

Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé de commande d'un brûleur utilisant un combustible qui par mise en contact avec un gaz comburant permet d'entretenir une flamme produisant de l'énergie thermique.

[0002] L'invention concerne des brûleurs de ce type tant industriels (centrales thermiques, installations industrielles etc.) que domestiques (chauffage central, par exemple).

[0003] Une préoccupation désormais essentielle des concepteurs de tels brûleurs consiste à rendre optimale la combustion, notamment pour réduire la consommation et pour limiter autant que possible l'émission des substances polluantes dans l'atmosphère. Ainsi, on tente de faire fonctionner le brûleur avec un faible excès d'oxygène pour réduire le taux de CO dans les gaz de fumée. On tente également de réduire les émissions de NOx et d'hydrocarbures imbrûlés.

[0004] Pour remplir ces objectifs, il est connu d'analyser les gaz de fumée et d'utiliser le résultat de cette analyse pour agir sur les caractéristiques de fonctionnement du brûleur afin de corriger la teneur des composantes des fumées responsables de la pollution ou d'un moindre rendement. Cependant, cette méthode a ses limites qui sont un obstacle au réglage en boucle fermée, ces limites étant notamment les suivantes:

- 1. l'analyse peut ne pas traduire les conditions exactes de fonctionnement du brûleur, les prélèvements des gaz de fumée étant faits en général loin de ce dernier;
- 2. si l'installation thermique comporte plusieurs brûleurs, il n'est pas possible par cette méthode d'assurer un réglage individuel de chaque brûleur, car l'analyse des gaz de fumée est effectuée collectivement;
- 3. cette méthode ne permet pas de régler le brûleur en temps réel compte tenu du temps de réaction relativement long du réglage ce qui empêche l'obtention de conditions optimales de fonctionnement quant au rendement et aux émissions nocives;
- 4. le coût de mise en oeuvre d'une telle méthode est élevé de sorte que l'on ne peut guère l'envisager pour des petites installations thermiques, notamment pour le chauffage central des habitations.

[0005] US 5 332 386 décrit un procédé de commande des conditions de combustion d'un brûleur qui consiste à en surveiller la flamme au moyen d'un capteur de rayonnement, soit pour en constater la présence, soit en examinant sa stabilité. Ce procédé est basé notamment sur la constatation que l'étude de la fréquence des fluctuations du rayonnement produit par la flamme permet d'obtenir des informations concernant la stabilité de la flamme et l'émission des polluants.

[0006] Le signal du capteur optique est numérisé et on calcule la transformée de Fourier du résultat obtenu. On examine alors une bande de fréquences de la transformée de Fourier en calculant sa puissance, valeur qui est ensuite utilisée pour commander un paramètre de fonctionnement du brûleur, typiquement l'air admis. Le calcul de la transformée de Fourier est limité en fréquence avec un maximum à 500 Hz.

[0007] L'inconvénient principal de ce procédé connu réside dans le fait que la bande de fréquences examinée à partir de la transformée de Fourier, peut ne pas être la même pour tous les types de brûleurs. Ce procédé n'est donc pas directement applicable à tous les cas.

[0008] L'invention a pour but de fournir un procédé de commande d'un brûleur qui puisse être appliqué sans distinction à une très grande variété de brûleurs, notamment de puissances thermiques très diverses.

[0009] L'invention a donc pour objet un procédé de commande d'un brûleur utilisant un combustible qui par mise en contact avec un gaz comburant permet d'entretenir une flamme produisant de l'énergie thermique, ce procédé comprenant les opérations suivantes:

- a) on engendre un signal de rayonnement représentatif de la puissance du rayonnement émanant de ladite flamme;
- b) on convertit ledit signal de rayonnement de manière à en établir le spectre de fréquences;
- c) on établit une corrélation entre au moins un paramètre de fonctionnement du brûleur et au moins un paramètre caractéristique dudit spectre de fréquences; et
- d) on agit sur le fonctionnement du brûleur en fonction du résultat de la corrélation, ce procédé étant caractérisé en ce que
- e) ledit spectre de fréquences est établi sous la forme d'une fenêtre glissante par rapport au temps;
- f) on soumet le spectre de fréquences relevé pendant ladite fenêtre glissante à une étude statistique de répartition des fréquences parmi une pluralité de bandes de fréquences de ce spectre; et
- g) on agit sur le fonctionnement du brûleur en fonction de cette répartition statistique.

[0010] En raison du fait que le procédé de l'invention prend en compte l'ensemble du spectre de fréquences représentatif des fluctuations du rayonnement de la flamme, il devient possible de le rendre adaptable à pratiquement tous les types de brûleurs, sans qu'il soit nécessaire d'opérer un choix de la bande de fréquences à analyser pour obtenir un signal utilisable pour agir sur le fonctionnement du brûleur.

[0011] Selon d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- le procédé est mis en oeuvre une première fois dans des conditions de mesure standard sur au moins un brûleur d'un type donné pour relever une répartition standard de fréquences caractéristique de ce type de brûleur, puis au cours de l'utilisation de ce brûleur ou d'un autre brûleur de même type, on effectue une comparaison entre la répartition standard et la répartition relevée en ligne et on utilise le résultat de cette comparaison pour agir sur le fonctionnement du brûleur utilisé;
- ladite fenêtre glissante est divisée en des sections temporelles d'égale durée et l'étude statistique de répartition est effectuée successivement sur chacune desdites sections temporelles;
- l'échelle desdites plages de fréquences est logarithmique, de préférence à progression dyadique;
- ladite étude statistique consiste à calculer la moyenne générale des moyennes établies à partir des bandes de fréquence de ladite fenêtre temporelle et à déterminer l'écart-type de toutes ces moyennes sur ladite fenêtre temporelle;
- ledit spectre de fréquences est établi en calculant la transformée de Fourier dudit signal de rayonnement;
- en variante, ledit spectre de fréquence est établi en calculant la transformée d'ondelettes dudit signal de rayonnement;
- les moyennes générales et les écarts-type calculés pour chacune desdites bandes de fréquences de la répartition standard et les moyennes générales et les écarts-type calculés en ligne sont comparés distinctement pour chacune desdites bandes de fréquence et un signal d'avertissement est engendré si au moins l'une des comparaisons établit une inégalité entre les valeurs comparées;
- un intervalle de confiance est établi de part et d'autre des moyennes générales de ladite répartition standard et ledit signal d'avertissement n'est engendré que si le résultat d'au moins une desdites comparaisons des moyennes tombe en dehors dudit intervalle de confiance;
- ledit intervalle de confiance est égal à 1 à 4 fois l'écart-type de part et d'autre des valeurs des moyennes générales;
- plusieurs valeurs dudit intervalle de confiance sont établies et lesdites comparaisons sont effectuées pour chacune desdites valeurs pour engendrer des signaux d'avertissement liées à un degré de qualité de fonctionnement dudit brûleur.
- il consiste, à partir de ladite répartition standard, à déterminer des coefficients de corrélation des moyennes calculées avec le taux de présence dans les produits de combustion du brûleur d'une composante gazeuse prédéterminée, à combiner lesdits coefficients de corrélation avec les moyennes calculées de la répartition relevée en ligne et à engendrer un signal représentatif de ladite composante gazeuse pour ajuster cette composante dans les produits de combustion du brûleur concerné.

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 représente un schéma-bloc d'une installation de régulation d'un brûleur utilisant le mode de mise en oeuvre préféré du procédé de l'invention;
- la figure 2 est un graphe de la puissance thermique en fonction du temps illustrant un exemple de signal de rayonnement pouvant être relevé sur un brûleur;
- la figure 3 représente une représentation numérique du signal illustré par le graphe de la figure 2;
- la figure 4 est un schéma-blocs d'un calculateur pouvant être utilisé pour la mise en oeuvre du procédé de commande de l'invention; et
- les figures 6 et 7 sont des graphes en fonction de la fréquence montrant respectivement l'évolution de deux types de valeurs de moyenne déterminés par le calculateur de la figure 4.

[0013] En se reportant au schéma-bloc de la figure 1, on voit qu'une installation de commande selon l'invention agit sur le fonctionnement d'un brûleur B produisant une flamme F. Le brûleur B peut être de tout type connu consommant un carburant quelconque. Il est associé à un dispositif de réglage R qui permet d'en commander un certain nombre de paramètres, tels que le débit d'alimentation en carburant, le débit de gaz comburant, les dimensions de la flamme etc. A cet effet, le dispositif de réglage comporte des actionneurs A1 à An capables chacun d'agir sur l'un de ces paramètres, sous l'action d'un signal de commande qui est appliqué à l'actionneur respectif grâce à la mise en oeuvre du procédé de l'invention. Des dispositifs de réglage de ce type sont connus en soi et ne nécessitent donc pas de description particulière.

[0014] Une sonde S est également associée au brûleur B. Il s'agit d'un capteur de rayonnement dont la gamme de sensibilité est choisie en fonction de la nature de la flamme F. Par exemple, pour des flammes brûlant du gaz naturel ou du fioul léger (couleur bleue), il s'est avéré qu'un capteur de rayonnement ultraviolet est le plus approprié. Des photodiodes de type GaAs ou GaP peuvent alors convenir. Pour des flammes de couleur jaune (carburants liquides

divers ou carburants solides), on préfère utiliser un capteur de rayonnement infrarouge, comme une photodiode au silicium.

[0015] La sonde S est de préférence placée derrière le brûleur dans le courant de gaz comburant qui en maintient ainsi la température à une valeur acceptable. Elle est connectée à un amplificateur 1. La sortie de ce dernier est reliée

à un filtre passe-bande 2 avec des fréquences de coupure qui peuvent être situées à 3Hz et à 5 kHz, par exemple. **[0016]** La sortie Va du filtre 2 est représentée sur la figure 2, par un graphe en fonction du temps t pour un brûleur B donné. Ce signal comprend une composante alternative avec une excursion f (de +/- 5 Volts par exemple) de part et d'autre d'une composante continue qui peut être le niveau zéro, par exemple. Le signal reflète les fluctuations du rayonnement de la flamme F.

[0017] La sortie du filtre 2 est reliée à un convertisseur analogique/numérique 3. Ce dernier est conçu pour échantillonner le signal issu du filtre 2 à une fréquence d'échantillonnage prédéterminé qui est de préférence le double de la fréquence de coupure supérieure du filtre 2 (ici un peu supérieure à 10 kHz par exemple), et pour transformer ainsi chaque échantillon en une valeur numérique codée par exemple sur 8 bits.

[0018] Les échantillons numériques sont appliqués à un circuit tampon 4 d'une capacité de stockage telle qu'il conserve une fenêtre glissante d'échantillons s'étalant sur un intervalle de temps prédéterminé de 5 secondes, par exemple. Le contenu du circuit tampon 4 peut, à un instant donné, être celui représenté sur la figure 3 dont le graphe montre en fonction du temps les valeurs numériques Vn des échantillons apparaissant dans la fenêtre glissante.

[0019] Le signal emmagasiné dans le circuit tampon 4 est ensuite traité dans un calculateur 5. Celui-ci extrait les échantillons du tampon 4 par groupes composés chacun d'un nombre prédéterminé n d'échantillons, chaque fenêtre glissante comportant k groupes de n échantillons. Dans l'exemple décrit, chaque groupe k comporte 2048 échantillons pris sur une durée totale de 0,2 seconde.

[0020] Le calculateur 5 est représenté plus en détail sur la figure 4. Il analyse statistiquement chaque groupe d'échantillons pour en établir une densité spectrale en fonction de la fréquence. Comme on le verra par la suite, cette densité spectrale est représentative des fluctuations du rayonnement de la flamme et permet d'engendrer, par comparaison avec des signaux standard de densité spectrale en fonction de la fréquence, deux types de signaux. L'un de ces types de signaux est un signal par tout ou rien apparaissant sur une sortie 6 (figure 1) du calculateur 5 et appliqué à un circuit d'avertissement 7. Le signal de la sortie 6 représente qualitativement l'état de fonctionnement du brûleur B. Par exemple, l'un de ses niveaux peut indiquer un fonctionnement correct et l'autre un fonctionnement dégradé du brûleur nécessitant l'intervention d'un technicien d'entretien.

[0021] Le calculateur 5 est également capable d'engendrer sur une sortie 8 au moins un signal de correction de paramètre qui permet par l'intermédiaire d'une unité 9 d'amplification et d'adaptation, de commander au moins l'un des actionneurs A1 à An afin de pouvoir réajuster quantitativement au moins un paramètre de fonctionnement du brûleur B mentionné ci-dessus.

[0022] On voit également sur la figure 1 que le calculateur 5 est connecté à deux tables 10 et 11 dans lesquelles sont mémorisés, en fonction d'une valeur représentant la charge du brûleur B, des jeux de valeurs à décrire par la suite, à l'aide desquels le calculateur 5 peut effectuer les calculs nécessaires pour l'élaboration des signaux de sortie 6 et 8.

[0023] Le calculateur 5 (figure 4) comprend un convertisseur 12 permettant de convertir chaque groupe k de n échantillons exprimé en fonction du temps ($x_k(t)$) en un groupe de n échantillons exprimé en fonction de la fréquence ($x_k(f)$). Cette conversion peut être réalisée par divers procédés connus en soi, le procédé préféré étant le calcul de la transformée de Fourier de chaque groupe d'échantillons. En variante, on peut également soumettre les groupes d'échantillons à un calcul de transformée d'ondelettes.

[0024] La sortie du tampon 4 est reliée à un groupe de n entrées 12a du convertisseur 12 qui fournit sur un groupe de n sorties 12b des coordonnées complexes de la transformée de Fourier avec une répartition fréquentielle. La représentation graphique du module de cette transformée de Fourier est appelée "périodogramme" ou "densité spectrale de puissance" et elle constitue une représentation univoque des caractéristiques de rayonnement de la flamme du brûleur B.

[0025] Le module est obtenu dans un bloc d'élévation au carré 13 qui fait la somme des carrés des parties réelles et imaginaires de la fonction $X_k(f)$. Cette opération est donc exécutée n fois, n étant 2048 dans le cas considéré.

[0026] Les signaux issus du bloc d'élévation au carré 13 sont appliqués à un ensemble 14 de calcul de moyenne. Cet ensemble 14 est conçu pour calculer la moyenne statistique des fréquences présentes dans un nombre prédéterminé m de plages de signaux issus du bloc 13.

[0027] L'échelle de ces plages de fréquences est de préférence logarithmique afin de pouvoir disposer de la même précision pour les hautes fréquences et les basses fréquences dans le calcul statistique qui en est fait en aval. De préférence, cette échelle présente une progression dyadique.

[0028] Dans un exemple de réalisation, où on considère une gamme de fréquences dont la fréquence maximale est de 1250 Hz, les plages de fréquences sont déterminées en fonction de m selon la table suivante:

m	Plage de fréquences (Hz)	Nombre de sorties du bloc 13	Bloc de l'ensemble 14
1	9,8 à 19,5	32	14a
2	19,5 à 39,1	32	14b
3	39,1 à 78,1	64	14c
4	78,1 à 156,3	128	14d
5	156,3 à 312,5	256	14e
6	312,5 à 625	512	14f
7	625 à 1250	1024	14g

[0029] Dans ce cas, une fréquence d'échantillonnage d'au moins 2500 Hz est nécessaire. Mais pour augmenter le rapport signal/bruit, il est préférable d'utiliser une fréquence d'échantillonnage supérieure, une valeur de 10 kHz étant appropriée. Avec une telle fréquence d'échantillonnage, la fréquence minimale de la transformée de Fourier serait de $10\,000/2(N-1) = 2,44$ Hz.

[0030] Pour pouvoir établir la moyenne sur chacune des m plages de fréquences, l'ensemble comprend sept blocs de calcul de moyenne 14a à 14g dont les entrées sont réparties selon la table ci-dessus. Il s'est avéré qu'un tel nombre de plages traitées offre une résolution suffisante pour établir une signature fiable du brûleur B.

[0031] La figure 5 représente en fonction de la fréquence, pour l'ensemble pratique de la table ci-dessus, les signaux pouvant entrer et sortir des blocs de calcul 14a à 14g, la courbe $[X_k]^2$ étant la courbe enveloppe des échantillons de fréquence à l'entrée et la courbe Y_m représentée en pointillés montrant les paliers de moyenne des sept plages des blocs 14a à 14g. La courbe Y_m est appelée "signature en ligne" du brûleur B considéré.

[0032] On voit que chaque bloc de calcul de moyenne 14a à 14g engendre ainsi une valeur moyenne sur la gamme de fréquences considérée. Les sept valeurs (constituant la signature en ligne) sont traitées parallèlement dans les parties aval du calculateur 5 et circulent en parallèle sur des conducteurs multiples, le schéma de la figure 4 symbolisant chaque fois les sept conducteurs par une seule ligne que l'on appellera "canal" par la suite.

[0033] Les valeurs de moyenne Y_m peuvent être transformées par leur logarithme ou par toute autre fonction monotone

dans un bloc de conversion logarithmique 15 qui fait suite à l'ensemble de calcul de moyenne 14. Dans le cas où on calcule leur logarithme, on peut ainsi augmenter la sensibilité de la mesure dans les hautes fréquences par rapport aux basses fréquences. L'opération exécutée par le bloc 15 est inutile lorsqu'on utilise la transformée d'ondelettes qui confère déjà une échelle de fréquences logarithmique.

[0034] Le calculateur 5 comprend également des moyens pour, à partir des moyennes, individuelles par section de la fenêtre temporelle examinée, établir successivement la moyenne générale sur toutes les N sections de la fenêtre temporelle examinée et ce pour chaque canal. Cet établissement de moyenne générale est réalisé dans un bloc de filtrage 16 qui met en oeuvre l'expression suivante:

$$\mu_m \cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_{i,m}$$

dans laquelle μ_m est la moyenne générale du canal considéré, N est le nombre de sections, m le numéro de la plage fréquentielle et i l'indice courant.

[0035] Le calculateur 5 comprend également des moyens pour calculer, pour chaque canal, l'écart type des moyennes individuelles issues successivement des blocs 14a à 14g ou du bloc 15 selon l'expression suivante:

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_{i,m}^2 - \mu_m^2)$$

dans laquelle σ_m^2 exprime la variance.

[0036] A cet effet, le calculateur comprend un bloc 17 d'élevation au carré pour le calcul de la valeur Z_m^2 , le résultat étant traité dans un filtre passe-bas 18. La sortie de ce dernier est appliquée, canal par canal, à des additionneurs 19

(un par canal) dont l'autre entrée reçoit les valeurs élevées au carré des moyennes générales μ_m issues d'un bloc d'élévation au carré 20.

[0037] Comme on la déjà brièvement indiqué ci-dessus, le procédé de l'invention consiste également à corréler les résultats des calculs statistiques sur la signature en ligne du brûleur B avec des résultats de calculs statistiques faits sur plusieurs signatures du brûleur B relevées dans des conditions standard d'essai. Cette ou ces signatures sont appelées ci-après "signatures standard". Elles sont établies pour différentes charges thermiques du brûleur.

[0038] Les signatures standard peuvent être mesurées, de différentes façons selon que le brûleur B est un produit de série (brûleurs de chauffage central par exemple) avec une puissance inférieure à environ 300 kW, ou un brûleur d'une installation thermique importante (centrale électrique par exemple) avec une puissance supérieure à cette valeur. Dans le premier cas, on peut relever les signatures en usine sur un exemplaire de la série et les appliquer à tous les autres brûleurs de celle-ci. En général, pour ce genre de brûleurs, il n'est pas nécessaire de disposer d'une série de signatures en fonction de la charge, un relevé à des charges à 100% et à 50% s'avérant en général suffisant.

[0039] Dans le second cas, les signatures peuvent être relevées in situ pendant les travaux de mise en service de l'installation thermique. Il peut alors être avantageux de disposer de davantage de signatures standard en fonction de la charge par exemple sur toute une gamme de puissances de 10% à 100% avec un pas de 10%, voire inférieur.

[0040] Pendant ces relevés, et dans les deux cas, il peut être établi également une corrélation des signatures standard avec les concentrations des diverses composantes gazeuses des produits de combustion telles que O₂, CO et NO_x par exemple, par variation des réglages du brûleur agissant sur la quantité d'air primaire ou secondaire, la quantité de combustible fournie, etc.

[0041] Les signatures standard obtenues de la même façon que décrit ci-dessus à propos des signatures en ligne sont soumises aux mêmes calculs statistiques et donneront ainsi lieu à l'établissement de la table caractéristique déposée dans la mémoire 11 et composée d'une part en fonction des diverses charges, de séries de sept moyennes générales de référence μ_{ref} et d'autre part de séries de sept valeurs représentant des variances de référence σ_{ref}^2 . Sur la figure 4 les deux sections de la table caractéristique 11 sont indiquées par les blocs 11a et 11b, respectivement.

[0042] Les valeurs relevantes de la section de table 11a inscrites avec le signe "moins" sont additionnées canal par canal, dans des additionneurs 21 à des moyennes générales μ_m de la signature relevée en ligne pour former des moyennes de comparaison μ avec $\mu = \mu_m \cdot \mu_{ref}$.

[0043] D'une manière analogue, les valeurs de variance σ_m^2 sont sommées, canal par canal, dans des additionneurs 22 aux variances de référence σ_{ref}^2 pour former une variance de comparaison σ^2 , avec $\sigma^2 = \sigma_m^2 + \sigma_{ref}^2$.

[0044] Les signaux de variance de comparaison σ^2 des sept canaux sont appliqués à deux blocs d'extraction de racine carrée 23 et 24 qui calculent les écarts type σ parallèlement pour chaque canal. Les valeurs correspondantes sont ensuite multipliées, dans des multiplicateurs respectifs 25 et 26, par un facteur de confiance $+\alpha$ respectivement $-\alpha$, par exemple égal à trois, afin d'établir un "intervalle de confiance" respectivement de part et d'autre de chaque moyenne de comparaison. Le facteur de confiance est choisi de préférence entre 1 et 4. S'il est égal à trois, le degré de confiance sera égal à 99,7%.

[0045] Pour illustrer la notion d'"intervalle de confiance", la figure 6 représente un exemple de courbe (ici tracée en continue) représentant la moyenne générale μ_m en fonction de la fréquence (tracé A), courbe de part et d'autre de laquelle on a tracé l'évolution de deux courbes limites B et C de la valeur $\mu_m \pm \alpha \cdot \sigma$ également en fonction de la fréquence. Par exemple, pour une plage donnée de fréquences fx, l'intervalle de confiance est ici égal à $2 \cdot \alpha \cdot \sigma$, σ étant l'écart-type de la plage fx considérée. Bien entendu, dans l'exemple décrit ici, les courbes A, B et C devraient chacune ne comporter que sept valeurs. Par ailleurs, dans le calculateur 5 tel que décrit, les valeurs définissant l'intervalle de confiance sont combinées non pas aux valeurs de moyenne générale, mais aux valeurs de moyenne de comparaison.

[0046] En effet, comme on le voit sur la figure 4, les sorties des multiplicateurs 25 et 26 sont sommées, canal par canal, dans des additionneurs 27 et 28, aux valeurs de moyenne de comparaison μ de ces canaux.

[0047] La figure 7 illustre par une courbe tracée en continu sur toute la gamme de fréquences concernée, la valeur de moyenne de comparaison ainsi que l'intervalle de confiance associé.

[0048] Les valeurs de somme issues des additionneurs 27 et 28 sont appliquées respectivement à des comparateurs 29 et 30, le comparateur 29 fournissant une sortie vraie sur le canal considéré si la valeur de somme qui lui est appliquée pour ce canal est supérieure à zéro. Le comparateur 30 fournit pour chaque canal une sortie vraie, lorsque la valeur de somme provenant de l'additionneur 28 est inférieure à zéro.

[0049] Les sorties des comparateurs 29 et 30 sont combinées logiquement dans un bloc logique 31 qui opère canal par canal une opération logique ET sur ces sorties. Les sorties de ce bloc logique 31, à raison d'une par canal, sont appliquées à un second bloc logique 32 qui opère une fonction ET sur ces sorties et qui fournit à son tour le signal de sortie 6 du calculateur 5. Ce dernier est donc vrai si la valeur de moyenne de comparaison reste dans les limites de l'intervalle de confiance pour tous les canaux du calculateur 5 à la fois, autrement dit si l'écart entre la signature en ligne et la signature de référence reste à l'intérieur des limites définies par l'intervalle de confiance. Dans le cas contraire, si au moins un des canaux présente un écart dépassant l'intervalle de confiance, la sortie 6 indiquera une anomalie de fonctionnement du brûleur B qu'il conviendra alors de faire corriger par exemple par une opération de

maintenance. L'anomalie pourra être signalée par l'unité d'avertissement 7.

[0050] Selon une variante d'analyse du signal provenant des additionneurs 27 et 28, variante qui n'est pas illustrée sur le dessin, on peut discriminer entre plusieurs état de du brûleur correspondant à un degré de fiabilité de son fonctionnement.

[0051] A cet effet, on peut utiliser différentes valeurs du facteur α permettant de calculer si la différence Δ issue de l'additionneur 21 satisfait par exemple l'un des critères de fiabilité de fonctionnement suivants, moyennant quoi un signalisation correspondante peut être fournie à l'opérateur:

$$|\Delta_m| < 2\sigma \quad \text{fonctionnement}$$

$$2\sigma < |\Delta_m| < 3\sigma \quad \text{mise en garde}$$

$$|\Delta_m| > 3\sigma \quad \text{alarme}$$

[0052] Dans la table 10 sont mémorisés des coefficients de corrélation λ qui pour chaque canal du calculateur 5 lient la moyenne de la puissance spectrale P de ce canal relevée pendant la détermination de la signature standard, à la nature de la composante gazeuse mesurée présente dans les gaz de combustion. La table contient également une valeur γ qui est le coefficient d'origine de la courbe de corrélation de la composante gazeuse concernée.

[0053] A l'aide des valeurs mémorisées dans la table 10 et avec les moyennes générales de chaque canal calculées en ligne, il est ainsi possible de déterminer la teneur T de la composante gazeuse dans les gaz de combustion à l'aide de l'expression suivante, les plages de fréquence des canaux étant supposées être celles de la table ci-dessus:

$$T = \lambda_1 P_1 + \lambda_2 P_2 + \lambda_3 P_3 + \lambda_4 P_4 + \lambda_5 P_5 + \lambda_6 P_6 + \lambda_7 P_7 + \gamma$$

[0054] Cette expression est mise en oeuvre dans le calculateur 5 par l'intermédiaire de multiplicateurs 33, à raison d'un par canal, et d'un additionneur 34 unique, les multiplicateurs 33 recevant les sorties respectives du filtre passe-bas 16 et les valeurs respectives de λ inscrites dans la mémoire 10. L'additionneur 34 est connecté à la sortie de tous les multiplicateurs 33 et à la sortie correspondant à la valeur γ de la table 10. La sortie de l'additionneur 34 est la sortie 8 du calculateur 5.

[0055] Des moyens de corrélation semblables peuvent être prévus pour chaque composante des gaz de combustion que l'on souhaite réguler, les valeurs de moyenne générale pouvant être multiplexées pour chaque ensemble de moyens de corrélation correspondant.

[0056] Il est à noter que les fonctions assurées par le calculateur 5 peuvent être mises en oeuvre également par un logiciel exécuté dans un microprocesseur.

Revendications

1. Procédé de commande d'un brûleur (B) utilisant un combustible qui par mise en contact avec un gaz comburant permet d'entretenir une flamme (F) produisant de l'énergie thermique, ce procédé comprenant les opérations suivantes:

a) on engendre un signal de rayonnement (V_a) représentatif de la puissance du rayonnement émanant de ladite flamme;

b) on convertit ledit signal de rayonnement de manière à en établir le spectre de fréquences ($X_k(f)$);

c) on établit une corrélation entre au moins un paramètre de fonctionnement du brûleur et au moins un paramètre caractéristique dudit spectre de fréquences ($X_k(f)$); et

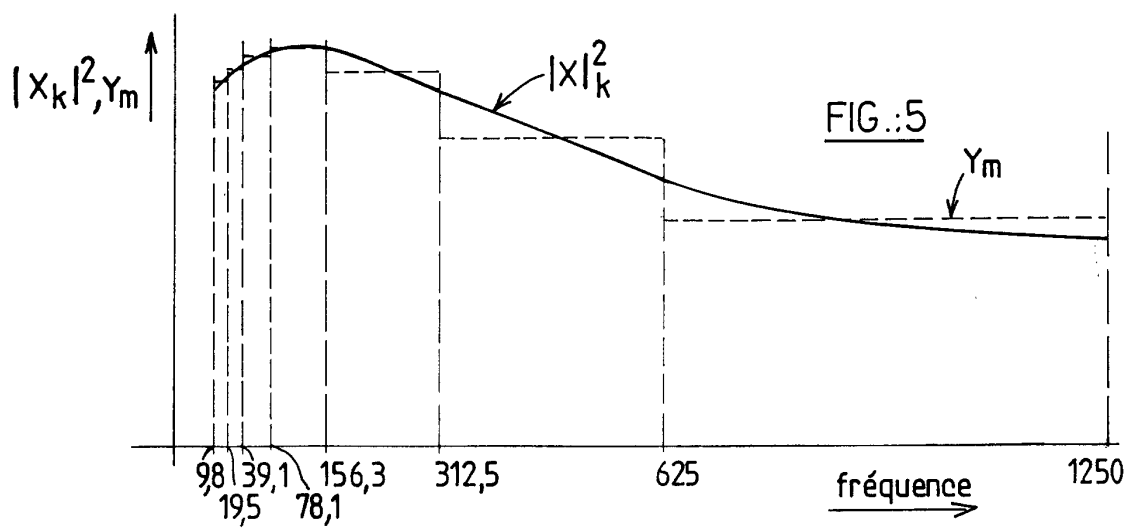
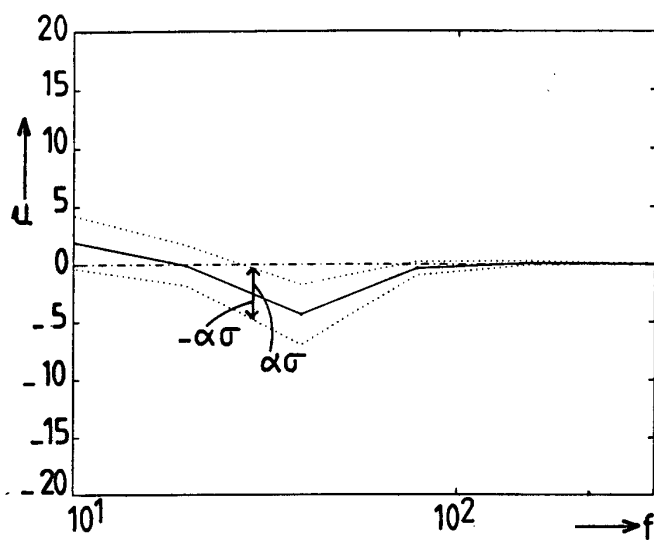
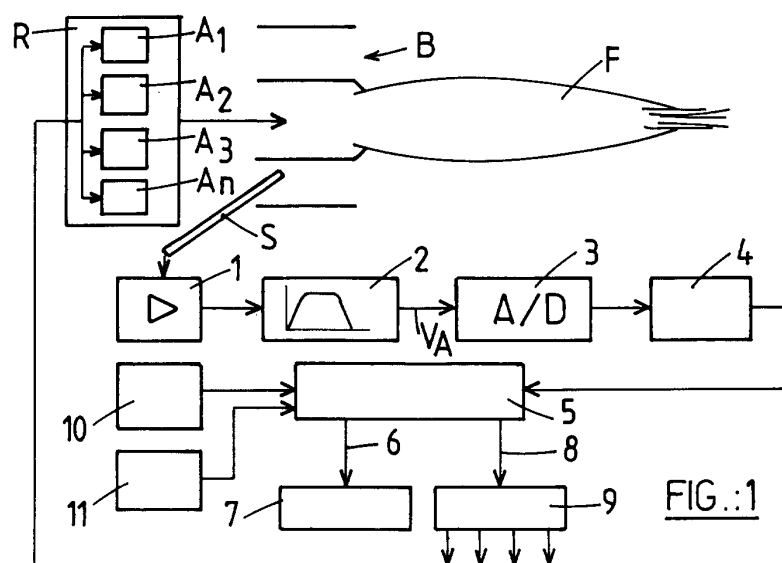
d) on agit sur le fonctionnement du brûleur (B) en fonction du résultat de la corrélation, ce procédé étant caractérisé en ce que

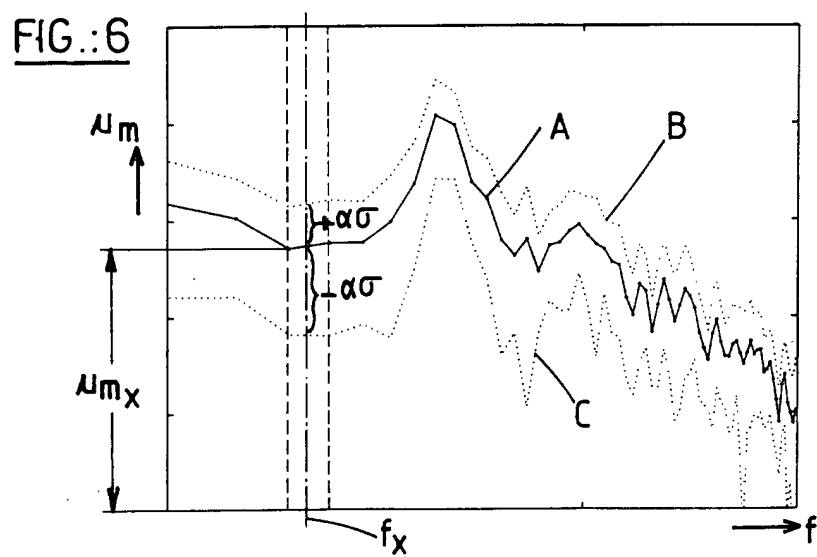
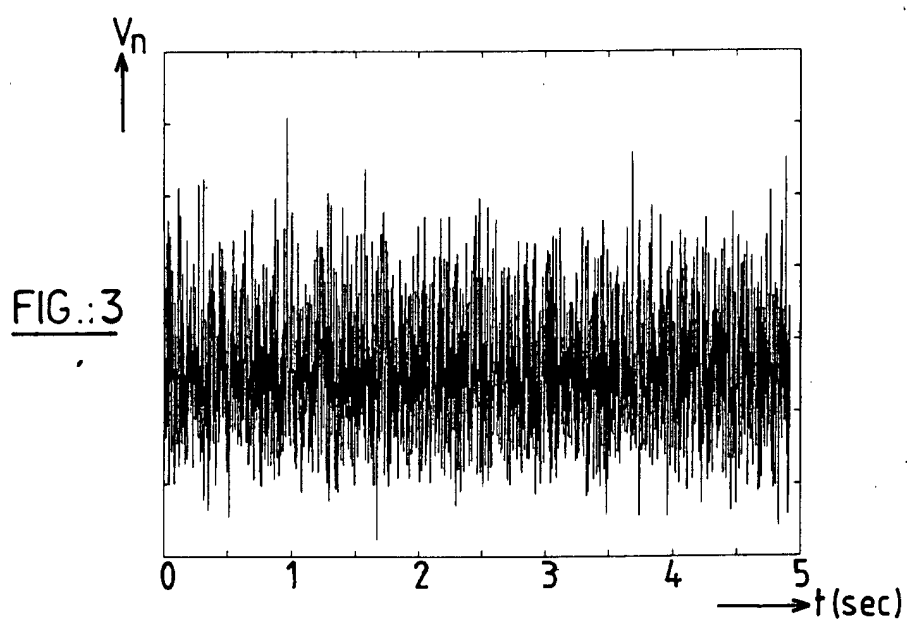
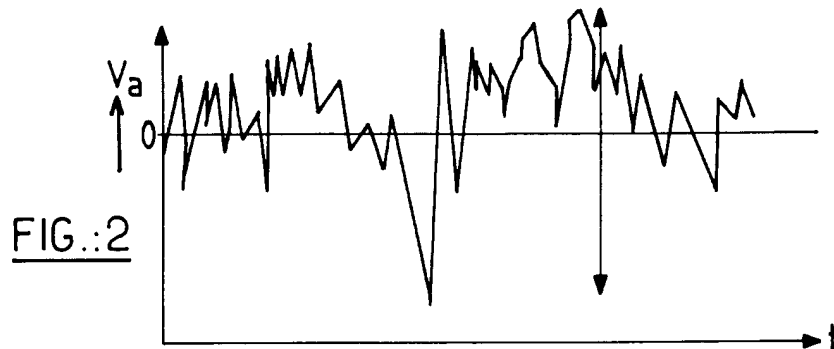
e) ledit spectre de fréquences ($X_k(f)$) est établi sous la forme d'une fenêtre glissante en fonction du temps (t);

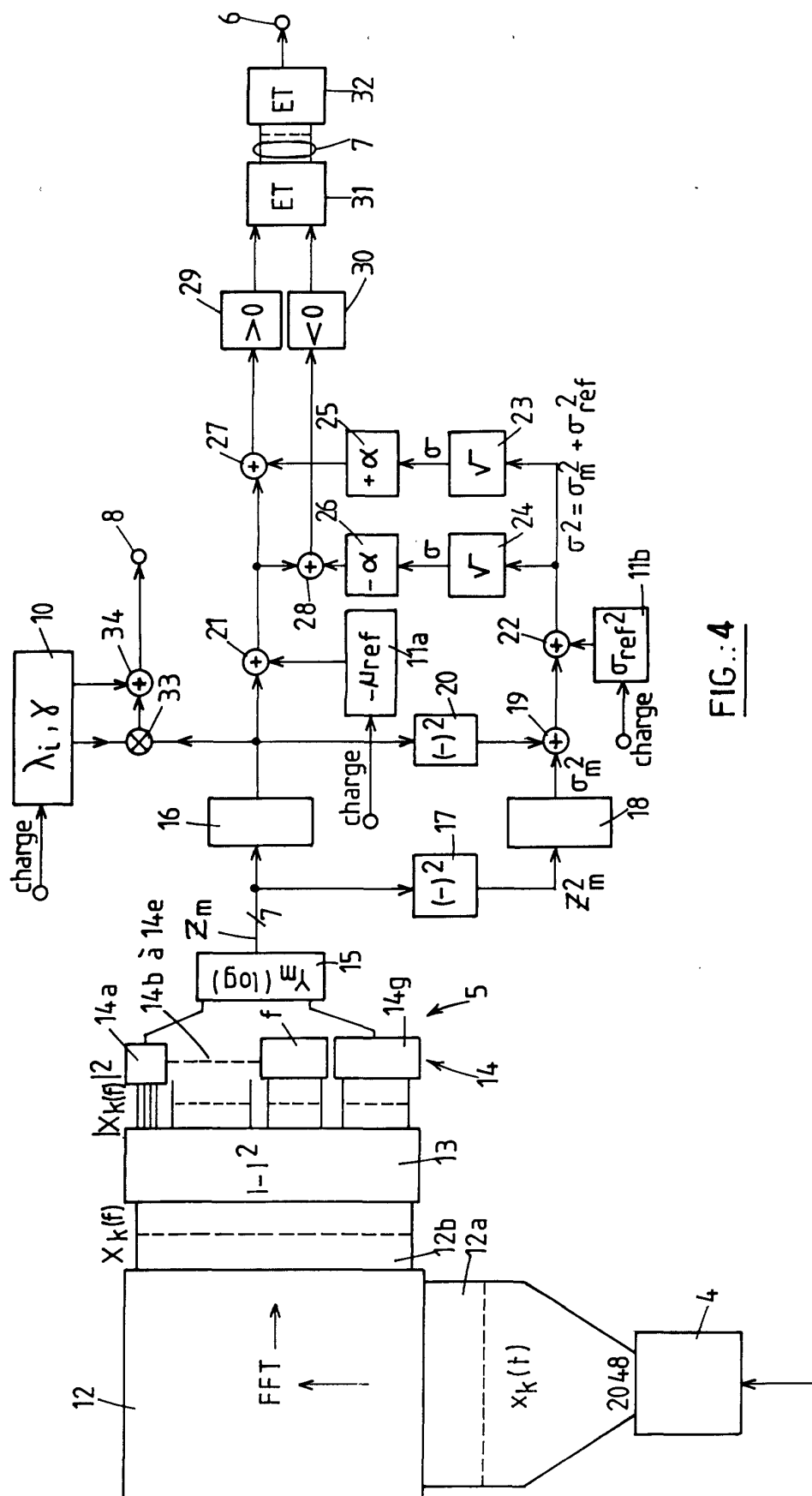
f) on soumet le spectre de fréquences ($X_k(f)$) relevé pendant ladite fenêtre glissante à une étude statistique de répartition des fréquences (Y_m) parmi une pluralité de bandes de fréquences (m) de ce spectre et

g) on agit sur le fonctionnement du brûleur (B) en fonction de cette répartition statistique (Y_m).

2. Procédé de commande suivant la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est mis en oeuvre une première fois dans des conditions de mesure standard sur au moins un brûleur (B) d'un type donné pour relever une répartition standard de fréquences caractéristique de ce type de brûleur, puis au cours de l'utilisation de ce brûleur, ou d'un autre brûleur de même type, on effectue une comparaison entre la répartition standard et la répartition relevée en ligne et on utilise le résultat de cette comparaison pour agir sur le fonctionnement du brûleur (B) utilisé.
3. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** ladite fenêtre glissante est divisée en des sections temporelles (k) d'égale durée et l'étude statistique de répartition est effectuée successivement sur chacune desdites sections temporelles (k).
4. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'échelle desdites plages de fréquences (m) est logarithmique, de préférence à progression dyadique.
5. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, **caractérisé en ce que** ladite étude statistique consiste à calculer la moyenne générale (μ) des moyennes (μ_m) établies à partir des bandes de fréquence de ladite fenêtre temporelle, et à déterminer l'écart-type (σ) de toutes les moyennes sur ladite fenêtre temporelle.
6. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ledit spectre de fréquences ($X_k(f)$) est établi en calculant la transformée de Fourier dudit signal de rayonnement (V_a).
7. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ledit spectre de fréquences est établi en calculant la transformée d'ondelettes dudit signal de rayonnement.
8. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 4 à 7, lorsqu'elles dépendent de la revendication 2, **caractérisé en ce que** les moyennes générales (μ) et les écarts-type (σ) calculés pour chacune desdites bandes de fréquences (m) de la répartition standard et les moyennes générales (μ) et les écarts-type (σ) calculés en ligne sont comparés distinctement pour chacune desdites bandes de fréquence et un signal d'avertissement (6) est engendré si au moins l'une des comparaisons établit une inégalité entre les valeurs comparées.
9. Procédé de commande suivant la revendication 8, **caractérisé en ce qu'un** intervalle de confiance est établi de part et d'autre des moyennes générales (μ) de ladite répartition standard et ledit signal d'avertissement (6) n'est engendré que si le résultat d'au moins une desdites comparaisons tombe en dehors dudit intervalle de confiance.
10. Procédé de commande suivant la revendication 9, **caractérisé en ce que** ledit intervalle de confiance est égal à 1 à 4 fois l'écart-type, de part et d'autre des valeurs des moyennes générales (μ).
11. Procédé de commande suivant la revendication 10, **caractérisé en ce que** plusieurs valeurs dudit intervalle de confiance sont établies et lesdites comparaisons sont effectuées pour chacune desdites valeurs pour engendrer des signaux d'avertissement liées à un critère de fiabilité de fonctionnement dudit brûleur (B).
12. Procédé de commande suivant l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce qu'il** consiste, à partir de ladite répartition standard, à déterminer des coefficients de corrélation (λ_i) des moyennes générales calculées avec le taux de présence dans les produits de combustion du brûleur (B) d'une composante gazeuse prédéterminée et à combiner lesdits coefficients de corrélation avec les moyennes générales calculées de la répartition relevée en ligne et à engendrer un signal (8) représentatif de ladite composante gazeuse pour ajuster cette composante dans les produits de combustion du brûleur concerné.









Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 01 40 1000

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	US 5 625 342 A (HALL ET AL.) 29 avril 1997 (1997-04-29) * abrégé; figures *	1	F23N5/08
A	US 5 798 946 A (KHESIN) 25 août 1998 (1998-08-25) * colonne 4, ligne 46 - colonne 9, ligne 9; figures *	1	
A	US 4 866 420 A (MEYER T AL.) 12 septembre 1989 (1989-09-12) * colonne 3, ligne 10 - colonne 4, ligne 43; figures *	1	
A,D	EP 0 581 451 A (TOYOTA) 2 février 1994 (1994-02-02) * abrégé; figures *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			F23N
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 août 2001	Examineur Kooijman, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03 92 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 1000

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10-08-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5625342 A	29-04-1997	AUCUN	
US 5798946 A	25-08-1998	AU 1469297 A WO 9724560 A	28-07-1997 10-07-1997
US 4866420 A	12-09-1989	AUCUN	
EP 581451 A	02-02-1994	DE 69305706 D DE 69305706 T JP 3127668 B JP 6180117 A US 5332386 A	05-12-1996 20-03-1997 29-01-2001 28-06-1994 26-07-1994

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82