



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101994900391092
Data Deposito	20/09/1994
Data Pubblicazione	20/03/1996

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	10	L		

Titolo

SISTEMA DI RICAMPIONAMENTO DEL SINCRONISMO MOTORE PER IL CONTROLLO
ATTIVO DELLE VIBRAZIONI PERIODICHE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale

di ELECTRONIC SOUND ATTENUATION S.p.A.

di nazionalità Italiana,

a 10154 TORINO - Corso Giulio Cesare 294-300

Inventore: CACCHERANO Pierluigi

*** **

TO 94A000720

La presente invenzione è relativa ad un sistema di ricampionamento del sincronismo motore per il controllo attivo delle vibrazioni periodiche.

Sono noti sistemi elettronici di controllo attivo delle vibrazioni periodiche prodotte da un motore in cui una unità elettronica riceve in ingresso segnali di reazione generati da una pluralità di rilevatori di vibrazioni (convenientemente realizzati da microfoni) e genera in uscita segnali di comando per una pluralità di trasduttori (convenientemente realizzati da altoparlanti). I rilevatori di vibrazioni ed i trasduttori di vibrazioni sono disposti in uno spazio delimitato (ad esempio l'abitacolo di un autoveicolo) in cui perviene una vibrazione (vibrazione primaria) generata dal motore.

In particolare, i trasduttori di vibrazioni generano, in base ai segnali di reazione elaborati dall'unità elettronica, una antivibrazione che sommata

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

alla vibrazione primaria ottiene l'elisione, almeno parziale, della vibrazione primaria stessa.

I sistemi elettronici noti utilizzano convertitori analogici/digitali atti a campionare i segnali di reazione. In particolare, il campionamento dei segnali di reazione viene ottenuto mediante un segnale impulsivo di sincronismo motore generato da un sensore angolare accoppiato ad una ruota fonica calettata sull'albero di uscita del motore. Tale sensore angolare è atto ad emettere N impulsi per ogni rotazione elementare dell'albero di uscita.

In tali convertitori analogico-digitali la frequenza di campionamento dei segnali di reazione varia in funzione del regime di funzionamento del motore.

Per questo motivo, la discretizzazione del segnale di reazione campionato, cioè la distanza temporale T tra campioni adiacenti, è funzione del regime di funzionamento del motore; cioè a basso regime di funzionamento del motore la distanza T è alta mentre ad alto regime di funzionamento del motore la distanza T diminuisce.

Per tale motivo la frequenza del segnale impulsivo di sincronismo non è sempre sufficiente a permettere un corretto campionamento dei segnali di reazione; in particolare, per bassi regimi di funzionamento del

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

motore, la frequenza del segnale di sincronismo può essere insufficiente a realizzare un corretto campionamento.

Inoltre, i sistemi noti devono utilizzare filtri passa basso che sono dimensionati per la frequenza di campionamento corrispondente al regime di funzionamento più basso del motore; tali filtri sono alquanto costosi.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un sistema elettronico che risolva gli inconvenienti dei sistemi noti.

Il precedente scopo è raggiunto dalla presente invenzione in quanto essa è relativa ad un sistema di ricampionamento del sincronismo motore per il controllo attivo delle vibrazioni periodiche $N(t)$ generate da un motore provvisto di un organo di uscita rotante comprendente;

- mezzi rilevatori (M_i) atti a rilevare dette vibrazioni periodiche $N(t)$ in uno spazio almeno parzialmente delimitato;

- mezzi trasduttori (L_j) disposti almeno parzialmente in detto spazio delimitato;

- mezzi elettronici di calcolo riceventi in ingresso segnali di reazione generati da detti mezzi rilevatori (M_i) e generanti in uscita segnali di comando per detti mezzi trasduttori (L_j);

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

detti mezzi trasduttori (L_j) essendo atti a produrre antivibrazioni atte a sommarsi a dette vibrazioni periodiche ($N(t)$) generate dal detto motore;

dette antivibrazioni essendo atte ad ottenere l'elisione, almeno parziale, delle dette vibrazioni periodiche in almeno parte di detto spazio delimitato,

caratterizzato dal fatto che i detti mezzi elettronici comprendono:

- mezzi convertitori analogico-digitali ricevanti in ingresso i detti segnali di reazione e generanti in uscita almeno una serie di dati campionati (C_i);

detti mezzi convertitori analogico-digitali presentando periodo di campionamento (T_s) costante;

- mezzi di ricampionamento ricevanti in ingresso detti dati campionati;

detti mezzi di ricampionamento essendo atti ad associare ai detti dati campionati (C_i) grandezze correlate alla velocità di rotazione del detto organo rotante;

detti mezzi di ricampionamento comunicando in uscita con mezzi trasformatori atti svolgere una trasformazione tempo-frequenza;

- mezzi di calcolo collegati in ingresso con una uscita di detti mezzi trasformatori e presentanti un'uscita comunicante con mezzi anti-trasformatori atti

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

svolgere una trasformazione frequenza-tempo del segnale in ingresso;

- mezzi convertitori digitali-analogici comunicanti con l'uscita di detti mezzi antitrasformatori ed alimentanti in uscita detti mezzi trasduttori (Lj).

L'invenzione verrà ora illustrata con particolare riferimento ai disegni allegati in cui:

la figura 1 illustra, in modo schematico, un sistema di ricampionamento del sincronismo motore per il controllo attivo delle vibrazioni periodiche realizzato secondo i dettami della presente invenzione; e

la figura 2 illustra un diagramma a blocchi del sistema della presente invenzione.

Nella figura 1 è indicato con 1, nel suo insieme, un sistema di ricampionamento del sincronismo motore per il controllo attivo delle vibrazioni periodiche in cui una centralina elettronica 3 riceve in ingresso segnali elettrici di reazione generati da una pluralità di sensori di vibrazione Mi (convenientemente realizzati da microfoni) e genera in uscita segnali di comando per una pluralità di trasduttori di vibrazioni Lj (convenientemente realizzati da altoparlanti). In particolare, i microfoni Mi e gli altoparlanti Lj sono disposti ai lati di uno spazio tridimensionale 5 (indicato schematicamente), ad esempio l'abitacolo di un

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

autoveicolo, a cui affluisce una vibrazione (rumore) $N(t)$, generata da una sorgente di rumore 7, in particolare un motore a scoppio (rappresentato schematicamente).

Gli altoparlanti L_j sono atti a generare rispettive vibrazioni (antirumore) che realizzano la soppressione (almeno parziale), all'interno dello spazio 5, della vibrazione $N(t)$.

Ciascun microfono M_i è atto a rilevare un segnale di reazione che è dato dalla interferenza tra il rumore $N(t)$ e le vibrazioni generate degli altoparlanti L_j .

Con particolare riferimento alla figura 2 è illustrata in dettaglio la centralina elettronica 3.

La centralina elettronica 3 comprende un filtro di condizionamento 10 a cui provengono i segnali di reazione $r(t)$ generati dai microfoni M_i . Il filtro 10 è convenientemente un filtro passa basso ed è collegato in uscita con un circuito campionatore 14 che effettua la conversione analogico/digitale dei segnali di reazione $r(t)$.

In particolare, il circuito 14 campiona i segnali analogici $r(t)$ in istanti T_s successivi con frequenza di campionamento costante $f_s = 1/T_s$ (ad esempio pari a 10 KHz). La frequenza di campionamento f_s è definita da un generatore locale di segnale 14a (ad esempio del tipo ad

PRATO Roberto
(Iscrizione Albo nr. 252)

onda quadra) collegato con un ingresso di comando 14a del convertitore 14.

Il circuito 14 genera in uscita una pluralità di dati campionati C_i che vengono alimentati all'ingresso 15a di un circuito di ricampionamento 15. Il circuito di ricampionamento 15 presenta risposta all'impulso $h(t)$ del tipo:

$$h(t) = \frac{\sin(\pi \cdot \delta / T_s)}{(\pi \cdot \delta / T_s)} \quad [1]$$

dove T_s è il periodo di campionamento del circuito 14, e δ è definito come:

$$\delta = \text{resto}(T_p / T_s) \quad [2]$$

dove T_p è il periodo per cui il motore 7 compie una rotazione completa cioè:

$$T_p = 2 \cdot \pi / \omega \quad [3]$$

con ω velocità di rotazione del motore. La velocità ω di rotazione del motore è rilevata da un sensore tachimetrico T (figura 1) accoppiato all'albero di

uscita 7a del motore 7.

Nel circuito 15 i campioni C_i vengono pertanto "pesati" con la funzione [1], cioè i dati campionati "pesati" C_{pi} presenti all'uscita 15u del circuito 15 sono ottenuti secondo l'espressione:

$$C_{pi} = \sum_{t=0}^{t=N} C_i * \frac{\sin(t * \text{pigreco} * (\delta / T_s))}{(t * \text{pigreco} * (\delta / T_s))} \quad [4]$$

I dati C_{pi} sono quindi alimentati ad un circuito 20 che svolge la trasformata di Fourier discreta (DFT - Discrete Fourier Transform), oppure la trasformato di Fourier rapida (FFT - Fast Fourier Transform) dei dati campionati C_{pi} generando in uscita delle grandezze complesse RF. La centralina elettronica 3 comprende inoltre un circuito di calcolo 22 ricevente in ingresso un segnale di sincronismo motore F_{sync} e generante in uscita un segnale w che esprime la velocità di rotazione angolare del motore 7.

Il circuito 22 coopera con un circuito 25 in cui sono memorizzate una pluralità di matrici elettroniche G^{-1} (una per ogni frequenza f). Ciascuna matrice G^{-1} è l'inversa di una matrice G che comprende tutte le funzioni di trasferimento $T_{fi,j,f}$ che definiscono il

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

sistema fisico altoparlanti L_j , percorsi acustici altoparlanti-microfoni, e microfoni M_i .

Ciascuna matrice G è relativa ad una rispettiva frequenza f ed ha la forma:

$$G(f) = \begin{bmatrix} TF_{1,1} & TF_{2,1} & \dots & TF_{i,1} & \dots & TF_{m,1} \\ TF_{1,2} & TF_{2,2} & \dots & TF_{i,2} & \dots & TF_{m,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ TF_{1,j} & TF_{2,j} & \dots & TF_{i,j} & \dots & TF_{m,j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ TF_{1,n} & TF_{2,n} & \dots & TF_{i,n} & \dots & TF_{m,n} \end{bmatrix}$$

Le matrici inverse G^{-1} sono alimentate dal circuito 25 ad un circuito di calcolo 30 al quale affluiscono inoltre le grandezze complesse RF ; il circuito di calcolo 30 genera in uscita grandezze complesse UF secondo una espressione generale del tipo:

$$UF = G^{-1} * RF \quad [5]$$

o secondo espressioni analoghe (o derivate) della espressione [5].

Le grandezze complesse UF sono alimentate ad un circuito antitrasformatore 33 che genera in uscita segnali digitali UT che sono successivamente alimentati ad un circuito 34 del tutto analogo al circuito 15.

Il circuito 34 presenta pertanto una risposta

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

all'impulso $h(t)$ del tipo descritto dalla espressione [1].

L'uscita del circuito 34 comunica con un circuito convertitore digitale-analogico 35 che converte il segnale digitale proveniente dal circuito 34.

Il circuito 35 comunica in uscita con un filtro di ricostruzione 40 complementare al filtro 10. L'uscita del filtro di ricostruzione 40 alimenta inoltre gli altoparlanti Lj.

In uso, il segnale generato dai microfoni M_i viene filtrato dal filtro 10 ed alimentato al circuito 14 che lo campiona con periodo di campionamento costante T_s generando una serie di dati campionati C_i . Il dati campionati C_i sono alimentati al circuito 15 che effettua una somma "pesata" secondo l'espressione [4] di tali dati campionati. In particolare, ciascun dato campionato C_i viene moltiplicato un termine del tipo

$$\sin(\pi \cdot \Delta / T_s)$$

$$(\pi \cdot \Delta / T_s)$$

che contiene l'informazione sulla velocità di rotazione w del motore dal momento che il termine Δ è definito come:

$\text{delta} = \text{resto} (T_p/T_s)$

[2]

con $T_p = 2 \cdot \pi / w$ e w velocità di rotazione del motore.

Il segnale in uscita al circuito 15 viene quindi trasformato dal dominio del tempo a quello della frequenza (in modo noto) ed inviato al circuito 30 il quale calcola, in base al modello inverso del sistema fisico G^{-1} , un segnale di pilotaggio UF che, dopo essere stato antitrasformato dal circuito 33, trattato dal circuito 34 e riconvertito nel dominio del tempo dal convertitore 35, genera, mediante gli altoparlanti Lj, l'antivibrazione che ottiene l'elisione della vibrazione $N(t)$ generata dal motore.

Da quanto sopra detto risultano chiari i vantaggi della presente invenzione in quanto la frequenza di campionamento dei segnali di reazione è indipendente dal regime di funzionamento del motore.

Per tale viene garantito un corretto campionamento dei segnali di reazione per ogni regime di rotazione del motore.

Risulta infine chiaro che modifiche varianti possono essere apportate al sistema descritto senza peraltro uscire dall'ambito protettivo dell'invenzione stessa.

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

Il motore 7, ad esempio, può essere qualsiasi tipo di motore atto mandare in rotazione un organo rotante per fornire potenza in uscita. Ad esempio, il motore 7 potrebbe essere un motore elettrico oppure un motore rotativo a turbina.

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

R I V E N D I C A Z I O N I

1.- Sistema di ricampionamento del sincronismo motore per il controllo attivo delle vibrazioni periodiche $(N(t))$ generate da un motore (7) provvisto di un organo di uscita rotante (7a) comprendente:

- mezzi rilevatori (M_i) atti a rilevare dette vibrazioni periodiche $N(t)$ in uno spazio (5) almeno parzialmente delimitato;

- mezzi trasduttori (L_j) disposti almeno parzialmente in detto spazio delimitato (5);

- mezzi elettronici di calcolo (3) ricevanti in ingresso segnali di reazione generati da detti mezzi rilevatori (M_i) e generanti in uscita segnali di comando per detti mezzi trasduttori (L_j) ;

detti mezzi trasduttori (L_j) essendo atti a produrre antivibrazioni atte a sommarsi a dette vibrazioni periodiche $(N(t))$ generate dal detto motore (7);

dette antivibrazioni essendo atte ad ottenere l'elisione, almeno parziale, delle dette vibrazioni periodiche in almeno parte di detto spazio delimitato (5),

caratterizzato dal fatto che i detti mezzi elettronici (3) comprendono:

- mezzi convertitori analogico-digitali (14)

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

riceventi in ingresso i detti segnali di reazione e generanti in uscita almeno una serie di dati campionati (Ci);

detti mezzi convertitori analogico-digitali (14) presentando periodo di campionamento (T_s) costante;

- mezzi di ricampionamento (15) ricevuti in ingresso detti dati campionati (Ci);

detti mezzi di ricampionamento (15) essendo atti ad associare ai detti dati campionati (Ci) grandezze correlate alla velocità di rotazione del detto organo rotante (7a);

detti mezzi di ricampionamento (15) comunicando in uscita con mezzi trasformatori (20) atti svolgere una trasformazione tempo-frequenza;

- mezzi di calcolo (30) collegati in ingresso con un'uscita di detti mezzi trasformatori (20) e presentanti un'uscita comunicante con mezzi anti-trasformatori (33) atti svolgere una trasformazione frequenza-tempo del segnale in ingresso;

- mezzi convertitori digitali-analogici (35) comunicanti con l'uscita di detti mezzi antitrasformatori (33) ed alimentanti in uscita detti mezzi trasduttori (Lj).

2.- Sistema secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che i detti mezzi di

PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

ricampionamento (15) presentano risposta all'impulso del tipo:

$$h(t) = \frac{\sin(\text{pigreco} * (\text{delta}/T_s))}{(\text{pigreco} * (\text{delta}/T_s))} \quad [1]$$

dove T_s è il detto periodo di campionamento e delta è definito come:

$$\text{delta} = \text{resto } (T_p/T_s) \quad [2]$$

$$\text{con } T_p = 2 * \text{pigreco} / w \quad [3]$$

e w velocità di rotazione del detto motore (7).

3.- Sistema secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che i detti mezzi di ricampionamento generano in uscita un segnale del tipo;

$$C_{pi} = \sum_{t=0}^{t=N} C_i * \frac{\sin(t * \text{pigreco} * (\text{delta}/T_s))}{(t * \text{pigreco} * (\text{delta}/T_s))} \quad [4]$$

dove C_{pi} è il segnale digitale di uscita a detti mezzi di ricampionamento (15), C_i sono i detti dati

campionati, T_s è il detto periodo di campionamento e Δ è definito come:

$$\Delta = \text{resto} (T_p/T_s) \quad [2]$$

$$\text{con } T_p = 2\pi/\omega \quad [3]$$

e ω velocità di rotazione del detto motore (7).

4.- Sistema secondo la rivendicazione 2 o 3, caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi di ricampionamento secondari (34) interposti tra detti mezzi anti-trasformatori (33) e detti mezzi convertitori digitali-analogici (35);

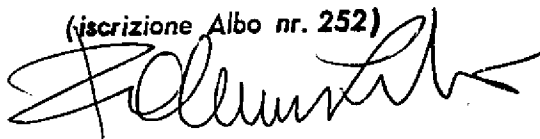
detti mezzi di ricampionamento secondari (34) presentando struttura analoga a quella di detti mezzi di ricampionamento (15).

5.- Sistema di ricampionamento del sincronismo motore per il controllo attivo delle vibrazioni periodiche sostanzialmente come descritto ed illustrato con riferimento ai disegni allegati.

p.i. ELECTRONIC SOUND ATTENUATION S.p.A.

PRATO Roberto

(iscrizione Albo nr. 252)



PRATO Roberto
(iscrizione Albo nr. 252)

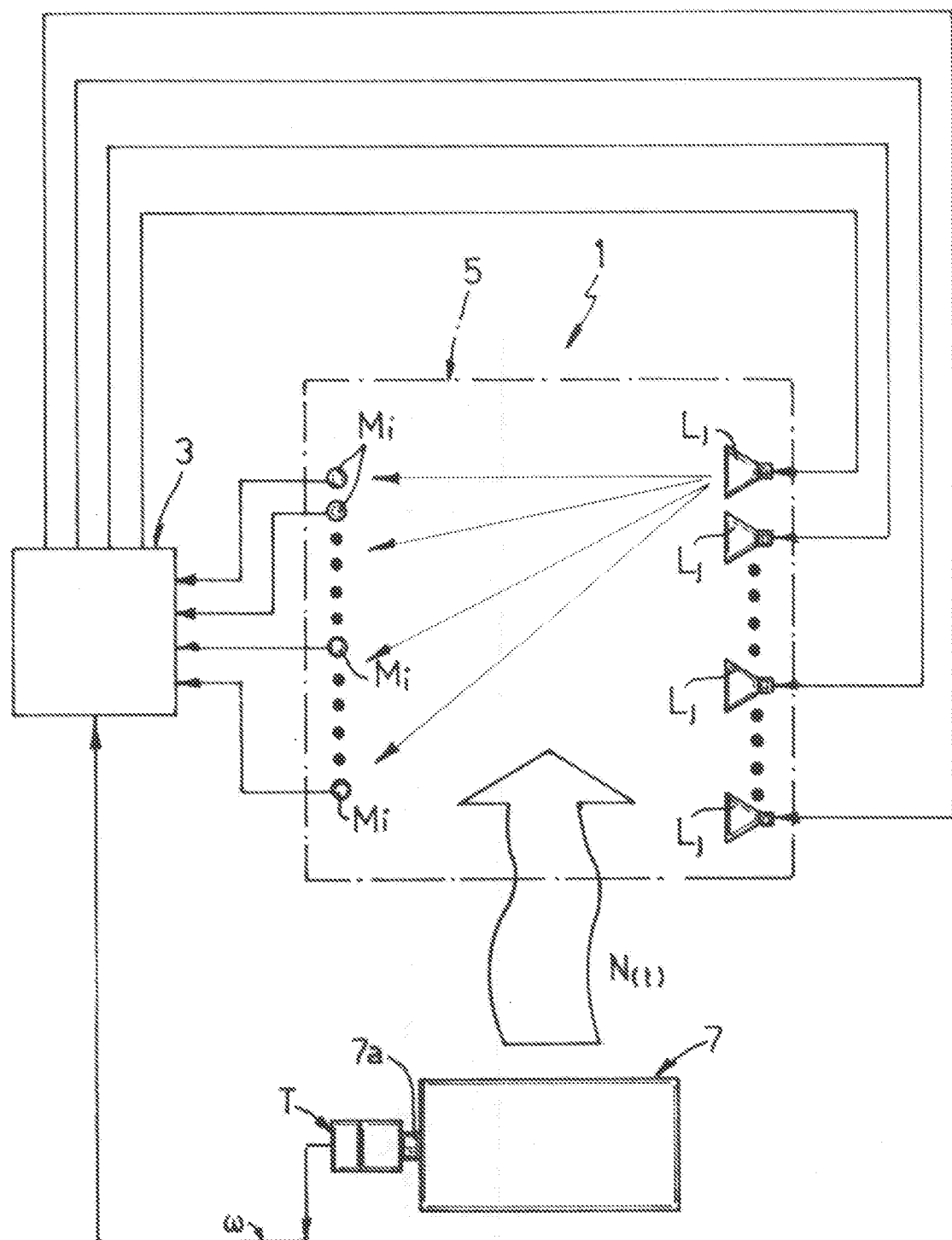


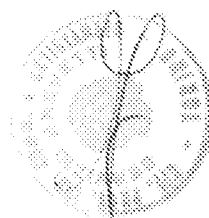
Fig. 1

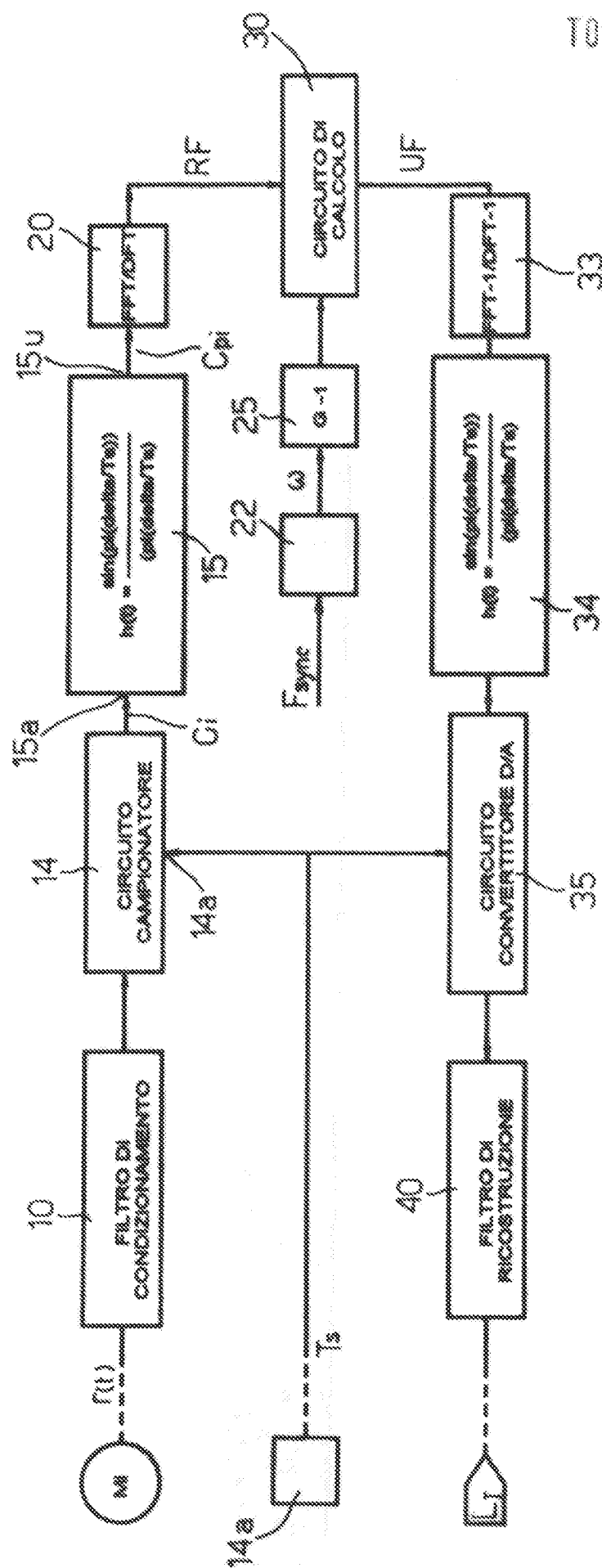
p.i.: ELECTRONIC SOUND ATTENUATION S.p.A.

PRATO Roberto

(brevetto nr. 252)

[Handwritten signature]





p.i.: ELECTRONIC SOUND ATTENUATION S.p.A.

PRATO Roberto

October 14, 2001

