



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO | 102009901776648 |
| Data Deposito | 23/10/2009 |
| Data Pubblicazione | 23/04/2011 |

Classifiche IPC

Titolo

**METODO E DISPOSITIVO PER CONTROLLARE LA TEMPERATURA DI UN RISCALDATORE A
INDUZIONE**

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO E DISPOSITIVO PER CONTROLLARE LA TEMPERATURA DI UN RISCALDATORE A INDUZIONE"

di ADA - APPLICAZIONI DIGITALI E ANALOGICHE S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA MURRI, 86

BOLOGNA (BO)

Inventore: TAGLIAVINI Antonio

* * *

La presente invenzione è relativa a un metodo e ad un dispositivo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione.

In particolare, la presente invenzione trova vantaggiosa, ma non esclusiva applicazione nelle macchine confezionatrici cui la descrizione che segue farà esplicito riferimento senza per questo perdere in generalità.

Sono note macchine confezionatrici che impiegano fogli di materiale plastico, e in particolare di politene, per formare l'involucro esterno di articoli di vario genere da confezionare. Tali macchine comprendono mezzi per avvolgere o ripiegare un foglio di politene attorno all'articolo in modo da formare un involucro esterno di politene e un dispositivo saldatore per saldare tra loro lembi del foglio di politene in modo da chiudere l'involucro. La saldatura

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

dei fogli di politene deve avvenire ad una temperatura di circa di 120°C. Il dispositivo saldatore comprende normalmente almeno una coppia di nastri traenti in tessuto contrapposti, tra i quali viene fatto passare l'articolo con il foglio di politene avvolto, e piastre riscaldatrici, le quali vengono riscaldate mediante resistenze elettriche disposte in posizione fissa a contatto dei nastri traenti per essere portate alla temperatura di circa 120°C.

I nastri traenti riscaldati mediante piastre riscaldatrici hanno molteplici inconvenienti. Per esempio, la temperatura delle piastre non può essere variata con prontezza e precisione a causa della massa delle piastre. Come conseguenza la qualità della saldatura è molto influenzata dalla velocità di passaggio degli articoli. Inoltre, la soluzione con nastri traenti e piastre riscaldanti risulta poco efficiente dal punto di vista termico, in quanto viene disperso molto calore, ed è di complessa costruzione e bisognosa di una frequente sostituzione dei nastri, che si usurano velocemente.

Sono note, inoltre, macchine confezionatrici, in cui un nastro di materiale di confezionamento, per esempio carta, cartone, materiale composito, tessuto ecc., viene preriscaldato per essere portato alla temperatura richiesta da successive operazioni di confezionamento di articoli. Il materiale viene fatto transitare a contatto con una serie

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

di rulli riscaldatori, i quali sono usualmente riscaldati con resistenze elettriche, oppure con lampade a raggi infrarossi. Per ottenere un efficace trasferimento di calore occorre che la differenza di temperatura fra rulli e materiale sia tanto più elevata quanto più è alta la velocità di transito del materiale sui rulli. La temperatura di tali rulli non può essere controllata rapidamente. Ne segue che il materiale di confezionamento può essere danneggiato per surriscaldamento quando la velocità di transito del materiale diminuisce, ad esempio durante una fase di arresto. Per questo motivo, devono essere previsti mezzi per allontanare meccanicamente i rulli riscaldatori dal materiale durante le fasi di partenza e di arresto, con la conseguenza che durante tali fasi il materiale non viene portato alla temperatura desiderata.

Sono noti rulli riscaldatori a induzione di tipo convenzionale utilizzati in settori diversi da quello del confezionamento. Per esempio, è noto un rullo riscaldatore a induzione utilizzato come rullo fusore in fotocopiatrici o stampanti laser per applicare il toner al foglio di carta. Tale rullo riscaldatore a induzione comprende un corpo tubolare metallico rotante e una bobina disposta in posizione fissa all'interno del corpo tubolare e ad esso concentrica in modo che la bobina stessa possa accoppiarsi

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

elettromagneticamente con il corpo tubolare, così da indurre, quando percorsa da corrente alternata, una corrente elettrica nel corpo tubolare tale da riscaldarlo per effetto Joule. Il corpo tubolare metallico funge, dunque, da elemento riscaldante. Il rullo riscaldatore a induzione è provvisto di un dispositivo elettronico per alimentare la bobina di induzione con una corrente alternata di intensità variabile al fine di regolare la temperatura del corpo tubolare. I rulli riscaldatori a induzione sono spesso alimentati secondo la cosiddetta tecnica risonante.

La figura 1 illustra uno schema a blocchi di un dispositivo di controllo 101 realizzato secondo la tecnica risonante per controllare l'alimentazione elettrica di un rullo riscaldatore a induzione 100. Il dispositivo di controllo 101 comprende un condensatore 102, il quale è collegato in serie alla bobina 103 inserita nel corpo tubolare 104 del rullo riscaldatore 100 per formare, con l'induttanza della bobina 103, un circuito risonante, un inverter 105 alimentato da una tensione continua VS ed atto ad applicare, ai capi del circuito risonante, una tensione alternata ad onda quadra VL avente una frequenza tale da portare il circuito risonante alla condizione di risonanza, e un controllore 106 per comandare l'inverter 105 in funzione, per esempio, di una temperatura di riferimento

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

Tr. Secondo la tecnica risonante, i dispositivi di potenza che alimentano la bobina, cioè l'inverter 105 nel caso della figura 1, commutano quando la corrente è nulla. In questo modo, lo stress subito dai dispositivi di potenza, la potenza dissipata nei dispositivi stessi e la generazione di disturbi elettromagnetici vengono minimizzati. Per raggiungere tali obiettivi, non è necessario che la condizione di risonanza sia raggiunta esattamente. Per esempio, in molte applicazioni la frequenza della tensione VL applicata al circuito risonante viene variata per variare la potenza. Infatti, allontanandosi dalla risonanza, la potenza ceduta al carico diminuisce. In molti casi la frequenza della tensione VL viene fissata alla frequenza di risonanza nominale del carico. In altri casi, quando il carico è variabile, il controllore 106 può comprendere un circuito di tipo PLL che varia la frequenza in modo da inseguire automaticamente la risonanza del carico.

Il dispositivo di controllo 101 della figura 1 comprende, inoltre, un sensore di temperatura 107 costituito, per esempio, da un termistore per rilevare la temperatura T_m del corpo tubolare 104 stesso. Il controllore 106 è configurato per comandare l'inverter 105 in funzione della differenza tra la temperatura rilevata T_m e una temperatura di riferimento T_r in modo tale da

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

regolare la potenza elettrica fornita alla bobina 7. L'impiego del sensore di temperatura 107 è svantaggioso per i seguenti motivi. Prima di tutto, se il rullo riscaldatore 100 è di tipo rotante, allora il sensore di temperatura 107 viene posto in prossimità della superficie del corpo tubolare 104, e in tal caso l'indicazione fornita dal sensore 107 non può essere molto precisa, oppure, viene applicato direttamente al corpo tubolare 104, e in tal caso il sensore 107 necessita di contatti striscianti che contribuiscono a diminuire l'affidabilità del rullo riscaldatore 100, a renderne critico l'uso in certe applicazioni e ad aumentarne il costo. Inoltre, il sensore 107 misura necessariamente la temperatura di una porzione ridotta della superficie del corpo tubolare 104, che può non essere rappresentativa della temperatura di tutto il corpo tubolare 107.

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione, un corrispondente dispositivo di controllo ed un rullo riscaldatore impiegante tale dispositivo di controllo, i quali siano esenti dagli inconvenienti sopra descritti, e in particolare non impieghino sensori per la misura diretta della temperatura dell'elemento riscaldante, e, nello stesso tempo, siano di facile ed economica realizzazione.

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

In accordo con la presente invenzione vengono forniti un metodo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione, un dispositivo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione e un rullo riscaldatore a induzione, secondo quanto definito nelle rivendicazioni allegate.

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 illustra uno schema a blocchi di un dispositivo di controllo per un rullo riscaldatore a induzione, il quale dispositivo di controllo è realizzato secondo l'arte nota;

- la figura 2 illustra, secondo una vista in sezione longitudinale, un rullo riscaldatore a induzione equipaggiato con un dispositivo per controllare la temperatura del rullo riscaldatore, il quale dispositivo è realizzato secondo l'invenzione;

- la figura 3 illustra, mediante uno schema a blocchi, il dispositivo per controllare la temperatura del rullo riscaldatore a induzione realizzato secondo una preferita forma di attuazione dell'invenzione;

- la figura 4 illustra, mediante uno schema a blocchi, una ulteriore forma di attuazione del dispositivo di controllo della figura 3;

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

- la figura 5 illustra l'impedenza equivalente del rullo riscaldatore 1 della figura 2; e

- la figura 6 illustra curve di frequenza di risonanza al variare della tensione applicata alla bobina del rullo riscaldatore e della temperatura del rullo riscaldatore della figura 2.

Nella figura 2, con 1 è genericamente indicato, nel suo complesso, un rullo riscaldatore a induzione comprendente: un elemento riscaldante, il quale è costituito da un corpo tubolare 2 metallico libero di ruotare, rispetto a un supporto fisso 3, attorno ad un asse di rotazione 4 tramite una coppia di cuscinetti 5 montati sul supporto fisso 3; un supporto isolante 6, il quale è di forma cilindrica ed è disposto all'interno del corpo tubolare 2 in maniera solidale con il supporto fisso 3; e una bobina di induzione 7, la quale è avvolta attorno al supporto isolante 6 per accoppiarsi elettromagneticamente con il corpo tubolare 2 così da indurre, se percorsa da corrente alternata, una corrente elettrica nel corpo tubolare 2 tale da riscaldare il corpo tubolare 2 per effetto Joule. Con il numero 8 è indicato un dispositivo di controllo della temperatura del rullo riscaldatore 1. Il dispositivo 8 è collegato alla bobina di induzione 7 per alimentarla elettricamente e per controllare la temperatura del corpo tubolare 2 ed è realizzato secondo l'invenzione.

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

In particolare, il dispositivo 8 implementa il metodo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione secondo l'invenzione, nel modo qui di seguito descritto e illustrato dagli schemi a blocchi delle figure 3 e 4.

La figura 3 illustra una forma di attuazione preferita dell'invenzione e la figura 4 illustra una ulteriore forma di attuazione dell'invenzione. In entrambe le forme di attuazione, la condizione di risonanza del carico viene mantenuta esattamente al variare dell'impedenza del carico, in particolare con la temperatura. A tale scopo, il dispositivo 8 implementa un particolare tipo di circuito ad aggancio di fase ("phase-locked loop") (PLL) che varia automaticamente la frequenza in modo da mantenere corrente e tensione nel circuito risonante esattamente in fase fra loro. Secondo tale implementazione, il circuito ad aggancio di fase comprende un integratore puro, che garantisce tale esattezza, ovvero errore di fase nullo a regime, come verrà spiegato in dettaglio qui di seguito.

Con riferimento alla figura 3, il dispositivo 8 comprende: un condensatore 9 di capacità C_0 atto a essere collegato in serie alla bobina di induzione 7 per formare un circuito risonante serie; un inverter 10 per applicare, ai capi del circuito risonante 7, 9, una tensione periodica

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

VL costituita da un'onda quadra oscillante alla frequenza f ; un circuito ad aggancio di fase ("Phase-Locked Loop", PLL) 11 per mantenere l'inverter 10 alla frequenza di risonanza del circuito risonante 7, 9, ossia per mantenere la tensione ai capi del circuito risonante 7, 9 in fase con la corrente circolante nello stesso circuito risonante 7, 9; e un regolatore 12 costituito, per esempio, da un regolatore di tipo PID per regolare, tramite un segnale di controllo CTRL, la potenza elettrica fornita al circuito risonante 7, 9 in funzione di una temperatura di riferimento T_{ref} desiderata per il rullo riscaldatore 1, ossia in modo da portare il rullo riscaldatore 1 alla temperatura di riferimento T_{ref} desiderata. Nell'esempio di attuazione illustrato dalla figura 3, l'inverter 10 è costituito da uno stadio di potenza a MOSFET e il dispositivo 8 comprende un microcontrollore 13 programmato per implementare a software il regolatore di temperatura 12.

La figura 3 illustra il rullo riscaldatore 1 tramite uno schema elettrico equivalente esprime l'accoppiamento magnetico tra la bobina di induzione 7 e il corpo tubolare 2. Lo schema equivalente è quello di un trasformatore, in cui il primario è la bobina di induzione 7, la quale è rappresentata nella figura 3 con la propria induttanza in aria L_p e la propria resistenza R_p , e il secondario è una

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

spira in cortocircuito costituita dal corpo tubolare 2, la quale spira è rappresentata nella figura 3 con la propria induttanza L_s e la propria resistenza R_s . Il coefficiente di accoppiamento tra primario e secondario, cioè tra la bobina di induzione 7 e il corpo tubolare 2, è indicato con k . Il circuito risonante 7, 9 costituisce il carico elettrico dell'inverter 10. Tale carico elettrico è definito dalla capacità C_0 e dalla impedenza del circuito equivalente, riportata al primario, del rullo riscaldatore 1.

L'impedenza equivalente del rullo riscaldatore 1 consiste di una resistenza equivalente R_t e una induttanza equivalente L_t in serie, come illustrato dalla figura 5. I valori della resistenza equivalente R_t e della induttanza equivalente L_t sono dati dalle formule

$$R_t = R_p + \frac{k^2 L_p L_s R_s (2\pi f)^2}{R_s^2 + L_s^2 (2\pi f)^2}, \quad (1)$$

$$L_t = L_p - \frac{k^2 L_p L_s^2 (2\pi f)^2}{R_s^2 + L_s^2 (2\pi f)^2}, \quad (2)$$

in cui f è la frequenza della tensione VL.

Il circuito ad aggancio di fase 11 comprende un oscillatore controllato in tensione ("Voltage-Controlled Oscillator") (VCO) 14 collegato in modo da comandare in maniera nota l'inverter 10. La frequenza f della tensione

VL coincide con la frequenza del segnale di uscita VO dell'oscillatore controllato in tensione 14.

In accordo con la presente invenzione, il circuito ad aggancio di fase 11 comprende un comparatore di fase 15 collegato con il circuito risonante 7, 9 in modo tale da fornire un segnale di errore ERR proporzionale alla differenza di fase tra la tensione VL applicata al circuito risonante 7, 9 e la corrente di carico IL circolante nello stesso circuito risonante 7, 9. L'oscillatore controllato in tensione 14 è controllato in funzione del segnale di errore ERR. In particolare, il comparatore di fase 15 ha un ingresso 15a collegato al circuito risonante 7, 9 in modo da ricevere un segnale rappresentativo della tensione VL applicata ai capi del circuito risonante 7, 9 e un ingresso 15b collegato al circuito risonante 7, 9 tramite un trasformatore di corrente 16 per ricevere un segnale rappresentativo della corrente IL circolante nel circuito risonante 7, 9.

Inoltre, il circuito ad aggancio di fase 11 comprende un integratore 17 collegato tra il comparatore di fase 15 e l'oscillatore controllato in tensione 14 per ricevere il segnale di errore ERR e fornire un segnale di controllo INT utilizzato per controllare l'oscillatore controllato in tensione 14, cioè per regolare la frequenza dell'oscillatore controllato in tensione 14 in modo da

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

annullare l'errore ERR. Per integratore si intende, qui di seguito, un circuito integratore puro. In questo modo, la frequenza dell'oscillatore controllato in tensione 14, e quindi la frequenza f della tensione VL, viene regolata in modo tale da agganciare la fase della tensione VL alla fase della corrente di carico IL per mantenere il circuito risonante 7, 9 esattamente nella condizione di risonanza.

In accordo con la presente invenzione, il dispositivo 8 è atto a misurare la temperatura T_m del corpo tubolare 2 in maniera indiretta, cioè misurando una grandezza elettrica associata al circuito risonante 7, 9 nella condizione di risonanza e determinando la temperatura T_m in funzione di tale grandezza elettrica. La grandezza elettrica da misurare deve essere sensibile alle variazioni della temperatura del corpo tubolare 2 e facile da misurare in condizioni di risonanza. Dunque, è essenziale mantenere esattamente la condizione di risonanza, come di fatto fa il circuito ad aggancio di fase 11 descritto sopra.

In particolare, il dispositivo 8 comprende una memoria 18 per memorizzare una tabella di dati sperimentali, la quale comprende una pluralità di valori della temperatura del corpo tubolare 2 e una corrispondente pluralità di valori della grandezza elettrica, rilevati in corrispondenza di una pluralità di valori di ampiezza della tensione VL e una unità di calcolo 19 per determinare la

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

temperatura T_m utilizzando come dati di ingresso della tabella la grandezza elettrica misurata. Nell'esempio illustrato dalla figura 3, la memoria 18 e la unità di calcolo 19 sono costituite, per esempio, dalla memoria non volatile e, rispettivamente, dalla unità di elaborazione centrale ("central processing unit") (CPU) del microcontrollore 13.

La tabella di dati sperimentali è ottenuta alimentando il circuito risonante 7, 9 nella condizione di risonanza con una pluralità di valori di ampiezza della tensione V_L e determinando, per ciascun valore di ampiezza della tensione V_L e tramite misure dirette, un rispettivo valore di temperatura del corpo tubolare 2 e un rispettivo valore della grandezza elettrica. In altre parole, i dati della tabella vengono ottenuti in una fase di calibrazione del dispositivo 8 che precede il reale utilizzo del dispositivo 8.

La memoria 18 può essere utilizzata anche per memorizzare la temperatura di riferimento T_{ref} . La tabella di dati sperimentali e la temperatura di riferimento T_{ref} vengono caricate nella memoria 18 tramite una porta di comunicazione seriale (non illustrata) del microcontrollore 13, per esempio una porta di comunicazione RS232 o una porta di comunicazione CAN (Controller Area Network).

Con riferimento di nuovo alle formule (1) e (2), si

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

può osservare che la resistenza equivalente R_t e la induttanza equivalente L_t sono entrambe sensibili alle variazioni di temperatura del corpo tubolare 2, in quanto dipendono entrambe dalla resistenza R_s , la quale varia con la temperatura ed è, quindi, rappresentativa della temperatura media del corpo tubolare 2. Infatti, come è noto, la resistività dei conduttori metallici varia con la temperatura in maniera approssimativamente lineare. L'entità di tale variazione, che si esprime con il coefficiente di temperatura della resistività, dipende dal materiale.

La resistenza equivalente R_t e la induttanza equivalente L_t dipendono dalla resistenza R_s in modo non lineare. Pertanto, le variazioni della resistenza equivalente R_t e della induttanza equivalente L_t con la temperatura per effetto delle variazioni di resistenza R_s possono essere rappresentate, in base a dati ricavati sperimentalmente, con una serie di valori tabulati.

Vantaggiosamente, il corpo tubolare 2 è di acciaio e la bobina di induzione 7 è di rame. La resistività del rame è molto minore di quella dell'acciaio di circa un fattore pari a 10. Di conseguenza, nella formula (1) si può verificare come il primo addendo (R_p) sia molto minore del secondo addendo, che rappresenta la resistenza del secondario riportata al primario e che dipende dalla

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

resistenza R_s , a condizione che il coefficiente di accoppiamento k sia sufficientemente vicino all'unità. I coefficienti di temperatura delle resistività di rame e acciaio sono invece circa eguali. Pertanto, facendo sempre riferimento alla formula (1), ad una certa variazione di temperatura corrispondono una variazione di resistenza del primo addendo (R_p) e una variazione del secondo addendo sensibilmente maggiore della variazione del primo addendo, sebbene le corrispondenti variazioni percentuali siano molto simili. Dunque, assumendo che gli altri parametri che compaiono nella formula (1), ossia l'induttanza L_p , l'induttanza L_s , e il coefficiente di accoppiamento k , non varino sensibilmente con la temperatura, le variazioni della resistenza equivalente R_t dipendono prevalentemente dalle variazioni con la temperatura T_m del solo corpo tubolare 2, a condizione che l'accoppiamento fra primario e secondario sia stretto.

Per quanto riguarda la formula (2), in essa non compare la resistenza R_p . Quindi, assumendo che gli altri parametri che compaiono nella formula (2), ossia l'induttanza L_p , l'induttanza L_s , e il coefficiente di accoppiamento k , non varino con la temperatura, si può affermare che le variazioni della induttanza equivalente L_t con la temperatura dipendono solo dalle variazioni della resistenza R_s con la temperatura.

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

Per fare in modo che la potenza fornita dall'inverter 10 al corpo tubolare 2 sia molto superiore a quella dissipata nella bobina di induzione 7, il coefficiente di accoppiamento k tra la bobina di induzione 7 e il corpo tubolare 2 deve essere prossimo a 1. Questo in pratica significa che la bobina di induzione 7 deve essere disposta sufficientemente vicina al corpo tubolare 2. Si noti tuttavia che anche la potenza dissipata nella bobina di induzione 7 contribuisce a riscaldare il corpo tubolare 2 e quindi non è perduta. Tuttavia, il fatto che la potenza venga ceduta prevalentemente al corpo tubolare 2 consente un controllo pronto della temperatura del corpo tubolare 2, specialmente se il corpo tubolare 2 ha capacità termica piccola, ossia se presenta una parete sottile.

Come è noto la resistenza in corrente alternata dei conduttori varia con la frequenza e con la permeabilità del materiale. A causa del cosiddetto "effetto pelle" le correnti tendono a localizzarsi verso la superficie dei conduttori in uno strato avente una profondità (spessore di penetrazione) tanto più ridotta quanto più elevata è la frequenza. Le correnti indotte nel corpo tubolare 2 interessano uno strato interno 2a (figura 2) del corpo tubolare 2 avente, alle frequenze normalmente impiegate per il riscaldamento a induzione (decine di kHz), uno spessore dell'ordine dei decimi di millimetro. La potenza elettrica

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

fornita dall'inverter 10 viene trasformata in calore nello strato interno 2a e quindi passa per conduzione al resto del corpo tubolare 2. Il dispositivo 8 realizzato secondo l'invenzione misura e controlla la temperatura dello strato interno 2a.

Inoltre, si è sperimentalmente osservato che i valori della induttanza equivalente L_t e della resistenza equivalente R_t dipendono, oltre che dalla temperatura, anche dal valore di ampiezza della tensione V_L applicata al circuito risonante 7, 9. Di conseguenza, anche la frequenza di risonanza del circuito risonante 7, 9, che è semplicemente ottenibile dalla condizione di risonanza in funzione dell'induttanza equivalente L_t e della capacità C_0 , dipende dal valore di ampiezza della tensione V_L .

A tale proposito, la figura 6 illustra curve della frequenza di risonanza del circuito risonante 7, 9 al variare della ampiezza della tensione V_L per diversi valori di temperatura T_m del corpo tubolare 2. Tali curve sono state ricavate sperimentalmente per un corpo tubolare 2 realizzato in un certo materiale. Si è anche osservato che l'andamento della frequenza di risonanza al variare della ampiezza della tensione V_L dipende dalla frequenza nominale di lavoro scelta, dal materiale del corpo tubolare 2 e da eventuali riporti superficiali sul corpo tubolare 2. Nel particolare esempio illustrato dalla figura 6, in cui la

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

frequenza nominale di lavoro è circa compresa tra 21 e 22 kHz, la frequenza di risonanza varia in modo molto contenuto per un intervallo di valori di ampiezza della tensione VL compreso tra 100 e 140 V. In particolare, le curve della frequenza di risonanza presentano un minimo in un intervallo di valori di ampiezza della tensione VL compreso tra 110 e 120 V.

In conclusione, la misura della temperatura del corpo tubolare 2 può essere fatta sulla base della rilevazione delle variazioni della resistenza equivalente R_t , oppure delle variazioni della induttanza L_t , queste ultime per mezzo della rilevazione di corrispondenti variazioni della frequenza di risonanza. La misura della temperatura sulla base delle variazioni della induttanza equivalente L_t è più vantaggiosa rispetto alla misura della temperatura sulla base delle variazioni della resistenza equivalente R_t , sia perché l'induttanza equivalente L_t è indipendente dalla resistenza R_p , e quindi dalle sue variazioni di temperatura, sia perché le variazioni della induttanza equivalente L_t modificano la frequenza di risonanza del circuito, che risulta molto agevole da misurare. Ciò ovviamente richiede che la capacità di accordo C_0 rimanga costante, come in pratica si verifica.

La forma di attuazione dell'invenzione della figura 3 implementa la misura della temperatura sulla base delle

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

variazioni della induttanza equivalente L_t , mentre la forma di attuazione della figura 4 implementa la misura della temperatura sulla base delle variazioni resistenza equivalente R_t .

Secondo la forma di attuazione della figura 3, la grandezza elettrica che viene misurata è la frequenza f della tensione V_L . La tabella di dati sperimentali memorizzata nella memoria 18 è indicata con TABF e comprende una pluralità di valori della temperatura del corpo tubolare 2 e una corrispondente pluralità di valori della frequenza della tensione V_L .

La frequenza f è sensibile alle variazioni della temperatura T_m del corpo tubolare 2 per il seguente motivo. La frequenza f insegue, grazie al circuito ad aggancio di fase 11, la frequenza di risonanza del circuito risonante 7, 9 rappresentato dalla capacità C_0 e dall'induttanza L_t . Come discusso in precedenza sulla base della formula (2), le variazioni dell'induttanza L_t dipendono dalla resistenza R_s e, quindi, sono rappresentative delle sole variazioni di temperatura del corpo tubolare 2 e non delle variazioni di temperatura della bobina di induzione 7. La variazione dell'induttanza L_t produce un momentaneo sfasamento tra la tensione V_L e la corrente di carico I_L , il quale sfasamento viene prontamente azzerato dal circuito ad aggancio di fase 11 regolando la frequenza f , che si assesta quindi sul

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

nuovo valore di frequenza di risonanza dovuto al nuovo valore di induttanza L_t . Si è sperimentalmente osservato che la frequenza f varia con la temperatura T_m in modo monotono e, per ridotte variazioni di temperatura, in modo abbastanza lineare.

Con riferimento di nuovo alla figura 3, il dispositivo 8 comprende un contatore 20 collegato all'oscillatore controllato in tensione 14 allo scopo di misurare la frequenza f . Il contatore 20 è costituito dal timer/counter che fa normalmente parte del microcontrollore 13 e misura la frequenza f secondo tecniche note usando come riferimento il segnale di clock del microcontrollore 13, che è controllato a quarzo e quindi di ottima precisione e stabilità.

Il dispositivo 8 comprende una unità di sincronizzazione 22, la quale riceve il segnale CTRL e il segnale V0 e genera un segnale di comando DRV ottenuto sincronizzando il segnale CTRL con i fronti di salita del segnale V0, e un primo interruttore elettronico 21, il quale è costituito da una porta logica realizzante la funzione logica AND, è disposto tra l'oscillatore controllato in tensione 14 e l'inverter 10 ed è comandato tramite il segnale di comando DRV per regolare la potenza elettrica media fornita al circuito risonante 7, 9, e quindi per regolare la temperatura T_m del corpo tubolare.

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

Il segnale di controllo CTRL, come pure il segnale di comando DRV, è di tipo on-off, ed in particolare è un segnale a frequenza costante e durata di impulso variabile, cioè un segnale a modulazione di larghezza di impulso ("pulse width modulation") (PWM), oppure è un segnale a frequenza variabile e durata di impulso costante, cioè un segnale a modulazione di frequenza di impulso ("pulse frequency modulation") (PFM). La frequenza del segnale CTRL è compresa tra 10 e 100 Hz, cioè molto inferiore alla frequenza f , la quale ha un valore compreso tra 10 e 30 kHz. In questo modo, l'inverter 10 viene pilotato con un segnale di tipo cosiddetto a "burst", in cui ciascun periodo di "on" del segnale DRV comprende sempre un numero intero di cicli completi del segnale V0 in modo che il segnale di pilotaggio dell'inverter 10 abbia valor medio nullo.

La regolazione della potenza elettrica media fornita al circuito risonante 7, 9 secondo la tecnica sopra descritta è fondamentale per ottenere una misura accurata della temperatura T_m . Infatti, durante ciascun "burst" di cicli del segnale V0, l'ampiezza della tensione VL applicata al circuito risonante 7, 9 è sempre la stessa, e di conseguenza il punto di lavoro del materiale che costituisce il corpo tubolare 2 non cambia.

Il dispositivo 8 comprende, inoltre, un ulteriore

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

interruttore elettronico 23 di tipo analogico disposto tra il comparatore di fase 15 e l'integratore 17 ed è comandato tramite il segnale di comando DRV, cioè è comandato dalla unità di sincronizzazione 22 in fase con l'interruttore 21. In altre parole, l'unità di sincronizzazione 22 apre o chiude i due interruttori 21 e 23 simultaneamente. In tal modo, durante i periodi di "off" del segnale DRV l'integratore 17 rimane con l'ingresso aperto e funziona da memoria analogica per mantenere costante l'ampiezza del segnale INT che comanda l'oscillatore controllato in tensione 14 durante il periodo di "off" del segnale DRV. Pertanto, l'oscillatore controllato in tensione 14 mantiene, durante un periodo di "off", la frequenza di oscillazione che aveva durante il precedente periodo di "on". Tale accorgimento minimizza l'ampiezza dei transitori che il circuito ad aggancio di fase 11 subisce all'inizio di ciascun tempo di "on" del segnale DRV che, altrimenti, avrebbero effetti negativi sulla precisione di misura della frequenza f e quindi sulla misura della temperatura T_m

Il controllo "on-off" a "burst" della potenza fornita al circuito risonante 7, 9 sopra descritto rende la misura della frequenza f , e quindi la misura della temperatura T_m , sostanzialmente indipendente dal valore della potenza media fornita al circuito risonante 7, 9. Infatti, durante ciascun "burst" l'ampiezza della tensione V_L è pari alla

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

ampiezza della tensione continua V_S che si può ritenere costante durante il "burst" e che comunque viene misurata, come verrà descritto più avanti. In questo modo, la misura della temperatura T_m è ripetibile. Tuttavia, è vantaggioso selezionare un punto di lavoro, in termini di valore di ampiezza della tensione V_L e di valore di frequenza f , in cui le variazioni della frequenza di risonanza siano minime. In altre parole, è vantaggioso selezionare un punto di lavoro corrispondente ad un punto di minimo delle curve della frequenza di risonanza al variare della tensione V_L del tipo di quelle della figura 6, in modo che la sensibilità della misura di temperatura T_m alle variazioni di tensione V_L sia minima. Ovviamente, occorre che questa scelta sia compatibile con gli altri vincoli di progetto, ad esempio la potenza erogata.

Con riferimento alla figura 3, il microcontrollore 13 comprende una unità di acquisizione analogico/digitale 25 collegata alla sorgente di alimentazione (non illustrata) dell'inverter 10 per acquisire valori della tensione continua V_S , cioè in pratica per misurare la ampiezza della tensione periodica V_L che corrisponde alla ampiezza della tensione V_S . Vantaggiosamente, la tabella TABF memorizzata nella memoria 18 comprende una pluralità di valori della temperatura del corpo tubolare 2, una pluralità di valori di ampiezza della tensione V_L e una pluralità di valori di

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

frequenza della tensione VL associati, ciascuno, a una rispettiva di tutte le possibili coppie di valori ottenute accoppiando un qualsiasi valore della pluralità di valori della temperatura del corpo tubolare 2 e un qualsiasi valore della pluralità di valori di ampiezza della tensione VL. In altre parole, la tabella TABF comprende dati sperimentali rappresentabili con curve del tipo di quelle della figura 6. La unità di calcolo 19 è configurata per determinare la temperatura T_m utilizzando valori misurati della frequenza f e valori acquisiti della tensione VS come dati di ingresso della tabella TABF. Infatti, l'ampiezza della tensione VS coincide con l'ampiezza della tensione VL e, quindi, la misura dell'ampiezza della tensione VS permette di correggere la misura della temperatura T_m per tenere conto delle variazioni di ampiezza della tensione VL. Tale accorgimento permette di compensare eventuali variazioni della ampiezza della tensione VL dovute a cause esterne, per esempio l'impiego di una sorgente di alimentazione non stabilizzata.

Secondo una ulteriore forma di attuazione della presente invenzione illustrata nella figura 4, in cui gli elementi corrispondenti sono indicati con gli stessi numeri e sigle della figura 3, la grandezza elettrica che viene misurata è la resistenza di carico offerta dal circuito risonante 7, 9 nella condizione di risonanza, cioè la

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

resistenza R_t espressa dalla formula (1) alla frequenza di risonanza. La forma di attuazione della figura 4 differisce dalla forma di attuazione della figura 3 per le seguenti caratteristiche.

Il dispositivo 8 è configurato per rilevare la tensione V_L e la corrente I_L e per determinare la resistenza R_t in funzione delle tensione V_L e corrente I_L rilevate. La tabella di dati sperimentali memorizzata nella memoria 18 è indicata con TABR e comprende una pluralità di valori della temperatura del corpo tubolare 2 e una corrispondente pluralità di valori della resistenza di carico offerta del circuito risonante 7, 9. La resistenza R_t è sensibile alle variazioni della temperatura T_m del corpo tubolare 2 per i motivi menzionati in precedenza.

Inoltre, il dispositivo 8 comprende una unità di filtraggio 24, la quale è collegata al circuito risonante per rilevare la tensione V_L e, tramite il trasformatore di corrente 16, la corrente I_L ed è atta a generare e fornire un segnale di tensione S_V rappresentativo della armonica fondamentale della tensione V_L e un segnale di tensione S_I rappresentativo della armonica fondamentale della corrente I_L . La unità di filtraggio 24 comprende almeno due filtri passa basso o passa banda per l'estrazione delle armoniche fondamentali della tensione V_L e della corrente I_L . Infatti, in condizioni di risonanza e in regime

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

sinusoidale, una tensione alternata applicata al circuito risonante 7, 9 coincide di fatto con la tensione che si localizza ai capi della resistenza equivalente R_t . Siccome, il circuito risonante 7, 9 è alimentato con un'onda quadra è necessario filtrare la tensione V_L e la corrente I_L per estrarre le rispettive armoniche fondamentali.

La unità di acquisizione analogico/digitale 25 è del tipo a due ingressi ed è collegata, con questi ultimi, alla unità di filtraggio 24 per acquisire valori dei segnali di tensione S_V e S_I . La unità di calcolo 19 è configurata per calcolare la resistenza R_t in funzione dei valori acquisiti dei segnali di tensione S_V e S_I . In particolare, la unità di calcolo 19 calcola valori di resistenza R_t facendo il rapporto tra valori del segnale S_V e valori del segnale S_I .

Vale la pena di osservare che la unità di calcolo 19 può essere configurata per correggere la misura della temperatura T_m in funzione dei valori acquisiti del segnale S_V per tenere conto delle variazioni di ampiezza della tensione V_L . A tale scopo, la tabella TABR comprende una pluralità di valori della temperatura del corpo tubolare 2, una pluralità di valori di ampiezza della tensione V_L e una pluralità di valori della resistenza di carico offerta del circuito risonante 7, 9 associati, ciascuno, a una rispettiva di tutte le possibili coppie di valori ottenute accoppiando un qualsiasi valore della pluralità di valori

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

della temperatura del corpo tubolare 2 e un qualsiasi valore della pluralità di valori di ampiezza della tensione VL. Analogamente alla forma di attuazione della figura 3, la unità di calcolo 19 della figura 4 è configurata per determinare la temperatura T_m utilizzando valori misurati della resistenza di carico R_t e della tensione VS come dati di ingresso della tabella TABR.

Il funzionamento del dispositivo 8 secondo le forme di attuazione descritte sopra risulta evidente da quanto descritto sopra. Risulta evidente, inoltre, che il dispositivo 8 può essere utilizzato per controllare la temperatura di un qualsiasi riscaldatore a induzione, indipendentemente dal fatto che l'elemento riscaldante sia un corpo tubolare oppure che sia rotante.

Il principale vantaggio del metodo e del dispositivo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione sopra descritti è di non richiedere l'impiego di sensori di temperatura per misurare la temperatura del rullo riscaldatore, in quanto la misura della temperatura viene fatta in modo indiretto tramite la misura di una grandezza elettrica associata al circuito risonante 7, 9 nella condizione di risonanza, quale la frequenza della tensione VL applicata al circuito risonante 7, 9 oppure la resistenza di carico R_t offerta dal circuito risonante 7, 9.

Inoltre, un rullo riscaldatore a induzione equipaggiato

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

con il dispositivo di controllo sopra descritto può essere utilizzato vantaggiosamente per saldare fogli di politene avvolti attorno ad articoli di vario genere da confezionare oppure per riscaldare materiale in nastro che deve essere portato a una certa temperatura, in quanto: necessita di poca manutenzione, poiché non occorre sostituire nastri o altri elementi riscaldanti sottoposti ad usura; è termicamente efficiente, poiché la zona riscaldata è solo quella interessata dalla saldatura o preriscaldamento del materiale; e soprattutto può essere prontamente controllato in temperatura per seguire variazioni della temperatura di riferimento Tref conseguenti, ad esempio, ad una variazione di velocità del materiale, poiché il dispositivo di controllo riscalda solo uno strato periferico del corpo tubolare 2 che di conseguenza può essere realizzato con una parete molto sottile per avere una bassa capacità termica.

Per esempio, una rulliera riscaldatrice può essere realizzata affiancando tra loro una pluralità di rulli riscaldatore controllati secondo il metodo dell'invenzione. Una rulliera riscaldatrice così realizzata non necessita di mezzi per allontanare meccanicamente i rulli riscaldatori dal materiale durante le fasi di partenza e di arresto del materiale stesso, grazie alla prontezza di risposta di ciascun rullo nel seguire le variazioni della temperatura di riferimento Tref.

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione (1) comprendente un elemento riscaldante metallico (2) e una bobina di induzione (7) per indurre, nell'elemento riscaldante (2), una corrente elettrica tale da scaldare l'elemento riscaldante (2); il metodo comprendendo:

- collegare un condensatore (9) in serie alla bobina di induzione (7) per formare un circuito risonante;

- alimentare elettricamente il circuito risonante (7, 9) applicando, ai capi del circuito risonante (7, 9), una tensione periodica (VL) tale da portare il circuito risonante (7, 9) alla condizione di risonanza;

- misurare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2); e

- regolare la potenza elettrica fornita al circuito risonante (7, 9) sulla base di un confronto tra la temperatura misurata (T_m) e una temperatura di riferimento (T_{ref});

il metodo **essendo caratterizzato dal fatto che** alimentare elettricamente il circuito risonante (7, 9) comprende:

- regolare la frequenza (f) della tensione periodica (VL) in modo tale da agganciare la fase della tensione periodica (VL) alla fase di una corrente di carico (IL)

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

circolante nel circuito risonante (7, 9) per mantenere il circuito risonante (7, 9) esattamente in detta condizione di risonanza;

e dal fatto che misurare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) comprende:

- misurare una grandezza elettrica (f , R_t) associata al circuito risonante (7, 9) in detta condizione di risonanza; e

- determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) in funzione di detta grandezza elettrica misurata (f , R_t).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) in funzione di detta grandezza elettrica misurata (f , R_t) comprende:

- utilizzare la grandezza elettrica misurata (f , R_t) come dato di ingresso di una tabella (TABF; TABR) di dati sperimentali comprendente una pluralità di valori di temperatura dell'elemento riscaldante (2) e una corrispondente pluralità di valori della grandezza elettrica.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) in funzione di detta grandezza elettrica misurata (f , R_t) comprende:

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

- misurare la ampiezza (VS) di detta tensione periodica (VL); e

- determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) in funzione della grandezza elettrica misurata (f , R_t) e della ampiezza misurata (VS) della tensione periodica (VL).

4. Metodo secondo la rivendicazione 3, in cui determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) in funzione di detta grandezza elettrica misurata (f , R_t) comprende:

- utilizzare detta grandezza elettrica misurata (f , R_t) e detta ampiezza misurata (VS) della tensione periodica (VL) come dati di ingresso di una tabella (TABF; TABR) di dati sperimentali comprendente una pluralità di valori di temperatura dell'elemento riscaldante (2), una pluralità di valori di ampiezza della tensione (VL) e una pluralità di valori della grandezza elettrica associati, ciascuno, a una rispettiva di tutte le possibili coppie di valori ottenute accoppiando un qualsiasi valore della pluralità di valori di temperatura dell'elemento riscaldante (2) e un qualsiasi valore della pluralità di valori di ampiezza della tensione (VL).

5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui misurare una grandezza elettrica (f , R_t) associata al circuito risonante (7, 9) comprende:

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

- misurare detta frequenza (f) della tensione periodica (V_L) in detta condizione di risonanza.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui misurare una grandezza elettrica (f , R_t) associata al circuito risonante (7, 9) comprende:

- misurare una resistenza di carico (R_t) offerta da detto circuito risonante (7, 9) in detta condizione di risonanza.

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui misurare una resistenza di carico (R_t) offerta da detto circuito risonante (7, 9) comprende:

- rilevare detta tensione periodica (V_L) e di detta corrente di carico (I_L); e

- determinare la resistenza di carico (R_t) in funzione della tensione periodica (V_L) e della corrente di carico (I_L) rilevate.

8. Metodo secondo la rivendicazioni 7, in cui determinare la resistenza di carico (R_t) in funzione della tensione periodica (V_L) e della corrente di carico (I_L) rilevate comprende:

- generare un primo e un secondo segnale di tensione (S_V , S_I) rappresentativi della armonica fondamentale di detta tensione periodica (V_L) e, rispettivamente, della armonica fondamentale di detta corrente di carico (I_L);

- calcolare la resistenza di carico (R_t) in funzione

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

di detti primo e secondo segnale di tensione (SV, SI).

9. Dispositivo per controllare la temperatura di un riscaldatore a induzione (1) comprendente un elemento riscaldante (2) e una bobina di induzione (7) per indurre, nell'elemento riscaldante (2), una corrente elettrica tale da scaldare l'elemento riscaldante (2); il dispositivo comprendendo un condensatore (9) atto a essere collegato in serie alla bobina di induzione (7) per formare un circuito risonante, un inverter (10) per applicare, ai capi del circuito risonante (7, 9), una tensione periodica (VL), un circuito ad aggancio di fase (11) per comandare l'inverter (10) in modo da portare il circuito risonante (7, 9) alla condizione di risonanza, e mezzi regolatori di potenza (12, 21-23) per regolare la potenza elettrica fornita al circuito risonante (7, 9) in funzione di una temperatura di riferimento (Tref); il dispositivo (8) **essendo caratterizzato dal fatto che** il circuito ad aggancio di fase (11) comprende un comparatore di fase (15) collegato con il circuito risonante (7, 9) in modo tale da fornire un segnale di errore (ERR) proporzionale alla differenza di fase tra la tensione periodica (VL) e la corrente di carico (IL) circolante nel circuito risonante (7, 9), un oscillatore controllato in tensione (14) collegato in modo da comandare l'inverter (10), e un integratore (17) collegato tra detto comparatore di fase (15) e detto

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

oscillatore controllato in tensione (14) per controllare l'oscillatore controllato in tensione (14) in funzione di detto segnale di errore (ERR); e **dal fatto di** comprendere primi mezzi misuratori (20; 24, 25) per misurare una grandezza elettrica (f , R_t) associata al circuito risonante (7, 9) in detta condizione di risonanza e mezzi elaboratori (18, 19) per determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) in funzione di detta grandezza elettrica (f , R_t) misurata; detti mezzi regolatori di potenza (12, 21-23) essendo atti a regolare la potenza elettrica fornita al circuito risonante (7, 9) sulla base di un confronto tra la temperatura determinata (T_m) e detta temperatura di riferimento (T_{ref}).

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 9, in cui detti mezzi elaboratori (18, 19) comprendono una memoria (18) per memorizzare una tabella (TABF; TABR) di dati sperimentali, la quale comprende almeno una pluralità di valori di detta temperatura dell'elemento riscaldante (2) e una corrispondente pluralità di valori di detta grandezza elettrica (f , R_t), e una unità di calcolo (19) configurata per determinare la temperatura (T_m) dell'elemento riscaldante (2) utilizzando la grandezza elettrica (f , R_t) misurata come dato di ingresso della tabella (TABF; TABR).

11. Dispositivo secondo la rivendicazione 9 o 10, comprendente secondi mezzi misuratori (25) per misurare

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

l'ampiezza (VS) di detta tensione periodica (VL); detti mezzi elaboratori (18, 19) essendo atti a determinare la temperatura (Tm) dell'elemento riscaldante (2) in funzione di detta grandezza elettrica (f, Rt) e dell'ampiezza misurata (VS) della tensione periodica (VL).

12. Dispositivo secondo la rivendicazione 11, in cui detti mezzi elaboratori (18, 19) comprendono: una memoria (18) per memorizzare una tabella (TABF; TABR) di dati sperimentali, la quale comprende una pluralità di valori di temperatura dell'elemento riscaldante (2), una pluralità di valori di ampiezza della tensione (VL) e una pluralità di valori della grandezza elettrica associati, ciascuno, a una rispettiva di tutte le possibili coppie di valori ottenute accoppiando un qualsiasi valore della pluralità di valori di temperatura dell'elemento riscaldante (2) e un qualsiasi valore della pluralità di valori di ampiezza della tensione (VL); e una unità di calcolo (19) configurata per determinare la temperatura (Tm) dell'elemento riscaldante (2) utilizzando detta grandezza elettrica (f, Rt) misurata e detta ampiezza misurata (VS) della tensione periodica (VL) come dati di ingresso della tabella (TABF; TABR).

13. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 12, in cui detta grandezza elettrica (f, Rt) è la frequenza (f) di detta tensione periodica (VL) in detta condizione di risonanza.

14. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, in cui detti primi mezzi di misuratori comprendono un contatore (20) collegato all'oscillatore controllato in tensione (14) per misurare detta frequenza.

15. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 12, in cui detta grandezza elettrica (f , R_t) è una resistenza di carico (R_t) offerta da detto circuito risonante (7, 9) in detta condizione di risonanza.

16. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, in cui detti primi mezzi misuratori (24, 25) comprendono mezzi di filtraggio (24), i quali sono collegati a detto circuito risonante (7, 9) per rilevare detta tensione periodica (V_L) e corrente di carico (I_L) e sono atti a fornire un primo e un secondo segnale di tensione (S_V , S_I) rappresentativi della armonica fondamentale della tensione periodica (V_L) e, rispettivamente, della armonica fondamentale della corrente di carico (I_L), e mezzi di conversione analogico/digitale (25), i quali sono collegati ai mezzi di filtraggio (24) per acquisire valori di detti primo e secondo segnale di tensione (S_V , S_I); detti mezzi elaboratori (18, 19) comprendendo una unità di calcolo (19) configurata per calcolare detta resistenza di carico (R_t) in funzione dei valori acquisiti di detti primo e secondo segnale di tensione (S_V , S_I).

17. Dispositivo secondo una qualsiasi delle

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

rivendicazioni da 9 a 16, in cui detti mezzi regolatori di potenza (12, 21-23) comprendono un controllore (12) di tipo PID per fornire un secondo segnale di controllo (CTRL) di tipo on-off in funzione della differenza tra detta temperatura determinata (T_m) e detta temperatura di riferimento (T_{ref}), e primi mezzi interruttori (21), i quali sono disposti tra detto oscillatore controllato in tensione (14) e detto inverter (10) e sono comandati in funzione del secondo segnale di controllo (CTRL) per regolare la potenza elettrica media fornita a detto circuito risonante (7, 9).

18. Dispositivo secondo la rivendicazione 17, in cui detti mezzi regolatori di potenza (12, 21-23) comprendono secondi mezzi interruttori (23), i quali sono disposti tra detto comparatore di fase (15) e detto integratore (17) e sono comandati in funzione di detto secondo segnale di controllo (CTRL) e in fase con detti primi mezzi interruttori (21).

19. Dispositivo secondo la rivendicazione 17 o 18, in cui detti mezzi regolatori (12, 21-23) comprendono mezzi sincronizzatori (22) per comandare detti primi mezzi interruttori (21) in maniera sincrona con detta tensione periodica (VL).

20. Rullo riscaldatore a induzione (1) comprendente un elemento riscaldante, il quale è costituito da un corpo

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

tubolare metallico (2) atto a ruotare attorno ad un asse di rotazione (4), un supporto isolante (6), il quale è disposto all'interno del, ed è fisso rispetto al, corpo tubolare (2), una bobina di induzione (7), la quale è di rame ed è avvolta attorno al supporto isolante (6) per indurre, nel corpo tubolare (2), una corrente elettrica tale da scaldare il corpo tubolare (2), e un dispositivo (8) collegato alla bobina di induzione (7) per alimentare elettricamente la bobina di induzione (7) e controllare la temperatura di detto corpo tubolare (2); il rullo riscaldatore **essendo caratterizzato dal fatto che** il corpo tubolare (2) è di materiale metallico avente una resistività elettrica maggiore di quella del rame e detto dispositivo (8) è del tipo rivendicato in una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 19.

p.i.: ADA - APPLICAZIONI DIGITALI E ANALOGICHE S.R.L.

Andrea FIORINI

Andrea FIORINI
(Iscrizione Albo N.1197/B)

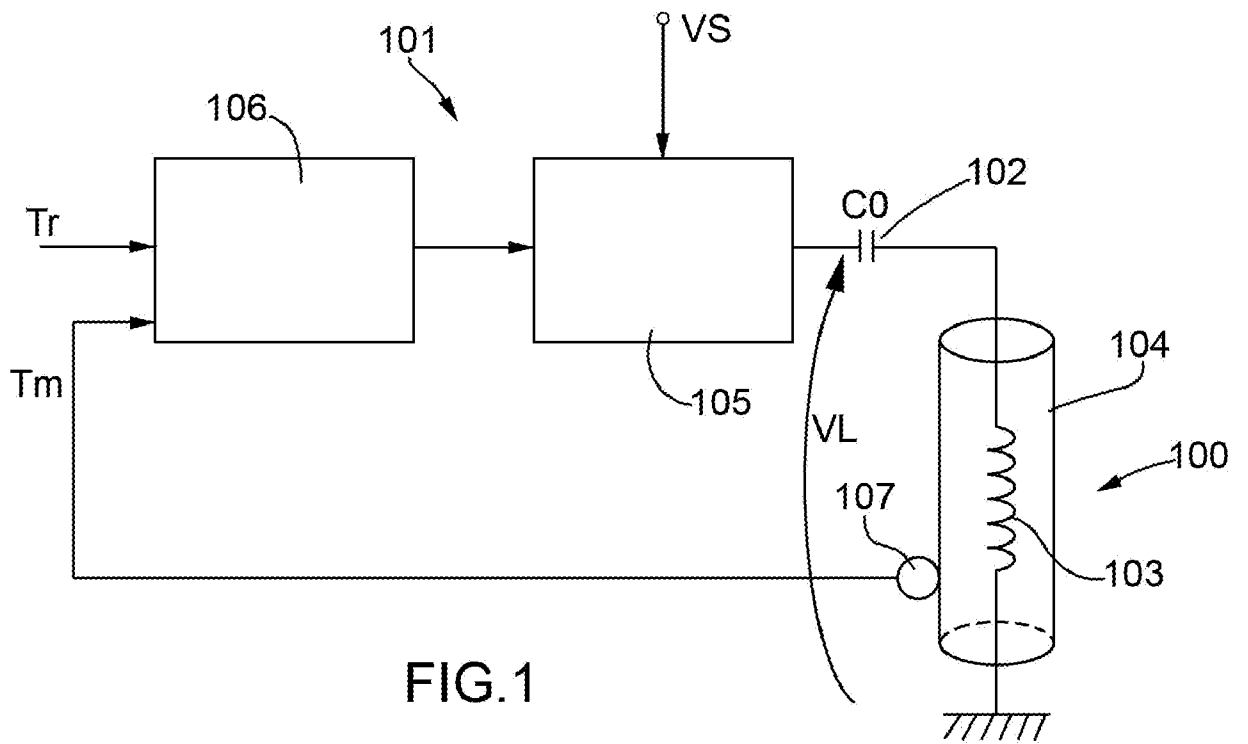


FIG.1

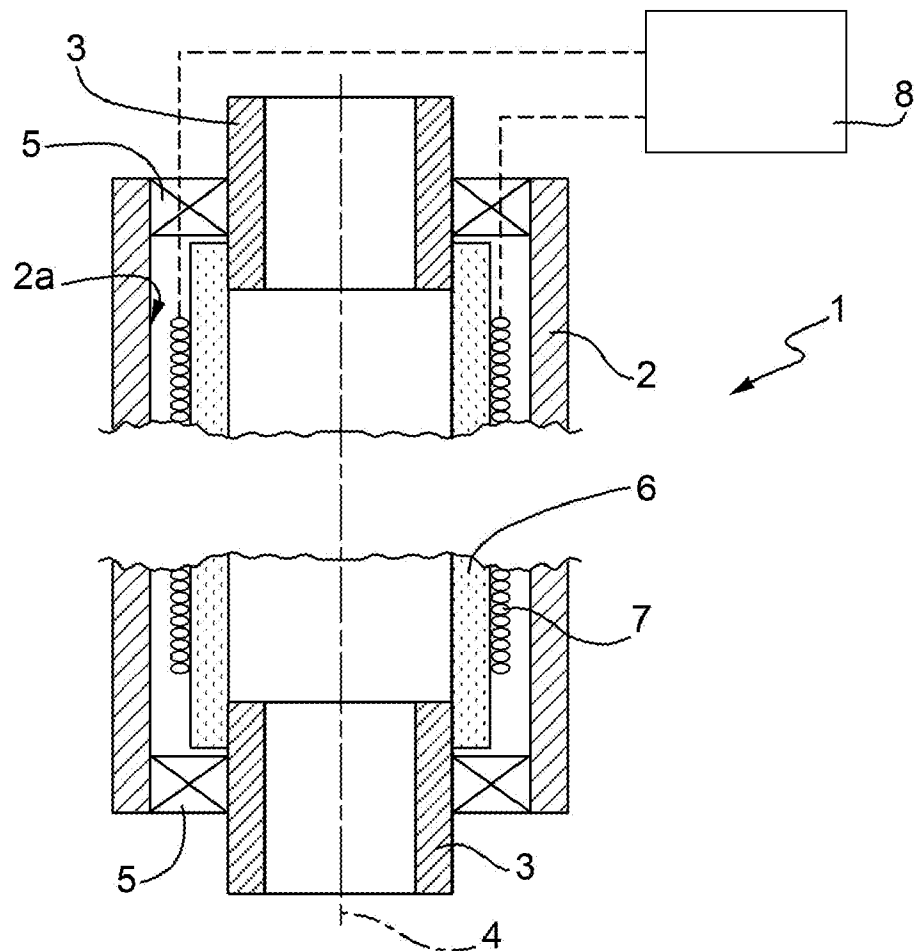


FIG.2

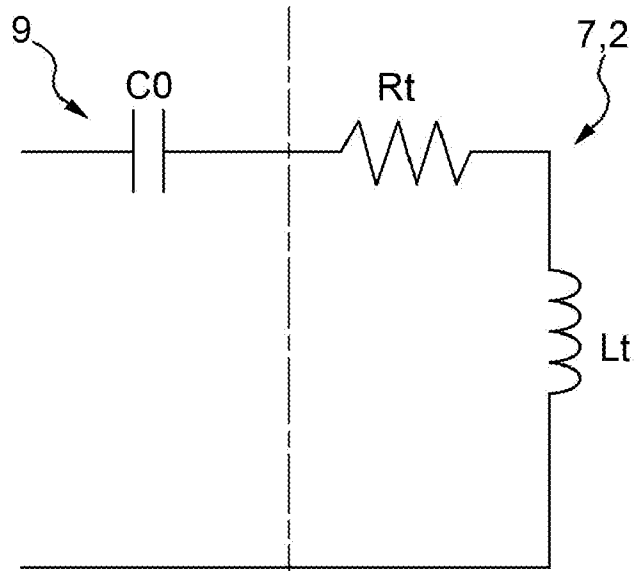


FIG.5

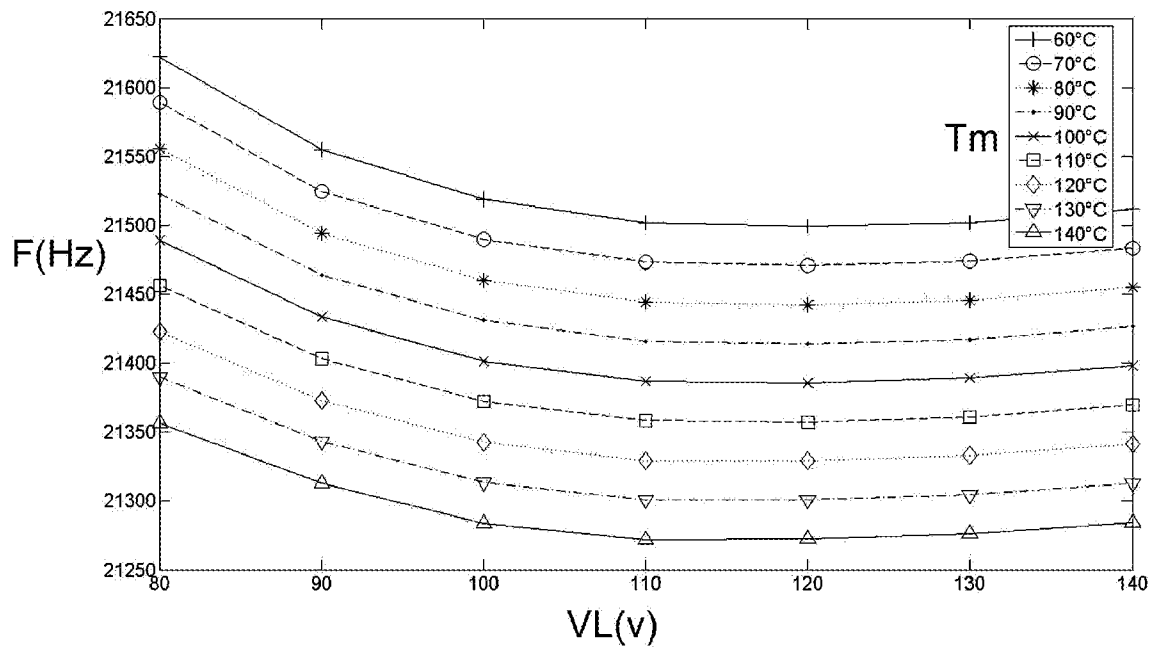


FIG.6