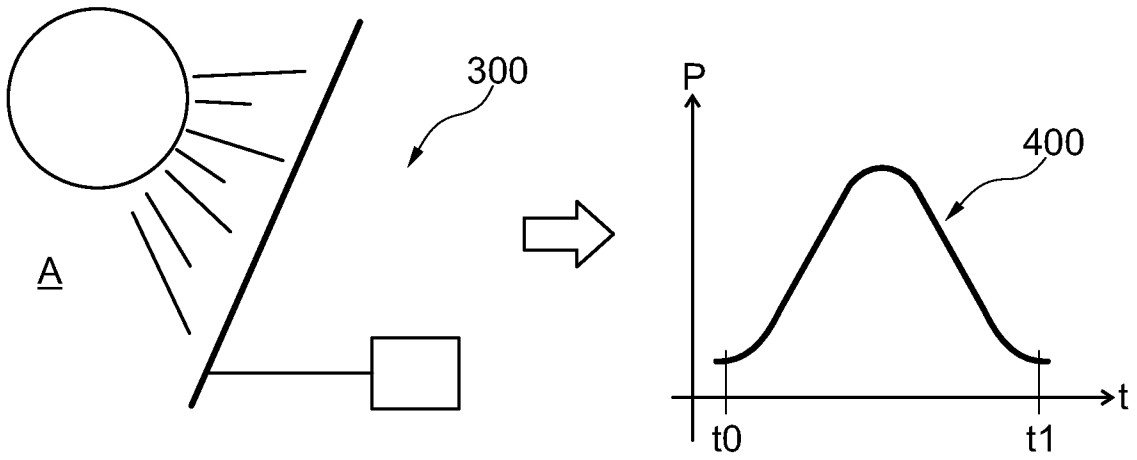


Fig. 3

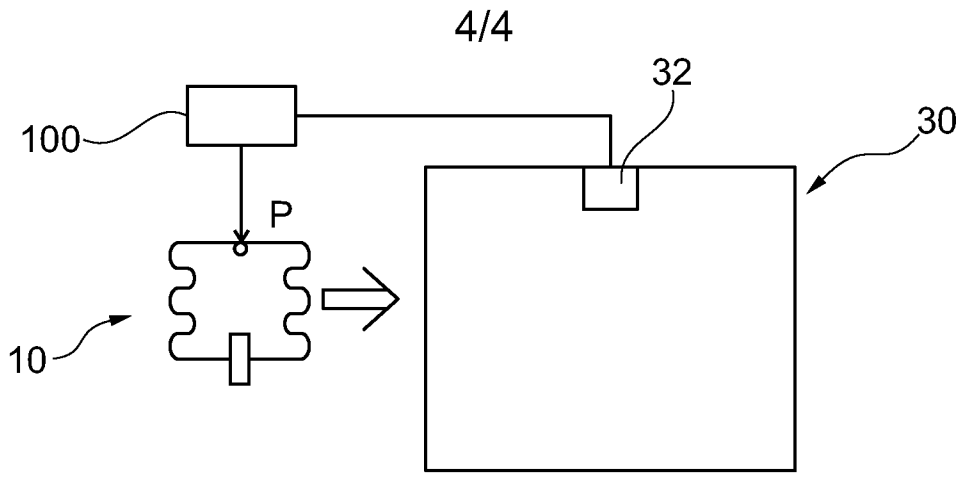


Fig. 4

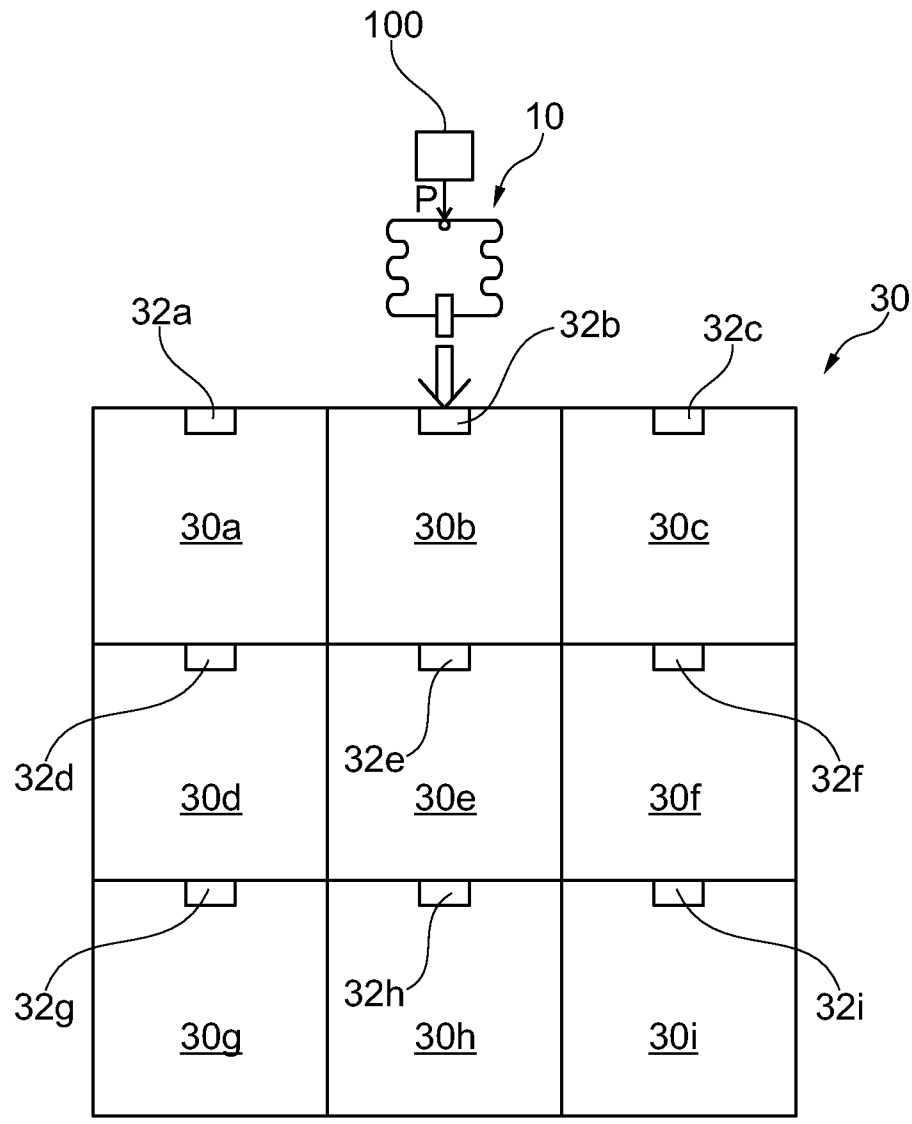


Fig. 5