POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Gruppo elettrovalvola perfezionata per impianti fluidici di condizionamento e relativo gruppo contabilizzatore

*Original*
Gruppo elettrovalvola perfezionata per impianti fluidici di condizionamento e relativo gruppo contabilizzatore / Bordet, J.R., Chiaberge, M., Conta, P., Greco, C., Scaramuccia, P., Tonoli, A., Zenerino, E.C.. - (2013).

*Availability:*
This version is available at: 11583/2428578 since:

*Publisher:*

*Published*
DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

11 November 2026

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"GRUPPO ELETTROVALVOLA PERFEZIONATA PER IMPIANTI FLUIDICI DI CONDIZIONAMENTO E RELATIVO GRUPPO CONTABILIZZATORE"

di 1) VNTECH S.C.A.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: REGIONE AUTOPORTO 33/E

POLLEIN (AO)

2) POLITECNICO DI TORINO

di nazionalità italiana

con sede: CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI 24

TORINO (TO)

Inventori: BORDET Jean Raphael, CHIABERGE Marcello, CONTA Paolo, GRECO Cosimo, SCARAMUCCIA Paolo, TONOLI Andrea, ZENERINO Enrico

*** * ***

La presente invenzione è relativa a un'elettrovalvola perfezionata per impianti fluidici, ad esempio per impianti di condizionamento termico.

E' noto dotare un'elettrovalvola di almeno un sensore per rilevare dati quali la portata, la temperatura del fluido etc. e di un dispositivo di trasmissione per inviare tali dati a una centralina di elaborazione.

La centralina di elaborazione esegue operazioni di contabilizzazione e/o di verifica dei dati inviati dal

sensore.

Generalmente, la centralina di elaborazione e i sensori sono alimentati tramite una batteria che richiede una sostituzione periodica.

Inoltre, nel caso in cui i dati siano trasferiti in modalità wireless, anche il trasmettitore viene alimentato tramite la batteria.

Quando la valvola comprende un attuatore, infine, anche quest'ultimo viene alimentato tramite le batterie.

Risulta pertanto chiaro che la valvola richieda un consumo di energia tale che le batterie debbano essere sostituite anche frequentemente. Inoltre, nel caso di reti di distribuzione complesse, la sostituzione delle batterie può richiedere anche tempi elevati.

Lo scopo della presente invenzione è di realizzare un gruppo elettrovalvola esente dagli inconvenienti sopra specificati. Inoltre, l'elettrovalvola può essere integrata in un gruppo contabilizzatore per calcolare il consumo di energia termica.

Lo scopo della presente invenzione viene raggiunto tramite un gruppo elettrovalvola secondo la rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione della presente invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati in cui:

- la figura 1 è uno schema a blocchi di un'elettrovalvola secondo la presente invenzione; e
- la figura 2 è una vista prospettica con porzioni asportate per chiarezza, di un componente dell'elettrovalvola secondo la presente invenzione.

Per una migliore comprensione della presente invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati in cui:

- la figura 1 è uno schema a blocchi di un'elettrovalvola secondo la presente invenzione; e
- la figura 2 è una vista prospettica con porzioni asportate per chiarezza, di un componente dell'elettrovalvola secondo la presente invenzione.

Nello schema di figura 1, è illustrato con 1 nel suo insieme uno schema a blocchi di un gruppo elettrovalvola comprendente un condotto 2, un sensore di temperatura 3 preferibilmente disposto in prossimità di un ingresso 4 del condotto 2 per misurare la temperatura del flusso del condotto 2, un dispositivo a turbina 5 azionato dal flusso di fluido che percorre il condotto 2 e un attuatore di regolazione fluidica 6 per regolare il flusso nel condotto 2. In particolare, il dispositivo a turbina 5 è interposto fra il sensore di temperatura 3 e l'elemento di regolazione 6 e il dispositivo a turbina 5 è accoppiato a una dinamo

per generare energia elettrica.

Inoltre, il gruppo elettrovalvola 1 comprende una batteria ricaricabile 7 e una centralina di controllo 8. La batteria 7 è collegata alla dinamo per ricevere energia elettrica e all'attuatore di regolazione fluidica 6 per regolare il flusso di fluido. La centralina 8 è invece collegata al sensore di temperatura 3 e viene alimentata dalla dinamo e/o dalla batteria 7.

Secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, la centralina 8 comprende un trasmettitore wireless 8a per scambiare dati in ingresso e uscita e viene programmata per elaborare il segnale proveniente dal dispositivo a turbina 5 in modo da misurare la portata di fluido. I dati vengono scambiati in modalità wireless con un dispositivo di controllo 9 che memorizza i dati rilevati di temperatura e/o portata e/o livello di carica della batteria 7 e invia comandi di controllo elaborati dalla centralina 8 per comandare l'attuatore di regolazione fluidica 6.

Preferibilmente, il sensore 3, il dispositivo a turbina 5, la batteria 7 e la centralina 8 sono montati a bordo di un unico componente che definisce il condotto 2. Il gruppo elettrovalvola 1 comprende inoltre una coppia di connessioni preferibilmente filettate (non illustrate) per montare il condotto 2 in serie a un condotto di un impianto

di riscaldamento e un dispositivo radiante, ad esempio un radiatore 31 (illustrato schematicamente in figura 1).

Il dispositivo a turbina 5 (figura 2) comprende un rotore 10 avente un asse A allineato con la direzione media del flusso nel condotto 2 e una porzione tubolare 11 coassiale all'asse A e alloggiante il rotore 10. Il dispositivo a turbina comprende inoltre una pluralità di poli magnetici 12 disposti circonferenzialmente intorno alla porzione tubolare 11 e un anello 13 di materiale ferromagnetico che collega fra loro i poli magnetici 12 e collega rigidamente questi ultimi alla porzione tubolare 11.

Secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, il rotore 10 è supportato all'interno della porzione tubolare 11 tramite un telaio 14 fisso definente un cuscinetto radente 15 e un distributore 16 definente un secondo cuscinetto radente 17.

Preferibilmente, il telaio 14 comprende una parete cilindrica 18 contattante una superficie interna della porzione tubolare 11 e una pluralità di razze 19 radiali rispetto all'asse A e convergenti verso il cuscinetto radente 15.

Il distributore 16 comprende un anello periferico 20 contattante la superficie interna della porzione tubolare 11, una pluralità di razze 21 radiali rispetto all'asse A e convergenti verso il cuscinetto radente 18.

Il rotore 10 comprende una pluralità di palette 22 e una pluralità di magneti permanenti 23 girevoli intorno all'asse A e fissi rispetto alle palette 22.

Secondo la presente invenzione, il numero di poli magnetici 12 e quello di magneti permanenti 23 è un numero razionale. Preferibilmente, il rapporto è di 3/2. La centralina di controllo 8 è programmata per rilevare il segnale elettrico generato dai poli elettromagnetici 12 sia per generare energia elettrica e caricare la batteria 7 che per rilevare la portata del flusso nel condotto 2. Per ottenere una elevata sensibilità necessaria a misurare la portata il rapporto dovrebbe essere il maggiore possibile. Al contrario, per estrarre la maggior quantità possibile di energia elettrica il rapporto dovrebbe essere il più possibile prossimo a 1.

Il gruppo elettrovalvola 1 comprende inoltre opzionalmente un filtro elettromagnetico 25 disposto a monte della turbina 10.

Preferibilmente, il dispositivo di controllo 9 viene programmato per generare dati utili alla contabilizzazione dell'energia termica scambiata dal dispositivo radiante 31 associato al gruppo elettrovalvola 1. Il gruppo elettrovalvola 1 può pertanto mantenere un livello di potenza termica preimpostato tramite il dispositivo di controllo 9. Il gruppo elettrovalvola 1 può essere così

impiegato all'interno di una stanza, ad esempio per regolare il flusso di acqua calda in un radiatore per il riscaldamento di un ambiente domestico / industriale / professionale / scolastico o analoghi.

In particolare, il dispositivo di controllo 9 viene programmato in modo tale da stimare almeno la temperatura di uscita del fluido dal dispositivo radiante 31. Per ottenere tale risultato viene prevista una fase di taratura in cui i coefficienti di un modello matematico sono calcolati in seguito al confronto con i valori rilevati da appositi sensori di taratura che vengono smontati e non sono ulteriormente impiegati dopo il calcolo dei coefficienti delle funzioni di trasferimento. La stima della temperatura di uscita dal termosifone consente di stimare la potenza termica scambiata da quest'ultimo e consentire la contabilizzazione dell'energia termica di ciascun termosifone 31 quando l'impianto di riscaldamento presenta una caldaia / pompa di calore centralizzata.

In particolare, la potenza termica impiegata per il riscaldamento è ottenibile dal prodotto del calore specifico $c_p$ per la densità r, per la portata in volume $Q$ di fluido (acqua) riscaldante, che circola nel dispositivo radiante 31, per la differenza di temperatura del fluido stesso tra l'ingresso e l'uscita del dispositivo radiante 31. Con $T_m$ e $T_r$ si indicano rispettivamente le temperature

di ingresso e di uscita e con $\Delta T$ la loro differenza: $\Delta T = T_m - T_r$. Si ha quindi $P = c_p \rho Q \Delta T = c_p \rho Q (T_m - T_r)$.

Ulteriori grandezze fisiche di interesse sono la temperatura della stanza, indicata con $T_a$, e la temperatura esterna, indicata con $T_e$, qualora la stanza confini con l'ambiente esterno.

Di queste grandezze, $T_m$, $Q$ ed eventualmente $T_e$ costituiscono gli ingressi, mentre $T_a$ e $T_r$ costituiscono le uscite del sistema fisico di cui si vuole costruire il modello. Inoltre, la temperatura $T_a$ viene sempre misurata, mentre secondo la presente invenzione la centralina di controllo 8 e/o il dispositivo di controllo 9 sono programmati per stimare la temperatura $T_r$.

Per semplicità, nel seguito non verrà considerata la temperatura $T_e$ fra gli ingressi. Infatti questa temperatura ha poca influenza sul sistema considerato, presentando variazioni molto lente e limitate in ampiezza, almeno nel periodo invernale. E' stato verificato che tale scelta non impatta sul risultato finale: utilizzare due o tre ingressi non implica alcuna differenza concettuale.

L'identificazione è stata condotta in primo luogo ipotizzando una rappresentazione in matrici di trasferimento del sistema fisico sommata a un offset, rappresentato da un gradino la cui ampiezza, indicata dalla variabile barrata, viene stimata tramite l'algoritmo di

identificazione stesso (con e viene indicato il gradino unitario). Tale impostazione è particolarmente adatta ad algoritmi di stima parametrica facilmente implementabili in linguaggi di programmazione standard (ad es. C) e già utilizzati con ottimi risultati. La relazione ingresso-uscita è:

$$\begin{bmatrix} T_a \\ T_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{T}_a \\ \bar{T}_r \end{bmatrix} \cdot \mathrm{e} + \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_m \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{T}_a \\ \bar{T}_r \end{bmatrix} \cdot \mathrm{e} + \begin{bmatrix} \frac{N_{11}}{D} & \frac{N_{12}}{D} \\ \frac{N_{21}}{D} & \frac{N_{22}}{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_m \\ Q \end{bmatrix}$$

E' stato ipotizzato che le 4 funzioni di trasferimento abbiamo lo stesso denominatore polinomiale D, di grado *n*, poiché si intende avere la stessa dinamica del sistema per ciascuna coppia ingresso-uscita. Al contrario i numeratori polinomiali $N_{ij}$ sono lasciati completamente liberi e di grado $m \leq n$.

Tramite il confronto fra i dati rilevati tramite sensori di taratura che rilevano il valore delle uscite del sistema, ossia $T_a$ e $T_r$, i coefficienti delle funzioni di trasferimento sono determinati tramite algoritmi di ottimizzazione noti che minimizzano una funzione quadratica dell'errore.

Il modello del sistema è il seguente:

$$x(k+1) = Ax(k) + B\begin{bmatrix} T_m(k) \\ Q(k) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} T_a(k) \\ T_r(k) \end{bmatrix} = Cx(k)$$

Le matrici A, B, C sono ricavate secondo algoritmi noti e non discussi ulteriormente nel seguito a partire dalle funzioni di trasferimento.

Quando la matrice delle funzioni di stato è definita, è possibile stimare in anello aperto la temperatura di uscita $T_r$ del dispositivo radiante 31 e procedere con una stima della potenza termica utilizzata.

Preferibilmente, per aumentare l'affidabilità del calcolo stimato della potenza termica utilizzata, il dispositivo di controllo 9 è programmato per eseguire il controllo in retroazione dei valori stimati. In particolare, il modello matematico precedentemente descritto associa $T_a$ e $T_r$ mentre la correzione di $T_r$ viene eseguita sulla base della misura diretta di $T_a$ tramite un sensore dedicato 30 collegato in trasmissione dati con il dispositivo di controllo 9. Il confronto fra la misura della temperatura della stanza e la stima della temperatura della stanza definisce un parametro che consente di correggere la stima della temperatura di uscita dal dispositivo radiante 31.

In particolare, la retroazione viene eseguita tramite uno stimatore dello stato avente la forma:

$$\hat{x}(k+1) = A\hat{x}(k) + Bu(k) + L\left[y(k) - C\hat{x}(k)\right]$$
$$\hat{y}(k) = C\hat{x}(k)$$

dove i guadagni L, moltiplicati per la differenza fra i valori misurati e stimati (seconda equazione) della variabile *y*, modulano la correzione richiesta per tener conto delle differenze fra modello e sistema fisico.
Nel nostro caso però, occorre stimare non uno stato ma un'uscita. Per questo motivo le equazioni sono modificate in modo da far emergere che una uscita viene misurata mentre l'altra è stimata. Le equazioni diventano quindi:

$$\hat{x}(k+1) = A\hat{x}(k) + B\begin{bmatrix} T_m(k) \\ Q(k) \end{bmatrix} + L\left[T_a(k) - C_a\hat{x}(k)\right]$$
$$\hat{T}_r(k) = C_r\hat{x}(k)$$

Il calcolo dei guadagni L viene eseguito preferibilmente imponendo la stabilità asintotica della matrice $A-LC_a$ e una opportuna velocità di convergenza a zero dell'errore di stima.
Si noti che le variabili $T_m$, $Q$ e $T_a$ costituiscono gli ingressi dello stimatore, mentre $\hat{T}_r$ costituisce l'uscita. Di conseguenza le equazioni si possono riscrivere in forma compatta come segue:

$$\hat{x}(k+1) = (A - LC_a)\hat{x}(k) + \begin{bmatrix} B & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_m(k) \\ Q(k) \\ T_a(k) \end{bmatrix}$$

$$\hat{T}_r(k) = C_r \hat{x}(k)$$

I vantaggi che il gruppo contabilizzatore 1 secondo la presente invenzione consente di ottenere sono i seguenti.

Il gruppo servovalvola 1 è integrato e comprende solo connessioni meccaniche e fluidiche. Il dispositivo a turbina 5 carica la batteria 7 e la trasmissione dati wireless tramite l'antenna 8a. In questo modo il controllo è a distanza e la manutenzione si riduce al minimo.

Il rapporto pari a 1,5 fra numero di poli magnetici 12 e magneti permanenti 23 è il miglior compromesso fra le due esigenze contrastanti di convertire con il rendimento maggiore energia cinetica idraulica in energia elettrica e di inviare un segnale preciso di misura della portata che attraversa il condotto 2. Preferibilmente, i magneti permanenti sono realizzati di un materiale comprendente una lega di Neodimio – Ferro – Boro per aumentare l'intensità del campo magnetico.

Il filtro 25 cattura le particelle ferromagnetiche eventualmente presente nel fluido vettore in modo da preservare l'integrità dei magneti permanenti 23.

Tramite la programmazione del dispositivo di controllo 9 è possibile elaborare i dati inviati dal gruppo

elettrovalvola 1 per stimare la potenza termica scambiata dall'elemento radiatore e quindi contabilizzare il riscaldamento / raffrescamento. In particolare, il gruppo elettrovalvola 1 è compatibile con impianti preesistenti poiché può sostituire valvole meccaniche. E' possibile evitare ogni intervento sul raccordo di uscita del dispositivo radiante 31 poiché la temperatura di uscita viene stimata. Il gruppo elettrovalvola 1 svolge in questo caso anche la funzione di gruppo contabilizzatore di energia termica.

La misura della temperatura della stanza tramite il sensore 30 consente di rendere più precisa la stima ed è semplice da implementare poiché sono diffusi sistemi per misurare la temperatura di una stanza. In particolare, il modello matematico accoppia temperatura della stanza e temperatura di uscita e la misura dell'errore fra la temperatura della stanza stimata tramite il modello matematico e la temperatura della stanza misurata tramite il sensore 30, consente di calcolare il guadagno L che corregge la stima della temperatura di uscita $T_r$. L'affidabilità della stima della temperatura di uscita $T_r$ è pertanto migliorata così come la precisione della contabilizzazione. In particolare, il metodo di stima con retroazione precedentemente descritto è particolarmente preciso quando c'è un unico dispositivo radiante 31 per stanza.

Il gruppo contabilizzatore è pertanto compatto e compatibile anche con impianti già installati. In questo modo le operazioni di montaggio non richiedono opere di adattamento murarie e il ridotto numero di componenti presenta un impatto visivo minimo, in particolare non richiede alcuna modifica del raccordo di uscita del termosifone. In questo modo il gruppo contabilizzatore è montabile anche in ambienti domestici con un impatto limitato o nullo sull'estetica complessiva del termosifone. In particolare, ogni strumento o sensore ad eccezione del sensore 30 è incorporabile nella valvola 1 e nessun componente deve essere montato a bordo del termosifone 31.

Risulta infine chiaro che al gruppo valvola qui descritto e illustrato è possibile apportare modifiche o varianti senza per questo uscire dall'ambito di tutela come definito dalle rivendicazioni allegate.

Il dispositivo di controllo 9 può essere una centralina remota programmabile da un utente e in scambio di dati con uno o più gruppi valvola 1.

Il dispositivo radiante 31 può assorbire energia termica dalla stanza quando viene un fluido avente una temperatura inferiore a quella rilevata dal sensore di temperatura 30. In questo caso il dispositivo radiante 31 svolge la funzione di raffrescamento.

Eliminato:

RIVENDICAZIONI

1. Gruppo servovalvola (1) definente un condotto (2) collegabile ad una linea di un impianto termoidraulico, e comprendente un dispositivo a turbina (5) alloggiato nel detto condotto (2), una prima pluralità di magneti permanenti (25) portati da un rotore (10) del detto dispositivo a turbina (5), una seconda pluralità di poli magnetici (12) accoppiati magneticamente alla detta prima pluralità di magneti permanenti (25), una centralina di controllo (8) collegata ai detti poli magnetici (12), una batteria (7) collegata alla detta centralina di controllo (8) per essere caricata tramite il detto dispositivo a turbina (5), un trasmettitore (8a) collegato alla detta centralina di controllo (8) per trasmettere / ricevere dati a distanza, un attuatore di regolazione fluidica (6) configurato per regolare il flusso nel detto condotto (2) e controllato / alimentato tramite la detta centralina di controllo (8) e la detta batteria (7).

2. Gruppo servovalvola (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il rapporto fra le dette seconda pluralità e prima pluralità è pari a 1,5, la detta centralina di controllo (8) essendo programmata inoltre per elaborare il segnale elettrico generato dai detti poli elettromagnetici (12) e calcolare un valore di portata sulla base della velocità di rotazione del detto rotore

(10), in cui il detto valore di portata è trasmissibile tramite il detto trasmettitore (8a).

3. Gruppo servovalvola secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere un filtro selettivo (25) disposto a monte dei detti magneti permanenti (23) e configurato in modo da trattenere particelle ferromagnetiche.

4. Gruppo servovalvola secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere un sensore di temperatura (3) collegato alla detta centralina di controllo (8), la detta centralina di controllo (8) essendo programmata per comandare il detto attuatore di regolazione fluidica (6) sulla base del segnale rilevato dal detto sensore di temperatura (3).

5. Gruppo servovalvola secondo la rivendicazione 4, atto a cooperare con un dispositivo radiante (31), caratterizzato dal fatto che la detta centralina di controllo (8) è programmata per stimare una temperatura di uscita ($T_r$) dal detto dispositivo radiante (31) sulla base del segnale ($T_m$) rilevato dal detto sensore di temperatura (3) e da una portata (Q) rilevata tramite il detto dispositivo a turbina (5).

6. Gruppo di contabilizzazione di energia termica comprendente un gruppo servovalvola secondo la rivendicazione 5 e un sensore (30) per misurare una

grandezza funzionale ($T_a$) e un processore (9) programmato per stimare tramite un modello matematico la detta temperatura di uscita ($T_r$) e la detta grandezza funzionale ($T_a$) sulla base del detto segnale ($T_m$) e della detta portata (Q), e per modificare la stima della detta temperatura di uscita ($T_r$) sulla base della differenza fra il segnale del detto sensore (30) e la stima della detta grandezza funzionale ($T_a$) calcolata tramite il detto modello.

7. Gruppo di contabilizzazione secondo la rivendicazione 6, in cui la detta grandezza funzionale ($T_a$) è la temperatura di una stanza dove viene montato il detto dispositivo radiante (31).

8. Gruppo di contabilizzazione secondo una delle rivendicazioni 6 o 7, caratterizzato dal fatto che il detto processore (9) viene programmato per modificare la stima della detta temperatura di uscita ($T_r$) secondo uno stimatore dello stato.

p.i.: 1) VNTECH S.C.A.R.L.

2) POLITECNICO DI TORINO

**Edoardo MOLA**

**Edoardo MOLA**
*(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)*

**TITOLO**: GRUPPO ELETTROVALVOLA PERFEZIONATA PER IMPIANTI FLUIDICI DI CONDIZIONAMENTO E RELATIVO GRUPPO CONTABILIZZATORE


**RIASSUNTO**

Un gruppo servovalvola (1) definente un condotto (2) collegabile ad una linea di un impianto termoidraulico tramite mezzi di collegamento filettati rilasciabili, comprende un dispositivo a turbina (5) alloggiato nel condotto (2), una prima pluralità di magneti permanenti (25) portati da un rotore (10) del dispositivo a turbina (5), una seconda pluralità di poli magnetici (12) accoppiati magneticamente alla prima pluralità di magneti permanenti (25), una centralina di controllo (8) collegata ai poli magnetici (12), una batteria (7) collegata alla centralina di controllo (8) per essere caricata tramite il dispositivo a turbina (5), un trasmettitore (8a) collegato alla centralina di controllo (8) per trasmettere / ricevere dati a distanza, un attuatore di regolazione fluidica (6) configurato per regolare il flusso nel condotto (2) e controllato / alimentato tramite la centralina di controllo (8) e la batteria (7).


Figura principale: figura 1


**Edoardo MOLA**
*(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)*