

DESCRIÇÃO  
DA  
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 100.614

REQUERENTE: CISE S.p.A., italiana, industrial, com sede na Via Reggio Emilia, 39, 20090 Segrate Italia e ENEL-ENTE NAZIONALE PER L'ENERGIA ELETTRICA, italiana, industrial, com sede em Via G.B. Martini 3 Roma, Italia

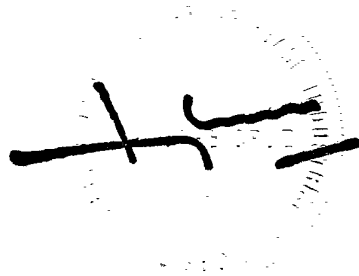
EPÍGRAFE: "SISTEMA DE MEDIÇÃO DO TEMPO DE TRANSFERÊNCIA DE UMA ONDA SONORA"

INVENTORES: ANTONIO GRAY residente em Italia

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4.º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883.

Italia, 24 de Junho de 1991, No. MI91A001729

111614



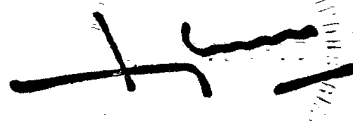
"SISTEMA DE MEDIÇÃO DO TEMPO DE TRANSFERÊNCIA DE UMA ONDA SONORA"

=====

MEMÓRIA DESCRITIVA

**Resumo**

O presente invento diz respeito a um sistema que é próprio para medir o tempo de transferência ou "tempo de viagem" de uma onda sonora no seio de um gás usando para esse efeito a relação entre a temperatura de um gás e a velocidade a que a referida onda sonora se propaga no seio do gás, e que compreende: um emissor (T2) que é próprio para gerar um som de fase coerente contendo substancialmente uma única frequência ou um grupo de frequências; e um receptor descodificador auto-correlativo (T1) que se acha associado ao referido emissor e que vai enviar o som para um sistema de filtros (F1) e para um conjunto que é controlado por um microprocessador (MP) que processa o sinal que sai do sistema de filtros (F1) conferindo-lhe uma forma semelhante à de uma janela de Hamming, a fim de encontrar o máximo dos máximos relativos a partir do qual irá deduzir o "tempo de viagem".



O presente invento diz respeito a um sistema próprio para medir o tempo de transferência de uma onda sonora, em particular para medir de uma maneira contínua o tempo de transferência de uma onda sonora através de um gás que se ache em estado de turbulência e a uma temperatura elevada, e em casos de ambientes corrosivos, com o objectivo final de se medir de uma maneira contínua a temperatura. O sistema característico do invento também é próprio para a medição de outros parâmetros associados ao referido tempo de transferência no seio de um corpo, como por exemplo a sua velocidade relativa ou a sua distância em relação a um determinado ponto de referência.

Para se efectuar a medição da temperatura de um gás, a técnica até agora utilizada consistia na utilização de pirómetros convencionais, como por exemplo termo-pares e termo-resistências, mas também de sistemas mais avançados que utilizam a relação existente entre a velocidade de propagação do som através de um gás e a temperatura desse mesmo gás: um emissor é estimulado por meio de um adequado sinal eléctrico e em consequência disso vai gerar uma vibração acústica no seio do referido gás, ao mesmo tempo que um microfone colocado a uma adequada distância do emissor vai receber as referidas vibrações que irão ser depois transformadas em sinais eléctricos.

Os sinais transmitidos e os sinais recebidos vão ser comparados entre si por meio de uns adequados algoritmos, a fim de fornecerem o chamado "tempo de viagem", que é o tempo que o sinal emitido pelo emissor demora a chegar ao microfone. A partir deste "tempo de viagem" é possível determinar o valor médio da temperatura do gás que foi atravessado pela referida vibração acústica.

Os sistemas mais avançados são de dois tipos diferentes: aqueles que utilizam um dispositivo de tipo comercial próprio para fazer saltar uma faísca entre dois eléctrodos com o objectivo de gerar o som por meio de um único impulso, com elevados valores de tensão e de intensidade de corrente, e aqueles que utilizam uma sirena, como por exemplo aquelas que são usadas em estádios desportivos, para gerar o som. No caso do primeiro tipo de sistemas vai ser emitido um conjunto de ondas cuja frequência ou cuja fase não é bem definida, tentando-se depois correlacionar o tempo de chegada da envolvente dos sinais recebidos com o instante de emissão do impulso eléctrico excitado pela faísca que saltou entre os dois eléctrodos, ao passo que no caso do segundo tipo de sistemas vai ser emitido um trem de ondas de frequência variável, mas com intrínseca incoerência de fase, sendo efectuada uma real e correcta "correlação cruzada" entre a forma das ondas do sinal emitido e a forma das ondas do sinal recebido.

Os inconvenientes dos pirómetros convencionais (termopares, termo-resistências, etc.) revelam-se nas aplicações em que se pretenda medir uma temperatura média, na necessidade de ter que se utilizar muitos dos referidos pirómetros e por conseguinte de ter que se calcular o valor médio dos valores fornecidos pelos vários pirómetros, e na dificuldade da sua utilização em ambientes quentes e muito corrosivos. Os inconvenientes da utilização dos pirómetros de tipo acústico para a medição do "tempo de viagem" residem principalmente na imprecisão que não permite realizar a determinação exacta do "tempo de viagem" no momento exacto em que se procede à medição da temperatura de um gás na presença de elevados níveis de ruído produzido pela turbulência do gás, por um queimador, por vibrações estruturais e outros motivos semelhantes (no caso dos sistemas em que se faz saltar uma faísca entre dois eléctrodos, a imprecisão deriva do facto do sinal emitido ser um sinal que não pode ser repetido e

por conseguinte a sua descodificação vai ser realizada por meio de processos estatísticos de medição, ao passo que no segundo caso a correlação entre os sinais emitidos e os sinais recebidos não é muito eficaz na presença dos ruídos e dos ecos associados à turbulência); quando as condições são o mais favoráveis possível, será possível obter uma medição em que o grau de precisão da estimativa do "tempo de viagem" é da ordem do período médio da onda emitida, o que na maior parte dos casos é insatisfatório (por exemplo, com  $f=2.000$  Hz, o período médio é de cerca de  $\pm 100^\circ\text{C}$  e isto provoca imprecisões da ordem de  $\pm 100^\circ\text{C}$  em percursos de cerca de 10 m num ambiente a uma temperatura de cerca de  $\pm 100^\circ\text{C}$ ).

O presente invento resolve o problema de proporcionar uma medição rigorosa da temperatura de um gás sob condições de elevada temperatura e na presença de elevados níveis de ruído.

O sistema característico do invento também utiliza a anteriormente referida relação entre o "tempo de viagem" e a temperatura e, conforme se acha caracterizado nas reivindicações, inclui um emissor de som que é sensível a uma única frequência ou a um grupo de frequências, que é de fase coerente e que se acha associado com (ou também funciona como) um receptor descodificador auto-correlativo. Isso vai permitir que a relação entre o som emitido e o ruído de fundo possa ser otimizada, uma vez que toda a energia do som emitido se acha concentrada numa banda muito estreita de frequências apropriadas; o receptor vai transformar o som recebido em sinais eléctricos que vão ser enviados através de um sistema de filtros de banda estreita e de estabilidade extremamente elevada. Em seguida o sistema de filtros desenvolve uma acção de forte correlação a fim de eliminar qualquer possível ruído contido na onda sonora que entra no referido sistema. O

sistema de filtros pode ser constituído, de uma maneira alternativa ou em combinação, por:

- filtros analógicos
- filtros de condensadores comutados
- processadores de sinais digitais.

Além disso é fácil observar que o sinal que abandona o sistema de filtros associado aos anteriormente referidos emissor e receptor, representado num diagrama de tempo-amplitude apresenta a forma particular de um "peixe" semelhante à de uma janela de Hamming bem conhecida no âmbito da literatura científica. Descobriu-se que os máximos relativos que formam a envolvente do "peixe" se achavam, sob um ponto de vista temporal, muito fortemente correlacionados com o instante de chegada da primeira onda do sinal recebido. Deste modo, outra característica do invento é a de que depois de ter sido descoberta essa correlação vai ser usada para se determinar com rigor o referido instante de chegada, e por conseguinte o "tempo de viagem".

Um circuito de corte electrónico que actua sobre o sinal que entra no sistema de filtros é controlado por meio de um algoritmo iterativo de maneira a deixar passar sempre as primeiras  $n$  ondas do sinal recebido, sendo  $n$  um número inteiro que o utilizador do sistema escolhe em função das condições das medições, de maneira a impedir o processamento de quaisquer sinais provenientes de ecos e desse modo permitir que o sistema possa medir uma vasta gama de temperaturas sem que para isso seja necessário estabelecer uma temperatura de experiência.

A principal vantagem do invento reside no facto de ser possível determinar com grande rigor o valor do "tempo de viagem" de uma onda sonora, e por conseguinte a temperatura de um gás quente que se ache em estado de turbulência, na presença de elevados ruídos de fundo e na presença de outros parâmetros referidos no primeiro parágrafo da presente memória descritiva. Outra vantagem deste invento é a de que o tempo de resolução do sistema é independente da frequência utilizada.

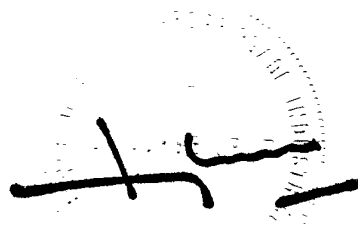
O invento irá ser a seguir descrito de uma maneira mais pormenorizada com referência aos desenhos anexos que representam um modelo de realização do invento e em que:

a Figura 1 é uma representação esquemática de uma forma de implementação do sistema;

a Figura 2 é um diagrama de blocos dos componentes electrónicos do sistema; e

a Figura 3 é uma representação esquemática de uma segunda forma de implementação do sistema.

A Figura 1 mostra que em duas janelas opostas situadas nas paredes (P) de uma caldeira (C) se encontram colocadas duas cornetas idênticas (T1, T2) que se acham colocadas uma defronte da outra (as cornetas deverão ser consideradas como sendo sirenas-altifalantes (produzidas pela companhia R.C.F. - Industrie Elettroacustiche a S. Maurizio; Reggio Emilia - modelo D 140)). As cornetas (T1) e (T2) encontram-se equipadas com altifalantes (C1, C2) alinhados segundo o eixo (I-I) que atravessa a unidade de aquecimento e a corrente de gases (FL) provenientes da combustão.



A corneta (T2) emite um trem de ondas sinusoidais de 2.000 Hz que é recebido pela corneta (T1) e que depois é transformado num sinal eléctrico que é enviado para o amplificador (A1).

A Figura 2 ilustra o sistema electrónico que processa e utiliza o sinal recebido. O amplificador (A1) amplifica com um ganho (G) estabelecido por um microprocessador (MP) o sinal recebido a partir da corneta (T1) e envia depois o referido sinal para o circuito de corte "killer" (K), sempre controlado por um microprocessador (MP). Quando em funcionamento, o circuito (K) fecha 1 ms antes da chegada do sinal e abre 6 ms depois graças a um calculo iterativo realizado pelo microprocessador. O sinal assim cortado vai entrar no filtro de banda (F1) através do qual apenas pode passar a harmónica fundamental e vai sair do referido filtro sob a já referida forma de diagrama de amplitude-tempo em forma de "peixe". O sinal é convertido da forma analógica para a forma digital pelo circuito de aquisição ADC e depois enviado para um microprocessador (MP) a fim de ser processado. Não irão aqui ser descritas as várias funções dos condutores (CON) uma vez que estas são evidentes para qualquer entendido nesta matéria.

O microprocessador (MP) processa os dados, encontra o máximo dos máximos relativos, por exemplo o máximo relativo do anteriormente referido diagrama em forma de "peixe", e determina o "tempo de viagem", também em função do momento em que o sinal é emitido pela corneta (T2) que gera o próprio sinal, e vai enviar o referido sinal para o mostrador (D). Além disso prossegue com o ciclo iterativo e estabelece o tempo de encerramento do circuito (K). O microprocessador (MP) deverá encontrar sempre o mesmo máximo.

Se o instante que corresponde ao anteriormente referido máximo relativo do diagrama em forma de "peixe" for o instante  $T_{\max}$ , o instante de encerramento do circuito de corte "killer" (K) é calculado do seguinte modo:

$$(1) T_{kp} = T_{\max, p-1} - KS$$

em que:

- $T_{\max, p-1}$  é calculado no ciclo iterativo que precede aquele em que é calculado o instante  $T_{kp}$ ;
- $p$  é o número do segundo ciclo iterativo; e
- $KS$  é uma apropriada constante que depende do factor de qualidade ( $Q$ ) dos filtros, do número de pólos dos filtros e do número  $n$  de ondas do sinal recebido que se deseja que entre no filtro de banda.

A fim de realizar de uma maneira mais sofisticada a determinação do instante de encerramento do circuito de corte "killer" poderá ser usada a seguinte relação:

$$(2) T_{kp} = T_{k, p-2} + \text{eta} (T_{k, p-1} - T_{k, p-2}) - KS$$

em que:

- $p$  é o número do ciclo iterativo; e
- 'eta' é a percentagem de erro utilizada no controlo.

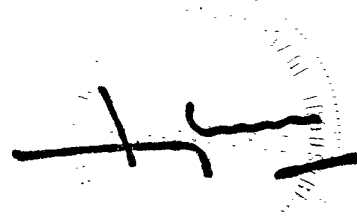
Se 'eta' = 1, as relações (1) e (2) serão idênticas.

A Figura 3 mostra a maneira alternativa como o sistema característico do invento pode ser implementado com uma unidade emissora que também funciona como unidade receptora, por forma a obter-se uma notável simplificação do aparelho. Uma unidade desse tipo pode ser por exemplo uma corneta (E-R) constituída por adequados transdutores associados a um apropriado altifalante que funciona tanto de emissor como de receptor e que se acha montado numa parede (P) da unidade de aquecimento (C). Na parede oposta, em vez da corneta (T1) como acontecia no caso que se acha representado na Fig. 1, encontra-se instalado um dispositivo de captação de sinais que é capaz de captar o sinal transmitido pela corneta (E-R) e de enviar o referido sinal novamente para a referida corneta (E-R) com um desfasamento de tempo fixo. Conforme se acha representado na figura, o dispositivo de captação pode ser constituído apenas por uma superfície acusticamente reflectora. Obviamente que a corneta (E-R) irá ficar associada ao sistema electrónico (A1) já anteriormente ilustrado com referência à Fig. 2. Também é óbvio que em pontos adjacentes da mesma parede da unidade de aquecimento poderão ser instaladas duas cornetas distintas próprias para desempenhar, respectivamente, as funções de emissor e de receptor, devendo também neste caso ser instalado na parede oposta um dispositivo de captação.

Lisboa, 22 de Junho de 1992



**J. PEREIRA DA CRUZ**  
Agente Oficial da Propriedade Industrial  
RUA VICTOR CORDON, 10-A 3.º  
1200 LISBOA



REIVINDICAÇÕES:

1ª. - Sistema próprio para medir o tempo de transferência de uma onda sonora no seio de um gás, a velocidade de um gás e por conseguinte para medir a temperatura do referido gás usando para esse efeito a relação entre a temperatura de um gás e a velocidade a que a referida onda sonora se propaga no seio do gás, sendo para esse efeito constituído por um emissor (T2) que é estimulado por um primeiro impulso eléctrico a fim de gerar som num ponto específico no seio do gás, um receptor (T1) que é próprio para receber o referido som depois deste ter percorrido uma determinada distância no seio do referido gás, uns meios próprios para proceder à conversão do referido som num segundo sinal eléctrico, uns meios próprios para proceder à comparação dos referidos primeiro e segundo sinais eléctricos por meio de um adequado algoritmo e desse modo proceder à definição do "tempo de viagem" do referido som, sendo indicador da temperatura do referido gás um valor que é função do tempo de viagem, caracterizado por compreender:

um emissor (T2) controlado pela corrente eléctrica que é próprio para gerar um som de fase coerente e que é sensível a uma única frequência ou a um grupo de frequências;

um receptor descodificador auto-correlativo (T1) que se acha associado ao referido emissor e que é próprio para enviar o som recebido para um sistema de filtros (F1) de banda estreita e de estabilidade extremamente elevada;

um circuito de corte electrónico (K) que actua sobre o sinal que entra no sistema de filtros (F1), que é controlado num microprocessador (MP) por meio de um algoritmo iterativo de maneira a deixar passar sempre um predeterminado número de n primeiras ondas do sinal recebido; e

um microprocessador (MP) que processa o sinal que sai do sistema de filtros (F1) conferindo-lhe uma forma semelhante à de uma janela de Hamming num diagrama de Amplitude-Tempo, a fim de encontrar o máximo dos máximos relativos a partir do qual irá deduzir o tempo de viagem.

2ª. - Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido emissor (T2) ser uma corneta própria para emitir som sob a forma de um trem de ondas sinusoidais, por o referido receptor (T1) ser uma corneta que é própria para receber o som emitido pelo emissor, e por compreender:

um conversor que converte o som recebido pelo referido emissor transformando-o num sinal eléctrico;

um amplificador (A1) que amplifica o referido sinal eléctrico com um ganho estabelecido por um microprocessador (MP);

um circuito de corte "killer" (K) que é controlado por um microprocessador (MP) por meio de um cálculo iterativo, que recebe o sinal amplificado e corta esse mesmo sinal de maneira a fazer passar o referido sinal através de um filtro de banda (F1) que vai deixar passar apenas a harmónica fundamental do sinal na forma semelhante à de uma janela de Hamming;

um circuito de aquisição de dados (ADC) que converte a referida harmónica fundamental fazendo-a passar da sua forma

analógica para a forma digital e envia o sinal convertido para o referido microprocessador (MP) que vai processar os dados recebidos, encontrar o máximo dos máximos relativos da anteriormente referida forma semelhante à de uma janela de Hamming e calcular o tempo de viagem em função do momento de emissão do sinal; e

um mostrador (D) que se acha associado ao referido microprocessador (MP) e que é próprio para mostrar o tempo de viagem depois deste ter sido calculado pelo microprocessador.

3ª. - Sistema de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o referido microprocessador (MP) calcular o instante ( $T_k$ ) em que o referido circuito de corte "killer" (K) fecha, utilizando para efectuar esse cálculo a seguinte relação:

$$T_{k,p} = T_{\max, p-1} - KS,$$

em que

- $T_{k,p}$  é uma medição feita no ciclo  $p$ ,
- $T_{\max, p-1}$  é o instante que corresponde ao máximo dos máximos relativos da forma semelhante à de uma janela de Hamming, e
- $KS$  é uma constante que depende do factor de qualidade ( $Q$ ), do número de pólos do filtro de banda ( $F_1$ ) e do número  $n$  de ondas do sinal recebido que foi deixado entrar no referido filtro.

4ª. - Sistema de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o referido microprocessador (MP) calcular o instante

( $T_k$ ) em que o referido circuito de corte "killer" (K) fecha, utilizando para efectuar esse cálculo a seguinte relação:

$$T_{k,p} = T_{\max', p-2} + \text{eta} (T_{\max', p-1} - T_{\max', p-2}) - KS,$$

em que 'eta' é a percentagem de erro utilizada no controlo.

5ª. - Sistema de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por as funções de emissão e de recepção de som serem desempenhadas por um único dispositivo emissor-receptor (E-R) que emite o som e que o volta a receber depois deste ter sido enviado de retorno por um detector de sinais (S) que se acha posicionado em substituição do referido receptor (T1).

Lisboa, 22 de Junho de 1992



**J. PEREIRA DA CRUZ**  
Agente Oficial da Propriedade Industrial  
RUA VICTOR CORDON, 10-A 3.ª .  
1200 LISBOA

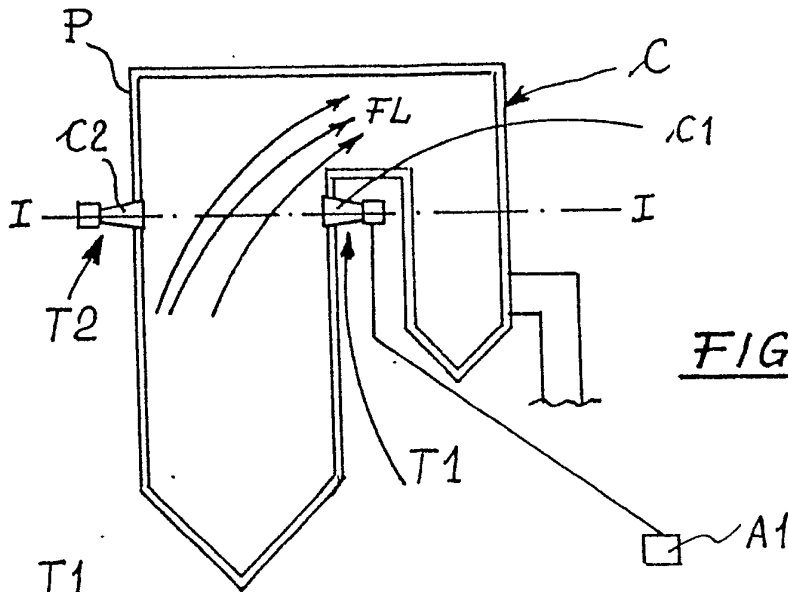


FIG. 1

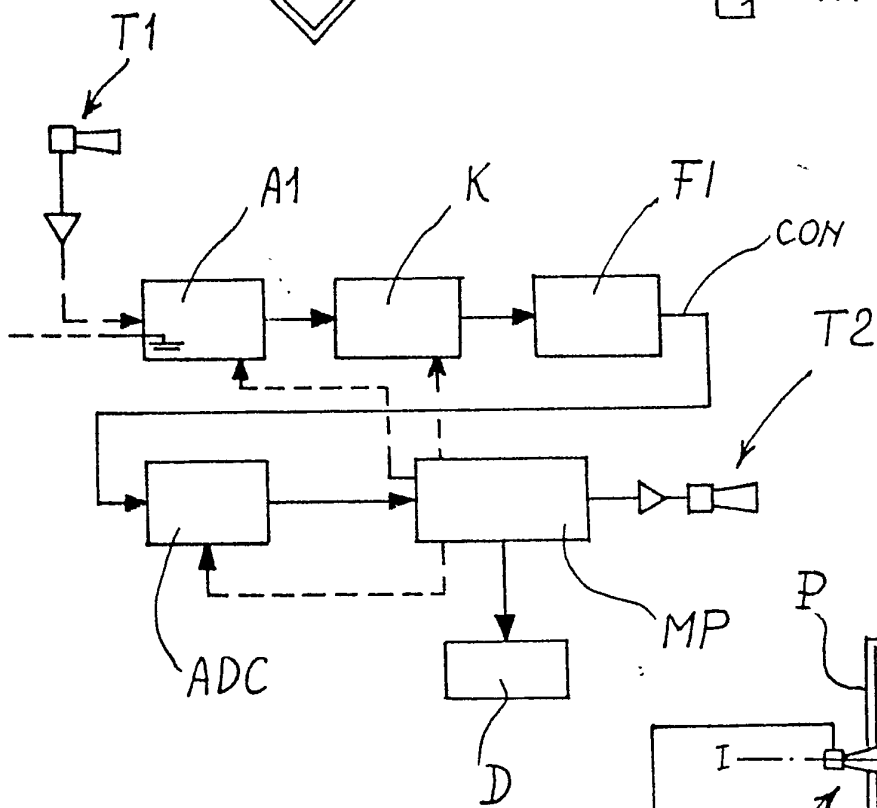


FIG. 2

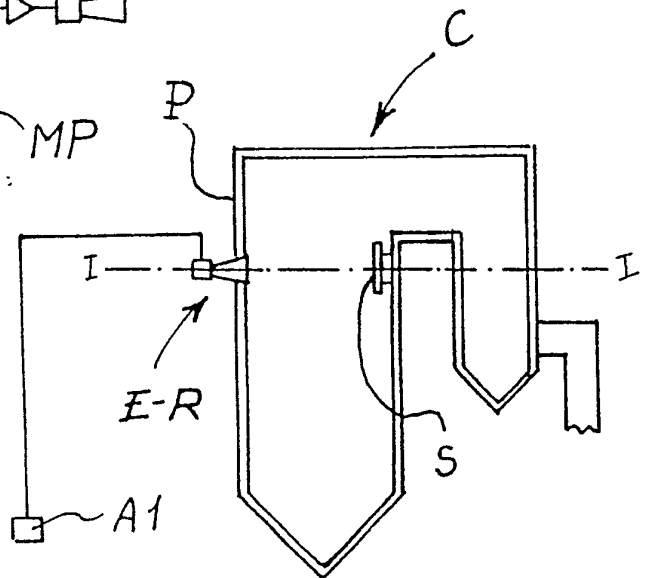


FIG. 3

