

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑪

N° 83 02953

⑤4 Procédé et installation pour optimiser la courbe de chauffage d'une installation de chauffage.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl. 3). G 05 D 23/19; F 24 D 19/10; G 05 B 15/00.

②2 Date de dépôt..... 23 février 1983.

③3 ③2 ③1 Priorité revendiquée : DE, 22 mars 1982, n° P 32 10 428.6.

④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 23-9-1983.

⑦1 Déposant : Société dite : CENTRA-BURKLE GMBH & CO. — DE.

⑦2 Invention de : Rolf Isermann.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

1.-

"Procédé et installation pour optimaliser la courbe de chauffage d'une installation de chauffage."

5 L'invention concerne un procédé pour l'opti-
malisation, de préférence automatique, de la courbe de
chauffage d'un circuit de chauffage d'une installation
de chauffage d'un bâtiment, d'une zone de bâtiments ou
analogues, circuit de chauffage dans le cas duquel la tem-
10 perature d'alimentation du chauffage peut être conduite
en fonction de la température extérieure, conformément à
la courbe de chauffage. L'invention concerne également,
une installation pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Dans un procédé connu de ce type (FR-PS
1 461767), la température du local, pour l'optimalisation
15 automatique de la courbe de chauffage, est réglée et au
moins un paramètre de la courbe de chauffage est réglé au-
tomatiquement en fonction de l'écart de régulation, de sor-
te que cet écart de régulation soit réduit. La courbe de
chauffage est ainsi adaptée automatiquement aux valeurs
20 du bâtiment considéré et de l'installation de chauffage,
et après un certain temps, la régulation de la température
du local peut être coupée et ensuite seule la température
d'alimentation de chauffage peut être réglée ou commandée
selon une fonction, réglée par la courbe de chauffage, de
25 la température extérieure.

Cette optimalisation de la courbe de chauf-
frage est toutefois perturbée lorsque des grandeurs pertur-

2.-

batrices non prévisibles influencent de façon incontrôlée la température du local, par exemple lors de l'ouverture temporaire de fenêtres.

Le but de l'invention est de créer un procédé amélioré pour l'optimisation automatique de la courbe de chauffage, procédé qui peut être conduit de façon telle qu'il n'est pas sensible à des grandeurs perturbatrices imprévisibles qui peuvent intervenir accidentellement pendant la durée de l'optimisation, et qui peut être conduit, au cas où on le souhaite, également sans régulation de la température du local, tandis qu'il offre également la possibilité de pouvoir être conduit au moyen de microprocesseurs.

Ce but est atteint grâce à un procédé caractérisé en ce que la courbe de chauffage est approchée par l'intermédiaire d'une équation de courbes de chauffage, laquelle contient au moins un paramètre, équation pour laquelle, à partir des valeurs instantanées se présentant pour des instants différents pour T_A , T_V , T_R , ce paramètre, et éventuellement d'autres, sont calculés par un procédé statistique de péréquation (procédé d'évaluation de paramètres), T_A étant la température extérieure, T_V la température d'alimentation du chauffage ou bien une autre grandeur du moyen de chauffage représentant la puissance de chauffage potentielle dans le circuit de chauffage, et T_R la température du local d'un local chauffé par le circuit de chauffage ou bien une valeur moyenne des températures de plusieurs locaux chauffés du bâtiment ou de zone analogue concerné.

Une installation de chauffage peut comporter un ou plusieurs circuits de chauffage. Un circuit de chauffage est défini en ce qu'il assure le chauffage d'un ou plusieurs ou même éventuellement aussi d'un grand nombre de locaux du bâtiment considéré ou bien d'une zone de bâtiments ou analogues, et que la température d'alimentation

3.-

du moyen de chauffage (fluide de chauffage) circulant dans ce circuit de chauffage, pour lequel il peut s'agir en général d'eau, peut être conduite, pour la commande de la température des locaux, en fonction de la température extérieure. Par exemple, la température d'alimentation de chauffage du circuit de chauffage considéré peut être commandée au moyen d'une soupape de mélange à plusieurs voies, de préférence, au moyen d'une soupape de mélange à trois ou quatre voies. Dans le cas le plus simple, une installation de chauffage comporte un circuit de chauffage unique et, dans ce cas, la température d'alimentation de chauffage peut être éventuellement identique à la température d'alimentation de la chaudière. Lorsque l'installation de chauffage comporte plusieurs circuits de chauffage, on peut opérer avec une température d'alimentation de chaudière constante ou bien éventuellement aussi avec une température d'alimentation de chaudière évolutive, auquel cas toutefois, la température d'alimentation de chauffage de chaque circuit de chauffage peut être réglée ou commandée indépendamment de l'autre circuit de chauffage ou bien des autres circuits de chauffage en fonction de la température extérieure conformément aux courbes de chauffage associées.

Par température extérieure T_A , on entend une température donnant la mesure des conditions climatiques, dans le cas de laquelle il peut s'agir en conséquence de la température de l'air extérieur seule ou bien d'une température qui, en dehors de la température de l'air extérieur, peut également prendre en compte d'autres grandeurs des conditions climatiques, telles que le vent, le rayonnement solaire, etc...

En ce qui concerne la température des locaux T_R qui est détectée dans le procédé conforme à l'invention, il s'agit de la température d'un local chauffé unique ou bien de la valeur moyenne des températures de plusieurs locaux chauffés prédéterminés. En général, il est suffisant,

4.-

dans le cas où le circuit de chauffage considéré chauffe plusieurs locaux ou bien un grand nombre de locaux, de détecter pour l'optimisation de la courbe de chauffage, la température d'un local unique sélectionné. Pour la température de ce local il peut s'agir d'une température d'air ou bien, éventuellement aussi, d'une valeur moyenne de plusieurs températures, par exemple d'une valeur moyenne pondérée d'une température d'air et d'une température de parois du local considéré, qui tient compte de la sensation de confort des personnes se trouvant dans le local.

Du fait que, conformément à l'invention, un ou plusieurs paramètres de l'équation des courbes de chauffage est calculé ou sont calculés par un procédé statistique de péréquatation (procédé d'évaluation des paramètres) pour des valeurs instantanées de la température extérieure, de la température d'alimentation de chauffage et de la température des locaux, se rapportant à des instants différents, ce ou ces paramètres de l'équation des courbes de chauffage peuvent être déterminés de façon tout à fait précise et on peut, pour cette détermination, mettre en oeuvre des nombres relativement importants de triplets de valeurs instantanées T_A , T_V et T_R , si bien que des valeurs perturbatrices de T_R qui peuvent survenir momentanément de façon imprévisible, sont reléguées à l'arrière plan en ce qui concerne leur importance sur le calcul des paramètres par un nombre d'importance approprié de valeurs instantanées de T_R , qui ne sont pas influencées par des grandeurs imprévisibles perturbatrices telles que l'ouverture momentanée de fenêtres, un nombre différent de personnes présentes, de machines engendrant de la chaleur, etc... et qui, en conséquence, n'altèrent que faiblement les paramètres calculés. Egalement, ce procédé peut être mis en oeuvre sans régulation de la température des locaux. Il permet toutefois également, d'effectuer des mesures pour une température de locaux réglée.

5.-

Dès que l'optimisation de la courbe de chauffage est terminée, la température d'alimentation de chauffage est ensuite réglée ou commandée en fonction de la température extérieure conformément à la courbe de chauffage optimisée et compte tenu de la très bonne optimisation de la courbe de chauffage susceptible d'être obtenue par le procédé conforme à l'invention, il en résulte alors une commande d'une précision correspondante de la température du local ou des locaux, chauffés par le circuit de chauffage considéré. Il est toutefois également possible de superposer à cette commande de la température des locaux s'instaurant après l'achèvement de l'optimisation des courbes de chauffage par mise en oeuvre de la courbe de chauffage optimisée, une régulation de la température des locaux, de préférence au moyen de soupapes thermostatiques associées aux échangeurs de chaleur. Par exemple, on peut prévoir en un tel cas, que la valeur de la température des locaux commandée par la température d'alimentation du chauffage conduite en fonction de la température extérieure, soit réglée un peu plus haut, par exemple de 1 à 3°C plus haut, que la valeur théorique souhaitée de la température des locaux et les soupapes thermostatiques règlent alors par étranglement variable du fluide de chauffage parcourant les échangeurs de chaleur, la température des locaux sur la valeur théorique la plus basse réglée par eux ou bien par leur intermédiaire.

Il est également possible de façon connue, d'abaisser temporairement la température des locaux de préférence programmée dans le temps, ce qui peut s'effectuer sans difficulté en ce qu'on abaisse la valeur théorique de commande de la température des locaux, par exemple à 8 - 16°C. Le ou les paramètres calculés pour des valeurs normales de la température des locaux de la courbe de chauffage, peuvent également pour un tel intervalle d'abaissement de la température des locaux, rester inchangés ou bien

6.-

il est également possible d'optimiser la courbe de chauffage pour des températures de locaux abaissées également d'après le procédé conforme à l'invention par un calcul propre du ou des paramètres, et ainsi, de régler pendant les intervalles d'abaissement les paramètres de l'équation des courbes de chauffage sur ces valeurs optimisées et lors du passage à la température normale relevée des locaux de les régler sur la valeur ou bien les valeurs optimisées à cet effet.

De préférence, il peut être prévu que sur un intervalle de temps prédéterminé, les valeurs instantanées pour des instants prédéterminés de T_A , T_V , T_R et/ou de $y = T_V - T_R$ et de $u = T_R - T_A$, soient détectées, que les groupes de valeurs instantanées de T_A , T_V et T_R ou bien y et u , ou bien des valeurs moyennes dérivées des groupes de valeurs instantanées, soient mémorisés et qu'à partir de ces valeurs mémorisées, le ou les paramètres soient calculés. Le procédé peut être ainsi automatiquement programmé dans le temps en étant de préférence commandé au moyen d'un dispositif de commande temporisé. Lorsqu'on utilise comme cela est prévu de préférence, les valeurs instantanées de T_A , T_V , T_R pour la formation de différences de température y et u , le calcul du ou des paramètres de l'équation des courbes de chauffage et leur conversion en valeurs théoriques réglables de commande de la température des locaux, peut être prévu de façon particulièrement simple. Il est d'ores et déjà particulièrement avantageux pour ces raisons de mettre en oeuvre des équations de courbes de chauffage dans lesquelles les températures T_A , T_V , T_R interviennent sous la forme des différences de température y et u .

Lorsqu'en outre, comme cela est de préférence prévu, des valeurs moyennes de T_A , T_V , T_R ou bien de y , u , dérivées de groupes de valeurs instantanées T_A , T_V , T_R ou bien y , u , sont mémorisées, les grandeurs perturba-

7.-

trices transitoires imprévisibles de la température des locaux, telles qu'elles peuvent intervenir par l'ouverture de portes, de fenêtres, etc..., peuvent être encore plus fortement réduites en ce qui concerne leur effet sur le calcul des paramètres que lorsque, ce qui est également possible, des valeurs instantanées non pondérées T_A , T_V , T_R ou bien y , u sont mises en oeuvre pour le calcul des paramètres.

L'équation des courbes de chauffage peut être prévue d'une façon quelconque tenant compte des conditions pratiques. Dans les cas les plus simples, la courbe de chauffage peut être donnée sous la forme d'une droite dont la pente est déterminée par un paramètre unique dans lequel s'expriment les valeurs des constantes du bâtiment influençant la température des locaux, et des constantes de l'installation de chauffage.

Il est toutefois en général préférable de déterminer la courbe de chauffage par une équation non linéaire car ainsi la commande de la température des locaux en fonction de la température externe et conformément à l'équation de la courbe de chauffage est plus précise. Les paramètres sont alors, pour des températures classiques de locaux, largement indépendants du niveau absolu de la température des locaux.

Les équations de courbes de chauffage revêtent de façon particulièrement avantageuse, la forme d'un polynome :

$$y = K_1 f_1(u) + K_2 f_2(u) + \dots + K_M f_M(u) \quad (1)$$

$$= \sum_{j=1}^M K_j f_j(u) = \underline{K} \underline{f}^T(u)$$

dans lequel sont introduits sous forme abrégée le vecteur des paramètres :

8.-

$$5 \quad \underline{K} = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ K_M \end{bmatrix}$$

et le vecteur de fonctions :

$$\underline{f}^T = [f_1 (u) \quad f_2 (u) \quad \dots \quad f_M (u)]$$

10 De façon particulièrement avantageuse, la courbe de chauffage peut alors être prévue selon l'une des équations (2), (3), ou (4) suivantes :

$$y = K_1 u^{\alpha_1} \quad (2)$$

15 ou $y = K_1 u + K_2 u^{\alpha_2}$ (3)

ou $y = K_1 u + K_2 u^{\alpha_3} + K_3 u^{\alpha_4}$ (4)

dans lesquelles $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ sont des constantes. On peut également utiliser des équations avec quatre paramètres ou davantage.

20 Dans les équations (3) et (4) K_1 représente la pente de la courbe de chauffage et les autres termes la courbure de cette courbe. K_1, K_2, K_3 sont le ou les paramètres des équations (2) à (4) précitées des courbes de chauffage. Ces paramètres ne servent pas à établir la valeur théorique de commande de la température des locaux,

25 mais uniquement à établir l'allure de la courbe de chauffage qui tient compte des constantes du bâtiment et de l'installation de chauffage.

30 Il peut toutefois être prévu également d'autres équations de courbes de chauffage tenant compte des constantes respectives du bâtiment et de l'installation de chauffage, mais les équations (2), (3) ou (4) sont particulièrement avantageuses dans la plupart des cas.

35 α_1 peut dans de nombreux cas être avantageusement de l'ordre de 0,8,

9.-

α_2, α_3 dans de nombreux cas peuvent être avantageusement de l'ordre de 0,75 et α_4 , peut être avantageusement dans de nombreux cas de l'ordre de 0,5.

- 5 On voit d'après les équations des courbes de chauffage (1) à (4), que l'on peut mettre en oeuvre des valeurs théoriques de commande quelconques T_{RSoll} de la température des locaux, et que l'équation concernée donne alors respectivement la corrélation fonctionnelle nécessaire entre la température extérieure T_R et la température d'alimentation de chauffage T_V pour la commande $T_{R Soll}$.

- 10 Le calcul s'effectuant d'après un procédé statistique de péréquation du ou des paramètres de l'équation prévue pour les courbes de chauffage à partir des valeurs détectées pour T_A, T_V et T_R peut s'effectuer de différentes façons. C'est ainsi qu'il peut être avantageusement prévu qu'elles soient conduites selon la méthode d'évaluation non réursive du plus petit carré. Cette méthode d'évaluation est décrite dans l'ouvrage technique
- 15 ISERMANN "Prozessidentifikation", Springer-Verlag, Berlin 1974. Elle ne sera en conséquence que brièvement exposée. Dans le cas de cette méthode d'évaluation, le vecteur d'évaluation $\hat{\underline{K}}$ pour N valeurs de mesure utilisées, s'exprime comme suit :

25 où :

$$\hat{\underline{K}} = \left[\underline{F}^T \underline{F} \right]^{-1} \underline{F}^T \underline{Y}$$

30 $\underline{F} = \begin{bmatrix} \underline{f}^T (1) \\ \underline{f}^T (2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \underline{f}^T (N) \end{bmatrix}$

..//..

10.-

$$= \begin{bmatrix} f_1(u(1)) & f_2(u(1)) & \dots & f_M(u(1)) \\ f_1(u(2)) & f_2(u(2)) & \dots & f_M(u(2)) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(u(N)) & f_2(u(N)) & \dots & f_M(u(N)) \end{bmatrix}$$

tandis que :

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} \underline{Y}(1) \\ \underline{Y}(2) \\ \vdots \\ \underline{Y}(N) \end{bmatrix}$$

L'évaluation des paramètres peut également s'effectuer selon une forme récursive après chaque nouvelle mesure k ($k = 0, 1, 2, \dots$) en partant de l'évaluation des paramètres de la mesure précédente $k-1$. On a alors :

$$\hat{\underline{K}}(k) = \hat{\underline{K}}(k-1) + \underline{Y}(k-1) \underline{Y}(k) - \underline{f}^T(k) \hat{\underline{K}}(k-1)$$

où

$$\underline{Y}(k-1) = \frac{1}{\underline{f}^T(k) \underline{P}(k-1) \underline{f}(k) + 1} \underline{P}(k-1) \underline{f}(k)$$

$$\text{et } \underline{P}(k) = [\underline{I} - \underline{Y}(k-1) \underline{f}^T(k)] \underline{P}(k-1)$$

où :

$$\underline{Y}(k-1) = \begin{bmatrix} \underline{Y}_1(k-1) \\ \underline{Y}_2(k-1) \\ \vdots \\ \underline{Y}_M(k-1) \end{bmatrix}$$

est un vecteur de correction.

$$\underline{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & & 1 \end{bmatrix}$$

11.-

la matrice d'unité

$$5 \quad \underline{p}(k) = \left[\underline{F}^T(k) \quad \underline{F}(k) \right]^{-1} = \begin{bmatrix} p_{11}(k) & p_{12}(k) & \dots & p_{1M}(k) \\ p_{21}(k) & p_{22}(k) & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{M1}(k) & p_{M2}(k) & \dots & p_{MM}(k) \end{bmatrix}$$

est une matrice.

10 Lorsque pendant l'optimisation des courbes de chauffage, une régulation de la température des locaux est effectuée, cette température est en conséquence maintenue constante et on peut alors dans de nombreux cas prévoir également avantageusement que pour le calcul des paramètres, ce ne soit pas la température respectivement mesurée des locaux T_R , mais la valeur théorique respective de
15 cette température T_R qui soit mise en oeuvre, ce qui permet des simplifications techniques des circuits.

Egalement dans le cas où la température provisoire de chauffage T_V est réglée conformément à la courbe de chauffage pendant l'optimisation, et où cette régulation est tout à fait précise, on peut également prévoir
20 pour simplifier la technique des circuits, de mettre en oeuvre pour le calcul des paramètres, comme valeurs respectives instantanées de T_V , la valeur théorique instantanée de la température provisoire de chauffage.

25 Des précisions plus élevées peuvent toutefois être obtenues en prenant pour base des calculs des paramètres les valeurs instantanées mesurées de T_A , T_V et T_R .

30 Comme déjà mentionné, il n'est pas obligatoire, dans le cas du procédé conforme à l'invention, de réguler la température des locaux pendant l'optimisation. C'est ainsi qu'il peut être prévu selon une forme préférée de réalisation du procédé conforme à l'invention, que les valeurs instantanées servant à l'optimisation de T_A , T_V
35 T_R soient détectées, tandis que la température des locaux

12.-

est commandée en partant d'une courbe de chauffage de démarrage présélectionnée. La température commandée des locaux peut alors fluctuer pendant l'optimisation, ce qui est admissible sans difficulté au moins lorsque pour le calcul des paramètres on met uniquement en oeuvre les différences de température y et u précédemment mentionnées.

Cette optimisation en commandant uniquement la température des locaux peut s'effectuer de différentes façons. C'est ainsi que dans une autre forme préférée de l'invention, il peut être prévu que la commande conformément à la courbe de chauffage de démarrage est maintenue jusqu'à la conclusion des mesures servant à l'optimisation des courbes de chauffage et qu'ensuite, elle est commutée sur la courbe de chauffage conforme à l'équation optimisée des courbes de chauffage.

Une autre possibilité consiste à effectuer plusieurs fois pendant l'optimisation le calcul des paramètres et à régler la courbe de chauffage respectivement de façon correspondante à l'équation de courbe de chauffage déterminée en dernier lieu. Comme la courbe de chauffage de démarrage, du fait de son réglage manuel, peut être notablement erronée, il peut être avantageusement prévu, que chaque nouvelle détermination de l'équation des courbes de chauffage tienne compte des valeurs instantanées de T_A , T_V et T_R introduites depuis le début de l'optimisation sans tenir compte de la courbe de chauffage de démarrage. Eventuellement toutefois, la courbe de chauffage de démarrage peut également être prise en considération dans les nouvelles déterminations.

L'équation des courbes de chauffage peut être mémorisée de toutes façons appropriées, par exemple elle peut être mémorisée dans un réseau électrique de résistances qui comporte au moins une résistance dépendant de la température qui sert de détecteur de la température extérieure, et au moins une autre résistance réglable qui sert au

13.-

réglage des paramètres, soit manuellement, soit au moyen d'un moteur de réglage sur lequel est effectué le réglage des paramètres calculés devant être réglés par son intermédiaire. Ce réglage peut alors s'effectuer de préférence automatiquement. Il est cependant également possible que le calculateur de paramètres se contente d'indiquer ou d'imprimer la valeur de réglage nécessaire du paramètre considéré et on peut effectuer le réglage du potentiomètre du paramètre manuellement. De préférence, c'est toutefois le réglage automatique de la courbe de chauffage qui est préféré.

Il est particulièrement avantageux de mémoriser numériquement l'équation des courbes de chauffage calculée et de l'exploiter numériquement pour la commande ou la régulation de la température d'alimentation de chauffage. Dans ce cas, l'appareil d'optimisation et également l'indicateur de courbes de chauffage peuvent comporter des calculateurs électroniques. La courbe de chauffage peut alors être calculée cycliquement de façon ininterrompue ou bien à des intervalles de temps prédéterminés, conformément aux valeurs respectivement introduites de ces variables, et la valeur théorique délivrée après chaque calcul de la température d'alimentation de chauffage T_V est ensuite mise en oeuvre pour la régulation ou la commande de la température d'alimentation de chauffage jusqu'à la délivrance de la valeur théorique calculée immédiatement suivante.

Pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, il peut être prévu conformément à l'invention, de préférence une installation qui est caractérisée en ce qu'elle comporte des raccordements pour raccorder les indicateurs de valeurs instantanées de T_A , T_V , T_R , des moyens pour former les différences de température $y = T_V - T_R$ et $u = T_R - T_A$, des moyens de mémorisation pour mémoriser des triplets de valeurs de mesure T_A, T_V, T_R

14.-

et/ou des paires de différences de température (y, u), des moyens de calcul pour calculer le ou les paramètres de l'équation des courbes de chauffage par un procédé statistique de péréquation (procédé d'évaluation de paramètres) à partir d'au moins deux triplets mémorisés de valeurs de mesure (T_A, T_V, T_R) ou bien de paires de différences de température (y, u), et des moyens de réglage pour régler l'indicateur de courbes de chauffage de façon correspondante au paramètre calculé ou bien aux paramètres calculés.

Cette installation peut être réalisée économiquement en faisant appel aux techniques modernes des microprocesseurs. Il peut être de préférence prévu que l'installation comporte un moyen de commande temporisé pour la commande en temps d'au moins un des processus suivants :

- interrogation des valeurs instantanées de T_A, T_V, T_R
- formation des différences $T_R - T_A$ et $T_V - T_R$
- formation de la valeur moyenne de respectivement plusieurs valeurs instantanées constituant respectivement un groupe de T_A, T_V, T_R ou bien y et u .
- calcul du ou des paramètres de l'équation des courbes de chauffage ou bien calcul de l'équation des courbes de chauffage en utilisant le ou les paramètres calculés.
- réglage ou bien pilotage de la courbe de chauffage de l'indicateur de courbes de chauffage conformément au paramètre calculé ou aux paramètres calculés ou bien conformément à l'équation calculée des courbes de chauffage.

On peut ainsi effectuer le calcul des paramètres et éventuellement aussi l'établissement de l'équation des courbes de chauffage commandés en temps de façon complètement automatique sur un laps de temps comportant en général de façon appropriée, au moins quelques jours et ensuite la courbe de chauffage optimisée peut être exclusivement mise en oeuvre pour la régulation ou la commande de la température d'alimentation de chauffage en fonction

15.-

de la température extérieure et l'on peut déconnecter ou éliminer les composants de l'installation servant à l'optimisation et qui ne sont alors plus nécessaires. Il peut être de préférence prévu dans ce cas, que les composants servant à l'optimisation soient logés avec l'indicateur de courbes de chauffage dans un appareillage d'optimisation susceptible d'être relié de façon amovible, cet appareillage d'optimisation pouvant alors être mis en oeuvre successivement pour des bâtiments différents en vue de l'optimisation des courbes de chauffage respectives ou bien on peut également laisser en permanence cet appareil d'optimisation raccordé pour pouvoir effectuer à des intervalles de temps très longs de nouvelles optimisations de la courbe de chauffage, par exemple dans le cas de bâtiments nouveaux encore humides ou bien après un remaniement du bâtiment, ou bien à des intervalles de temps réguliers, par exemple au début de chaque période de chauffage. De préférence, l'appareillage d'optimisation et les moyens comportant les indicateurs de courbes de chauffage pour la régulation ou la commande de la température d'alimentation de chauffage, peuvent être constitués par des microprocesseurs électroniques.

Un exemple de réalisation de l'invention est représenté sur les dessins ci-joints dans lesquels :

25 - la figure 1 montre en représentation schématique et selon un schéma par blocs, une installation de chauffage et une installation pour optimiser la courbe de chauffage de son circuit de chauffage,

30 - la figure 2 montre un exemple d'une courbe de chauffage obtenue par optimisation d'après l'équation (3).

Une installation de chauffage d'un bâtiment ou bien d'une zone de bâtiments ou éventuellement aussi seulement quelques locaux d'un bâtiment, est représentée dans son ensemble par 10 sur la figure 1 et comporte un

16.-

circuit de chaudière 10' et un circuit de chauffage 10". Elle comporte une chaudière de chauffage 11 dont la canalisation de sortie 12 est raccordée à l'une des tubulures d'alimentation d'une soupape mélangeuse à trois voies 13, à l'autre tubulure d'alimentation de laquelle est raccordée, par l'intermédiaire d'une canalisation dérivée 15, la canalisation de retour 14 du circuit de chauffage 10". La canalisation de retour 14 aboutit également en retour à la chaudière 11. Aux différentes tubulures de sortie de la soupape mélangeuse 13, est raccordée la canalisation 16 d'alimentation du circuit de chauffage 10", à partir de laquelle une canalisation dérivée aboutit à un échangeur de chaleur 17 servant à chauffer un local de bâtiment 18 indiqué en traits points et dont la canalisation de sortie est raccordée à la canalisation de retour 14 du chauffage. L'unique circuit de chauffage 10", commençant à la soupape mélangeuse 13, de cette installation de chauffage 10, peut éventuellement chauffer également d'autres locaux et comporter un plus grand nombre d'échangeurs thermiques, qui peuvent être branchés en parallèle et/ou en série. Pour l'optimisation des courbes de chauffage, la température des locaux T_R du local 18 servant à cet effet, de "local-test" est détectée au moyen d'un détecteur de température de local 19 lequel est mis en oeuvre pour l'optimisation de la courbe de chauffage susceptible d'être calculée au moyen d'un indicateur de courbe de chauffage 20.

L'optimisation de la courbe de chauffage est effectuée automatiquement au moyen d'un appareil d'optimisation 21, qui comporte une disposition électronique de circuit adéquate pour le calcul s'effectuant par un procédé statistique de péréquation des paramètres, dépendant des valeurs caractéristiques du bâtiment considéré ou bien du local 18, ainsi que de l'installation de chauffage 10, de l'équation de courbe de chauffage définissant

17.-

la courbe de chauffage. Avant que l'appareil d'optimalisation 21 et la réalisation des optimisations de la courbe de chauffage soient décrites plus en détail, on va tout d'abord exposer la commande de la température du local 18
5 qui s'instaure après que l'on ait effectué l'optimalisation.

Cette commande s'effectue au moyen d'une température d'alimentation du chauffage T_V , détectée au moyen d'un détecteur de température d'alimentation du chauffage 23, et qui est conduite conformément à l'équation de la
10 courbe de chauffage en fonction de la température extérieure T_A détectée par un détecteur de température extérieure 22. En ce qui concerne T_V , il s'agit également de la température du moyen de chauffage (fluide chauffant) circulant dans la canalisation 16 d'alimentation du chauffage, et
15 dans le cas duquel il s'agit, de préférence, d'eau.

Un exemple d'une courbe de chauffage 60 est représenté sur la figure 2. L'abscisse correspond à la température extérieure T_A et l'ordonnée à la température T_V d'alimentation du chauffage. Plus basse est la température
20 extérieure, d'autant plus élevée doit être la température d'alimentation du chauffage pour maintenir la valeur souhaitée à commander de la température T_R des locaux au moyen d'un régulateur réglable 24 de la valeur théorique. Le régulateur 24 de la valeur théorique introduit ainsi la va-
25 leur à commander de la température des locaux dans l'indicateur de courbes de chauffage 20.

L'indicateur de courbes de chauffage 20 est dans cet exemple de réalisation, un calculateur numérique qui est programmé de façon telle qu'il calcule la courbe
30 de chauffage d'après une équation prédéterminée, qui comporte au moins un paramètre K_j , dont la valeur est mémorisée dans une mémoire 26, et est introduit dans l'indicateur de courbes de chauffage 20 pour chaque calcul de la valeur théorique de la température d'alimentation du chauffage
35 ou bien est introduit de façon permanente.

18.-

Le détecteur de température extérieure 22 mesure la température extérieure de façon analogique et la valeur analogique instantanée est convertie dans un convertisseur analogique-numérique 25 en un signal numérique proportionnel à la température extérieure T_A , ce signal étant également introduit pour chaque calcul de la température d'alimentation du chauffage ou bien de façon permanente dans l'indicateur de courbes de chauffage 20. L'introduction de valeurs du ou des paramètres dans la mémoire 26 peut s'effectuer aussi bien manuellement au moyen d'un appareil d'introduction 27 desservi manuellement qu'également en variante automatiquement au moyen de l'appareil d'optimisation 21.

Admettons que la courbe de chauffage selon l'équation (3) soit programmée avec $\alpha_2 = 0,75$, si bien que dans la mémoire 26 les valeurs des paramètres K_1 et K_2 soient mémorisées. L'indicateur de courbes de chauffage 20 calcule alors la valeur théorique instantanée $T_V \text{ Soll}$ de la température d'alimentation du chauffage T_V pour :

$$20 \quad T_V \text{ Soll} = K_1 u + K_2 u^{0,75} + T_R \quad (5)$$

L'indicateur de courbes de chauffage 20 calcule la valeur théorique $T_V \text{ Soll}$ cycliquement de façon courante, par exemple de façon interrompue ou bien à des intervalles de quelques secondes ou de quelques minutes, et la valeur théorique $T_V \text{ Soll}$ reste jusqu'à chaque nouveau calcul maintenue en tant que signal de sortie de l'indicateur de courbes de chauffage 20. Ce signal de sortie numérique $T_V \text{ Soll}$ est ensuite converti par exemple dans un convertisseur numérique/analogique 29 en un signal analogique $T_V \text{ Soll}$ et introduit en tant que valeur théorique dans un régulateur 30 de température d'alimentation du chauffage sous la forme de l'un de ces deux signaux d'entrée. L'autre signal d'entrée est la valeur réelle instantanée T_{Vist} de la température d'alimentation du chauffage délivrée à partir du détecteur 23 de la température d'alimentation

19.-

du chauffage. Le régulateur 30 forme à partir de ces deux signaux d'entrée, la différence $T_{V\ Soll} - T_{V\ ist}$ et convertit cet écart de réglage en un signal de réglage pour le moteur de réglage 31 de la soupape mélangeuse 13, de façon
5 que le régulateur 30 commande de façon permanente le moteur de réglage 31 de sorte que l'écart de réglage existant $T_{V\ Soll} - T_{V\ ist}$ soit réduit par un réglage correspondant de la température $T_{V\ ist}$ d'alimentation du chauffage au moyen de la soupape mélangeuse 13, dans laquelle le fluide
10 de en provenance de la chaudière 11 est mélangé avec un fluide plus froid en retour du chauffage selon un rapport réglable par rapport à la température variable du fluide d'alimentation du chauffage.

Cette commande ainsi décrite de la température des locaux aboutit alors à la température constante des
15 locaux, indépendante de la température extérieure, de par exemple 20°C (d'autres valeurs de la température des locaux peuvent être également réglées au moyen du régulateur de valeur théorique 24), que lorsque les paramètres K_1 et K_2
20 sont réglés correctement sur les constantes du bâtiment et de l'installation de chauffage 10 considérés.

L'appareil d'optimisation 21 sert à l'optimisation automatique de ces paramètres K_1 et K_2 , et donc à l'optimisation de la courbe de chauffage. Cet appareil
25 d'optimisation 21 peut à volonté être raccordé au circuit 59, de préférence électronique, de commande de la température des locaux, qui comporte les composants 22, 25, 26, 20, 29, 30 et 23, cet appareil d'optimisation 21 comportant à cet effet, les raccordements 32, 33, 34 et 35
30 pour le détecteur de température extérieure 22, le détecteur de température d'alimentation du chauffage 23, le détecteur de température des locaux 19, ainsi que pour la sortie d'un calculateur de paramètres 36 de l'appareil d'optimisation 21.

35 Cet appareil d'optimisation 21 comporte un

20.-

bloc de balayage de valeur de mesure 41 pour les valeurs instantanées, qui lui sont introduites par l'intermédiaire des raccords 23, 33 et 34, de T_A , T_V et T_R . Ces valeurs instantanées sont respectivement interrogées simultanément de façon périodique au moyen d'une horloge de commutation temporisée (dispositif de commande temporisé) 37 et introduites ensuite immédiatement dans un calculateur de différence 39 qui, à partir de ces valeurs, calcule les différences instantanées $y = T_V - T_R$ et $u = T_R - T_A$ et les introduit dans un formateur de valeurs moyennes 40 comportant une mémoire. Ce formateur de valeurs moyennes 40 reçoit, pendant les intervalles de temps prédéterminés et programmés au moyen d'une horloge de commutation temporisée 37, respectivement une pluralité de valeurs y et u introduites et respectivement déterminées à des intervalles de temps prédéterminés pendant chaque intervalle de temps, les mémorise et calcule à la fin de chaque intervalle de temps, les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} à partir des valeurs instantanées de y et u et introduites dans ce formateur de valeurs moyennes pendant l'intervalle de temps considéré. Par exemple, un tel intervalle de temps peut être de 2 heures et dans le bloc de balayage 41, les valeurs momentanées de T_A , T_V et T_R introduites dans ce bloc, peuvent être respectivement questionnées simultanément toutes les dix minutes, de façon que pendant ces deux heures, au total 12 paires de valeurs y , u soient détectées et qu'à partir de ces deux groupes de valeurs instantanées, le formateur de valeurs moyennes 40 alors commandé par l'horloge de commutation temporisée 37, forme à la fin de ces intervalles de 2 heures les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} . Ces valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} sont ensuite introduites dans une mémoire de valeurs de mesure 42 où elles sont stockées. Les intervalles de temps au cours desquels sont formées respectivement les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} n'ont pas besoin d'être raccordés l'un à l'autre, mais ils peuvent, de préférence, présenter

21.-

des intervalles dans le temps déterminés par la programmation de l'horloge de commutation temporisée 37, par exemple un intervalle de temps unique ou plusieurs intervalles de temps peuvent être programmés par jour calendaire ou bien

5 des nombres différents de tels intervalles de temps peuvent être également programmés à des jours différents. Dans l'horloge de commutation temporisée, est en outre programmé, l'intervalle de temps d'optimalisation souhaité, pendant lequel la mesure et le calcul des valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u}

10 s'effectuent, ces valeurs étant toutes emmagasinées dans la mémoire 42 et à la fin de cet intervalle de temps d'optimalisation, qui peut de préférence, être de quelques jours ou bien également d'une ou plusieurs semaines, l'horloge de commutation temporisée 37 délivre au calculateur

15 de paramètres 36 un signal qui le déclenche pour effectuer le calcul des paramètres K_1 et K_2 selon un procédé statistique de péréquation (méthode d'évaluation de paramètres) à partir des valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} emmagasinées dans la

20 mémoire 42. Un calculateur 36, après l'achèvement de ce calcul, introduit les valeurs de paramètres évaluées K_1 et K_2 dans la mémoire 26 et efface de ce fait, simultanément les valeurs de paramètres K_1 et K_2 jusque là emmagasinées dans cette mémoire 26. Ces nouvelles valeurs de paramètres K_1 et K_2 sont alors optimales pour le bâtiment considéré

25 et l'installation de chauffage considérée et restent stockées en permanence, si bien qu'elles sont ensuite en permanence à la base de chaque calcul de la valeur théorique T_V Soll de la température d'alimentation du chauffage par l'indicateur de courbes de chauffage 20 en même temps que la température extérieure instantanée T_A et que la valeur théorique de commande réglée sur le régulateur de valeur théorique 24

30 de la température du local. L'appareil d'optimalisation 21 peut alors être enlevé du circuit de commande 59 et être mis en oeuvre pour l'optimalisation des courbes de chauffage d'autres bâtiments. Ou bien, il est également possible

35

22.-

de laisser cet appareil d'optimisation 21 raccordé en permanence au circuit de commande 59, et éventuellement de l'intégrer à ce circuit, si bien que l'on a la possibilité de répéter l'optimisation des courbes de chauffage de temps en temps.

5 Au lieu du procédé d'optimisation précédemment décrit de l'appareil d'optimisation 21, cet appareil peut être également programmé d'une autre façon. Par exemple, il peut être prévu que l'horloge de commutation temporisée 37 soit programmée pour calculer plusieurs fois les paramètres pendant l'intervalle de temps prévu pour l'optimisation, de façon par exemple, qu'après chaque introduction d'un nombre prédéterminé de valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} d'un calculateur 36, elle commande le calcul des paramètres en utilisant simultanément toutes les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} emmagasinées dans la mémoire 40 depuis le début de l'optimisation, ce calculateur introduisant ensuite après l'achèvement du calcul, les nouvelles valeurs de paramètres K_1 et K_2 calculées par lui dans la mémoire 26 des paramètres en effaçant les valeurs de paramètres précédemment mémorisées. Il peut par exemple être prévu qu'un tel calcul de paramètres soit effectué après chaque introduction de 2 à 5 valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} , ou même davantage, de sorte qu'avec le nombre croissant de calculs de paramètres, à cause du nombre croissant de valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} alors pris en compte, le nouveau calcul respectif de paramètres délivre des paramètres K_1 et K_2 plus précis que le calcul respectivement précédent. En même temps, la commande de la température T_R des locaux, grâce à l'amélioration respective de l'équation des courbes de chauffage devient plus précise, ce qui provoque également une amélioration de la précision des paramètres K_1 et K_2 respectivement calculés en dernier lieu. Cela va être exposé de façon plus détaillée à l'aide d'un exemple. Les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} peuvent être par exemple mesurées et

23.-

calculées deux fois par jour et être stockées dans la mémoire 42. L'horloge de commutation temporisée 37 peut alors être programmée de façon qu'après chaque introduction de deux nouvelles valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} , donc chaque jour, elle déclenche un nouveau calcul de paramètres par le calculateur 36. Le premier jour, le calcul des paramètres est donc alors basé sur seulement deux valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} , le jour suivant, il est basé sur quatre valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} , le troisième jour sur six valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} , etc...

Il peut alors être également prévu que les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} emmagasinées dans la mémoire 40, soient exploitées différemment lors du calcul des paramètres et en fait, avec une exploitation d'autant plus réduite qu'elles ont été emmagasinées plus longtemps dans la mémoire 40. Il existe également d'autres possibilités.

Par exemple, il peut être prévu, au lieu d'introduire manuellement dans la mémoire 26 au moyen du régulateur 27 les valeurs initiales de K_1 , K_2 que des valeurs initiales moyennes de \bar{y} et \bar{u} soient introduites manuellement dans la mémoire 40, ces valeurs servant tout d'abord au calcul par le calculateur 36 des paramètres initiaux K_1 et K_2 et étant ensuite emmagasinées dans la mémoire 26. Ces valeurs initiales de \bar{y} et \bar{u} peuvent ensuite, lors du nouveau calcul ultérieur unique ou des nouveaux calculs ultérieurs des paramètres, être envoyées simultanément avec les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} déterminées par des mesures de T_A , T_V et T_R , ou bien il est encore préférable de ne plus utiliser ces valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} introduites manuellement lors des calculs ultérieurs de paramètres, car elles étaient vraisemblablement notablement fausses.

La précision du calcul des paramètres peut encore être améliorée ou bien les paramètres K_1 et K_2 peuvent être calculés avec moins de valeurs y , u lorsque, pendant l'optimisation, on règle la température T_R des

24.-

locaux sur une valeur constante, donc que pendant l'optimalisation on coupe la régulation de la température T_V d'alimentation du chauffage au moyen du régulateur 30, le commutateur 50 intercalé sur le conducteur 57 étant alors à cet effet ouvert, de sorte que le régulateur 30 est découplé du moteur de réglage 31. A sa place un régulateur de température de locaux 51 se trouvant dans l'appareil d'optimalisation 21 est raccordé au moyen d'un commutateur 52 au moteur de réglage 31. Ce régulateur de température de locaux 51 peut être réglé sur une valeur théorique souhaitée au moyen d'un régulateur de valeur théorique de température 53 et la valeur réelle instantanée de la température des locaux est introduite dans ce régulateur par l'intermédiaire du conducteur 54. Ce régulateur forme la différence entre la valeur théorique et la valeur réelle de la température des locaux comme écart de réglage de la température des locaux et commande le moteur de réglage de façon que la température d'alimentation du chauffage soit réglée couramment dans le sens d'une réduction de cet écart instantané de réglage. Dans ce cas, il peut être particulièrement avantageux de prévoir que le calcul des paramètres K_1 et K_2 ne soit effectué qu'à la fin de l'intervalle de temps programmé pour l'optimalisation dans l'horloge de commutation temporisée 37 à partir de toutes les valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} emmagasinées dans la mémoire 42. Dès que ceci est effectué et que ces valeurs calculées K_1 et K_2 sont emmagasinées dans la mémoire 26, le commutateur 52 est à nouveau ouvert et le commutateur 50 fermé et désormais la température d'alimentation du chauffage est réglée en fonction de la température extérieure comme cela a été par ailleurs décrit ci-dessus en maintenant les valeurs calculées K_1 et K_2 emmagasinées dans la mémoire 26 pour la commande de la température des locaux. L'appareil d'optimalisation 21 peut alors être enlevé.

35 Dans le cas de la régulation de la température

25.-

des locaux T_R au moyen du régulateur 51, il peut être également prévu dans de nombreux cas, que la valeur théorique de la température des locaux réglée sur le régulateur de valeur théorique 53, soit introduite dans le bloc de balayage 41 au lieu de la valeur réelle de la température des locaux détectée au moyen du détecteur 19. Dans de nombreux cas également, la valeur théorique T_V Soll de la température d'alimentation du chauffage, peut être introduite de façon correspondante par l'intermédiaire du conducteur 58 dans le bloc de balayage 41 au lieu de sa valeur théorique.

Il est également possible de supprimer dans l'appareil d'optimisation 21, le formateur de valeurs moyennes 40 et d'introduire directement les valeurs de mesure instantanées des paires de valeurs de mesures y , u à partir de l'organe 39 dans la mémoire 42, toutefois, le formateur de valeurs moyennes 40 réduit le nombre des valeurs de mesure nécessaires pour un calcul tout à fait correct des paramètres.

Comme dans le bloc de balayage 41, pour chaque instant de balayage programmé, l'ensemble de trois valeurs de mesure T_A , T_V , T_R sont balayées simultanément ou bien en séquences rapides presque simultanément, chacun de ces processus individuels de balayage fournit un triplet de valeurs instantanées T_A , T_V , T_R à partir duquel une paire de valeurs instantanées y et u est calculée dans le calculateur de différence 39. Dans le formateur de valeurs moyennes 40, il peut alors être formé des valeurs moyennes \bar{y} et \bar{u} à partir de respectivement plusieurs valeurs de y et u introduites successivement dans le temps. La pluralité de valeurs instantanées y à partir desquelles une valeur moyenne \bar{y} est calculée, constitue ainsi un groupe de valeurs instantanées à partir des valeurs instantanées y . De façon correspondante, les multiples valeurs instantanées de u à partir desquelles est calculée une valeur moyenne \bar{u} constituent un groupe de valeurs instantanées à partir des valeurs

instantanées u.

Au lieu du régulateur analogique 30 de la température d'alimentation du chauffage qui a été décrit, on peut également mettre en oeuvre un régulateur numérique, grâce à quoi le convertisseur numérique-analogique 29 peut être supprimé. Au lieu de l'indicateur numérique 20 de courbes de chauffage, il peut être éventuellement prévu également, un indicateur analogique de courbes de chauffage.

On va dans ce qui suit apporter des exemples concernant la méthode récursive et la méthode non récursive du plus petit carré.

Exemple de méthode récursive du plus petit carré -

Pour la courbe de chauffage on a à l'instant

k :

$$y(k) = K_1 u(k) + K_2 u^{0,75}(k) = \underline{K}(k) \underline{f}^T(k)$$

où :

$$\underline{K}(k) = \begin{bmatrix} K_1(k) \\ K_2(k) \end{bmatrix}; \quad \underline{f}^T(k) = [u(k) \quad u^{0,75}(k)]$$

La méthode récursive du plus petit carré peut alors par exemple se dérouler selon les équations suivantes qui peuvent être programmées selon cette succession.

a) A l'instant k les nouvelles mesures y(k) et u(k) sont effectuées et il s'en suit :

$$\underline{f}^T(k) = [u(k) \quad u^{0,75}(k)] = [f_1(k) \quad f_2(k)]$$

b) Ensuite, est calculé :

$$\underline{p}(k-1) \underline{f}(k) = \begin{bmatrix} p_{11}(k-1) & p_{12}(k-1) \\ p_{21}(k-1) & p_{22}(k-1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1(k) \\ f_2(k) \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} p_{11}(k-1) f_1(k) + p_{12}(k-1) f_2(k) \\ p_{21}(k-1) f_1(k) + p_{22}(k-1) f_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_1(k-1) \\ i_2(k-1) \end{bmatrix}$$

A cet effet, $\underline{p}(k-1)$ est obtenu à partir de g) sur la base de l'étape récursive précédente.

27.-

c) On a ensuite le calcul du scalaire :

$$\begin{aligned} \underline{f}^T(k) \underline{p}(k-1) \underline{f}(k) &= p_{11}(k-1) f_1^2(k) \\ + [p_{12}(k-1) + p_{21}(k-1)] f_1(k) f_2(k) + p_{22}(k-1) f_2^2(k) \\ 5 \quad &= j(k-1) \end{aligned}$$

d) Le vecteur de correction peut alors être calculé :

$$\underline{Y}(k-1) = \begin{bmatrix} \gamma_1(k-1) \\ \gamma_2(k-1) \end{bmatrix} = \frac{1}{j(k-1) + 1} \begin{bmatrix} i_1(k-1) \\ i_2(k-1) \end{bmatrix}$$

10 e) L'erreur d'équation est formée avec les anciennes valeurs d'évaluation des paramètres :

$$\begin{aligned} e(k) &= \underline{y}(k) - \underline{f}^T(k) \hat{\underline{K}}(k-1) \\ &= \underline{y}(k) - [f_1(k) \ f_2(k)] \begin{bmatrix} \hat{K}_1(k-1) \\ \hat{K}_2(k-1) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

15

f) Les nouvelles valeurs d'évaluation des paramètres s'expriment ainsi :

$$\hat{\underline{K}}(k) = \begin{bmatrix} \hat{K}_1(k) \\ \hat{K}_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{K}_1(k-1) \\ \hat{K}_2(k-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_1(k-1) \\ \gamma_2(k-1) \end{bmatrix} e(k)$$

20

g) La matrice $\underline{P}(k)$ nécessaire pour l'étape de récursion suivante s'exprime ainsi :

$$\underline{P}(k) = \begin{bmatrix} 1 - \gamma_1(k-1) f_1(k) & -\gamma_1(k-1) f_2(k) \\ -\gamma_2(k-1) f_1(k) & 1 - \gamma_2(k-1) f_2(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11}(k-1) p_{12}(k-1) \\ p_{21}(k-1) p_{22}(k-1) \end{bmatrix}$$

25

h) $k+1$ est alors remplacé par k et on part à nouveau de a).

Pour démarrer l'algorithme d'évaluation récursive des paramètres à l'instant $k=0$, il est posé :

$$30 \quad \hat{\underline{K}}(0) = \begin{bmatrix} \hat{K}_1(0) \\ \hat{K}_2(0) \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \underline{P}(0) = \begin{bmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & \alpha \end{bmatrix}$$

où $K_1(0)$ et $K_2(0)$ sont les valeurs d'évaluation initiales (courbe de chauffage de démarrage), qui peuvent être également $K_1(0) = 0$ et $K_2(0) = 0$. α est un grand nombre, par

35 exemple $\alpha > 100$.

28.-

Exemple de méthode non récursive du plus petit carré -

On choisit à titre d'exemple la courbe de chauffage :

$$Y(k) = K_1 u(k) + K_2 u^{0,75}(k) = \underline{K}(k) \underline{f}^T(k)$$

5 où :

$$\underline{K}(k) = \begin{bmatrix} K_1(k) \\ K_2(k) \end{bmatrix}; \underline{f}^T(k) = [u(k)u^{0,75}(k)]$$

La méthode non récursive du plus petit carré aboutit à l'équation d'évaluation :

$$\hat{\underline{K}}(N) = N [\underline{F}^T \underline{F}]^{-1} \frac{1}{N} [\underline{F}^T \underline{Y}]$$

qui pour la simplification de ce qui suit est étendue au temps de mesure N. Les fonctions de corrélation suivantes peuvent alors être établies :

$$\phi_{11} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u^2(k)$$

$$20 \quad \phi_{22} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [u^{0,75}(k)]^2$$

$$\phi_{12} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u(k)u^{0,75}(k) = \phi_{21}$$

$$25 \quad \phi_{1Y} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u(k) Y(k)$$

$$30 \quad \phi_{2Y} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u^{0,75}(k) Y(k)$$

et on a :

$$\frac{1}{N} \underline{F}^T \underline{F} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{12} & \phi_{22} \end{bmatrix}$$

$$35 \quad \frac{1}{N} \underline{F}^T \underline{Y} = \begin{bmatrix} \phi_{1Y} \\ \phi_{2Y} \end{bmatrix}$$

29.-

Pour la matrice inverse on a par définition :

$$\begin{aligned}
 N (\underline{F}^T \underline{F})^{-1} &= N \frac{\text{adj} (\underline{F}^T \underline{F})}{\det (\underline{F}^T \underline{F})} \\
 &= \frac{1}{\phi_{22} \phi_{11} - \phi_{12}^2} \begin{bmatrix} \phi_{22} & \phi_{12} \\ \phi_{12} & \phi_{11} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

où : adj est employé pour complément
det pour déterminant

Les paramètres évalués s'expriment ainsi
à l'instant N :

$$\underline{\hat{K}} (N) = \begin{bmatrix} \hat{K}_1 (N) \\ \hat{K}_2 (N) \end{bmatrix} = \frac{1}{\phi_{22} \phi_{11} - \phi_{12}^2} \begin{bmatrix} \phi_{22} \phi_{1y} + \phi_{12} \phi_{2y} \\ \phi_{12} \phi_{1y} + \phi_{11} \phi_{2y} \end{bmatrix}$$

Au cas où on ne peut pas utiliser les calculs
de puissances mais seulement les types de calculs de bases,
 $y = u^{0,75}$ peut être calculé à l'aide du procédé d'amélioration
des racines de Newton, en écrivant par exemple :

$$y = \sqrt{\sqrt{u^3}}$$

et la racine : $w = \sqrt{z}$
est recherchée numériquement au moyen de :

$$\begin{aligned}
 z &= w^2 \\
 f(w) &= w^2 - z = 0
 \end{aligned}$$

voir par exemple Zurmühl, Praktische Mathematik, Springer-
Verlag, Berlin 1965.

Il y a lieu de préciser que l'invention
peut être de préférence appliquée à des installations de
chauffage avec de l'eau ou de la vapeur comme moyens de
chauffage, toutefois, son utilisation est également possi-
ble pour d'autres installations de chauffage, par exemple
pour des installations de chauffage à l'air chaud. Le cir-
cuit de chauffage peut, dans ce dernier cas, être éventuel-
lement constitué uniquement par les composants amenant
l'air chaud aux locaux et par les dispositifs canalisant

30.-

l'air évacué.

Dans le présent exemple de réalisation selon la figure 1, la courbe de chauffage représente la corrélation entre T_A et T_V . Il est toutefois également possible d'utiliser au lieu de la température d'alimentation du chauffage, une autre grandeur représentative de la puissance de chauffage potentielle du circuit de chauffage, par exemple dans de nombreux cas la température de retour du chauffage ou bien dans d'autres cas, le débit volumique du fluide de chauffage lorsque celui-ci a une température constante.

31.-

REVEN DICATIONS

1.- Procédé pour l'optimalisation, de préférence automatique, de la courbe de chauffage d'un circuit de chauffage d'une installation de chauffage d'un bâtiment, d'une zone de bâtiments ou analogues, circuit de chauffage dans le cas duquel la température d'alimentation du chauffage peut être conduite en fonction de la température extérieure, conformément à la courbe de chauffage, procédé caractérisé en ce que la courbe de chauffage est

5

10 approchée par l'intermédiaire d'une équation de courbes de chauffage, laquelle contient au moins un paramètre, équation pour laquelle, à partir des valeurs instantanées se présentant pour des instants différents pour T_A , T_V , T_R . ce paramètre, et éventuellement d'autres, sont calculés

15 par un procédé statistique de péréquation (procédé d'évaluation de paramètres), T_A étant la température extérieure, T_V la température d'alimentation du chauffage ou bien une autre grandeur du moyen de chauffage représentant la puissance de chauffage potentielle dans le circuit de chauffage,

20 et T_R la température du local d'un local chauffé par le circuit de chauffage ou bien une valeur moyenne des températures de plusieurs locaux chauffés du bâtiment ou de zone analogue concerné.

2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que sur un laps de temps prédéterminé, les

25 valeurs instantanées pour des instants prédéterminés de T_A , T_V , T_R et/ou de $y = T_V - T_R$ et $u = T_R - T_A$ sont détectées, les groupes de valeurs instantanées de T_A , T_V , T_R ou bien y et u , ou bien des valeurs moyennes dérivées de

30 ces groupes de valeurs instantanées, sont mémorisés, tandis qu'à partir des valeurs ainsi mémorisées, ce paramètre et éventuellement d'autres, sont calculés.

3.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le calcul des

35 paramètres est effectué selon un calcul d'approximation

32.-

de préférence selon la méthode d'évaluation du plus petit carré.

4.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, comme équation de courbes de chauffage, on utilise l'équation
 5 $y = K_1 u^{\alpha_1}$, où K_1 est un paramètre et α_1 une constante.

5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, comme équation de courbes de chauffage, l'équation $y = K_1 u + K_2 u^{\alpha_2}$ est
 10 utilisée, où K_1 , K_2 sont des paramètres et où α_2 est une constante.

6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, comme équation de courbes de chauffage, l'équation $y = \sum_{j=1}^M K_j u^{\alpha_j}$, où
 15 M est ≥ 3 , K_j sont des paramètres et α_j sont des constantes.

7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que pendant l'optimisation des courbes de chauffage, une régulation de la
 20 température du local est effectuée.

8.- Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que, comme valeurs instantanées de T_R , la valeur réelle ou la température d'alimentation instantanée de la température du local est utilisée pour le calcul des
 25 paramètres.

9.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le calcul des paramètres est basé sur les valeurs instantanées mesurées de
 30 T_A , T_V et T_R .

10.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou 9, caractérisé en ce que les valeurs instantanées de T_A , T_V et T_R utilisées pour l'optimisation, sont détectées, tandis que la température du local est commandée à partir d'une courbe de chauffage de démar-
 35 rage présélectionnée.

33.-

11.- Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la commande conformément à la courbe de chauffage de démarrage, est maintenue jusqu'à la conclusion des mesures utilisées pour l'optimisation des courbes de chauffage et qu'il y a ensuite commutation sur la courbe de chauffage conforme à l'équation des courbes de chauffage optimisée.

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que lors du calcul des paramètres, les valeurs instantanées à régler de la température d'alimentation du chauffage, sont utilisées comme valeurs instantanées de cette température d'alimentation du chauffage.

13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que pendant l'optimisation, le calcul des paramètres est effectué plusieurs fois et la courbe de chauffage est réglée selon l'équation des courbes de chauffage déterminée respectivement en dernier lieu.

14.- Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que chaque nouvelle détermination de l'équation des courbes de chauffage tient compte des valeurs instantanées de T_A , T_V et T_R introduites à partir du début de l'optimisation en tenant ou non compte de la courbe de chauffage de démarrage.

15.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que l'équation des courbes de chauffage ainsi calculée est mémorisée numériquement et est exploitée pour la commande ou la régulation de la température provisoire du chauffage.

16.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'au moins un paramètre calculé est utilisé pour le réglage d'un indicateur de courbes de chauffage engendrant la courbe de chauffage.

34.-

17.- Installation pour optimaliser la courbe de chauffage d'un circuit de chauffage d'une installation de chauffage, susceptible d'être commandé ou réglé par la mise en oeuvre d'un indicateur de courbes de chauffage, installation dans laquelle la température d'alimentation de chauffage peut être réglée ou commandée conformément à la courbe de chauffage en fonction de la température extérieure, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, installation caractérisée en ce qu'elle comporte des raccords (32, 33, 34) pour permettre de raccorder des indicateurs de valeurs instantanées (22, 23, 19) pour T_A , T_V , T_R , des moyens (39) pour former les différences de température $y = T_V - T_R$ et $u = T_R - T_A$, des moyens de mémorisation (42) pour mémoriser des triplets de valeurs de mesures T_A , T_V , T_R et/ou des paires de différences de température (y , u), des moyens de calcul (36) pour calculer au moins un paramètre de l'équation des courbes de chauffage par un procédé statistique de péréquation (procédé d'évaluation des paramètres) à partir d'au moins deux triplets de valeurs de mesures mémorisés (T_A , T_V , T_R) ou bien de paires de différences de température (y , u) mémorisées et des moyens de réglage (26) pour régler l'indicateur de courbes de chauffage conformément au paramètre ou bien aux paramètres calculés.

18.- Installation selon la revendication 17, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens de calcul (40) pour former des valeurs moyennes de T_A , T_V , T_R ou bien de y , u à partir de groupes de triplets de valeurs instantanées pour T_A , T_V , T_R ou encore à partir de groupes de paires de valeurs instantanées pour y et u , ces valeurs moyennes étant mises en oeuvre pour le calcul des paramètres.

19.- Installation selon l'une quelconque des revendications 17 et 18, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens de commande temporisés (37) pour la commande

35.-

dans le temps d'au moins un des processus suivants :

- interrogation des valeurs instantanées de T_A , T_V , T_R
- formation des différences de $T_R - T_A$ et $T_V - T_R$,
- formation de la valeur moyenne de respectivement plu-
5 sieurs valeurs instantanées de T_A , T_V , T_R ou bien de y
et u formant chacune un groupe,
- calcul d'au moins un paramètre de l'équation des courbes
de chauffage ou bien calcul de l'équation des courbes de
chauffage en utilisant le ou éventuellement, les paramè-
10 tres calculés,
- réglage ou bien pilotage de la courbe de chauffage de
l'indicateur de courbes de chauffage (20) conformément
au paramètre ou éventuellement aux paramètres calculés
ou bien conformément à l'équation des courbes de chauf-
15 fage calculé.

20.- Installation selon l'une quelconque des
revendications 17 à 19, caractérisée en ce qu'elle compor-
te un régulateur de température du local (51) pour régler
la température du local pendant le laps de temps de l'opti-
20 malisation des courbes de chauffage.

21.- Installation selon l'une quelconque des
revendications 17 à 20, caractérisée en ce qu'elle compor-
te un appareil d'optimisation (21) susceptible d'être re-
lié de façon amovible à l'indicateur de courbes de chauf-
25 fage.

22.- Installation selon l'une quelconque des
revendications 17 à 21, caractérisée en ce qu'elle est mi-
se en oeuvre pour une installation de chauffage par l'eau
ou par la vapeur.

30 23.- Installation selon l'une quelconque des
revendications 17 à 21, caractérisée en ce qu'elle est mi-
se en oeuvre pour une installation de chauffage par l'air.

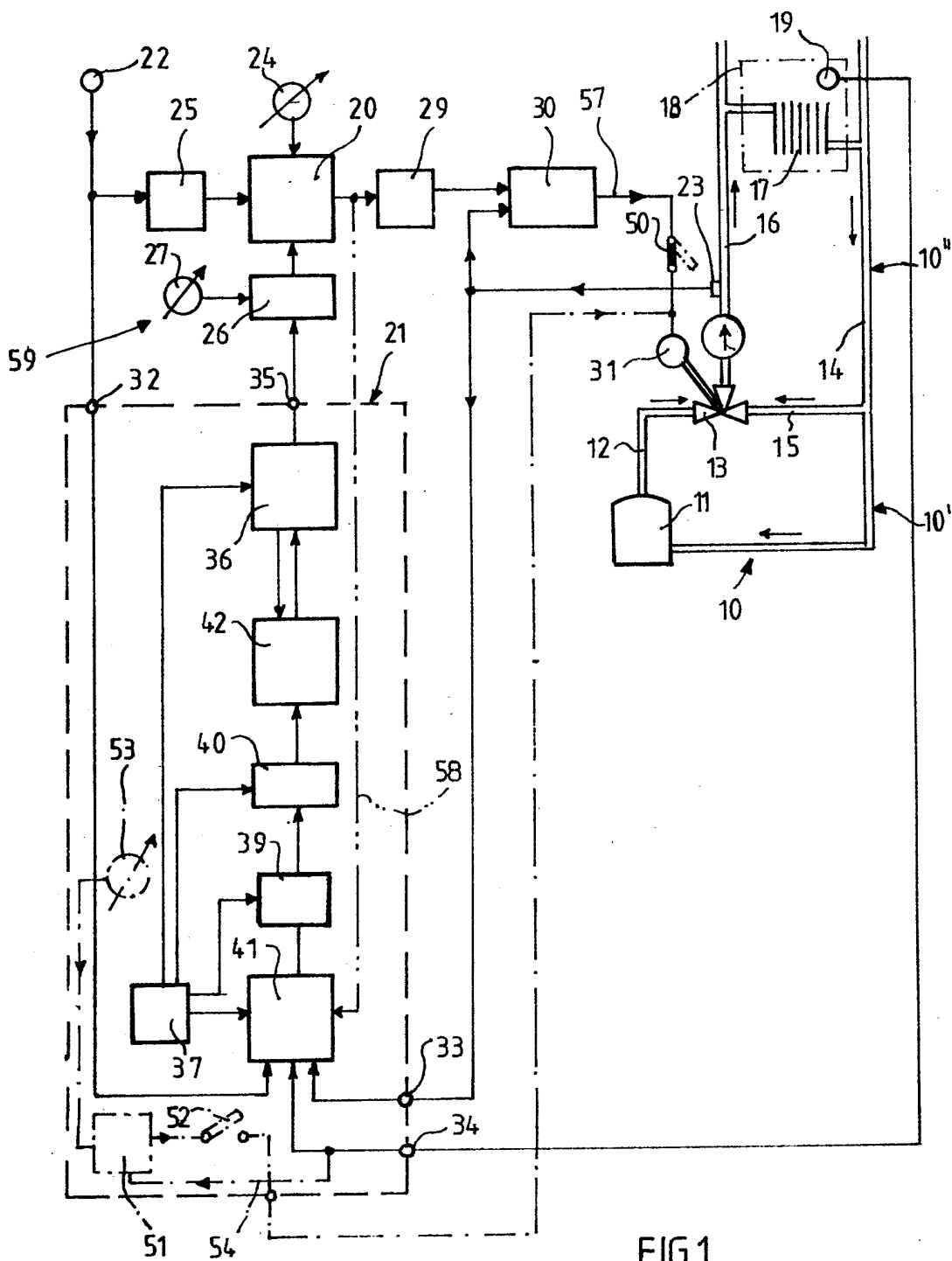


FIG.1

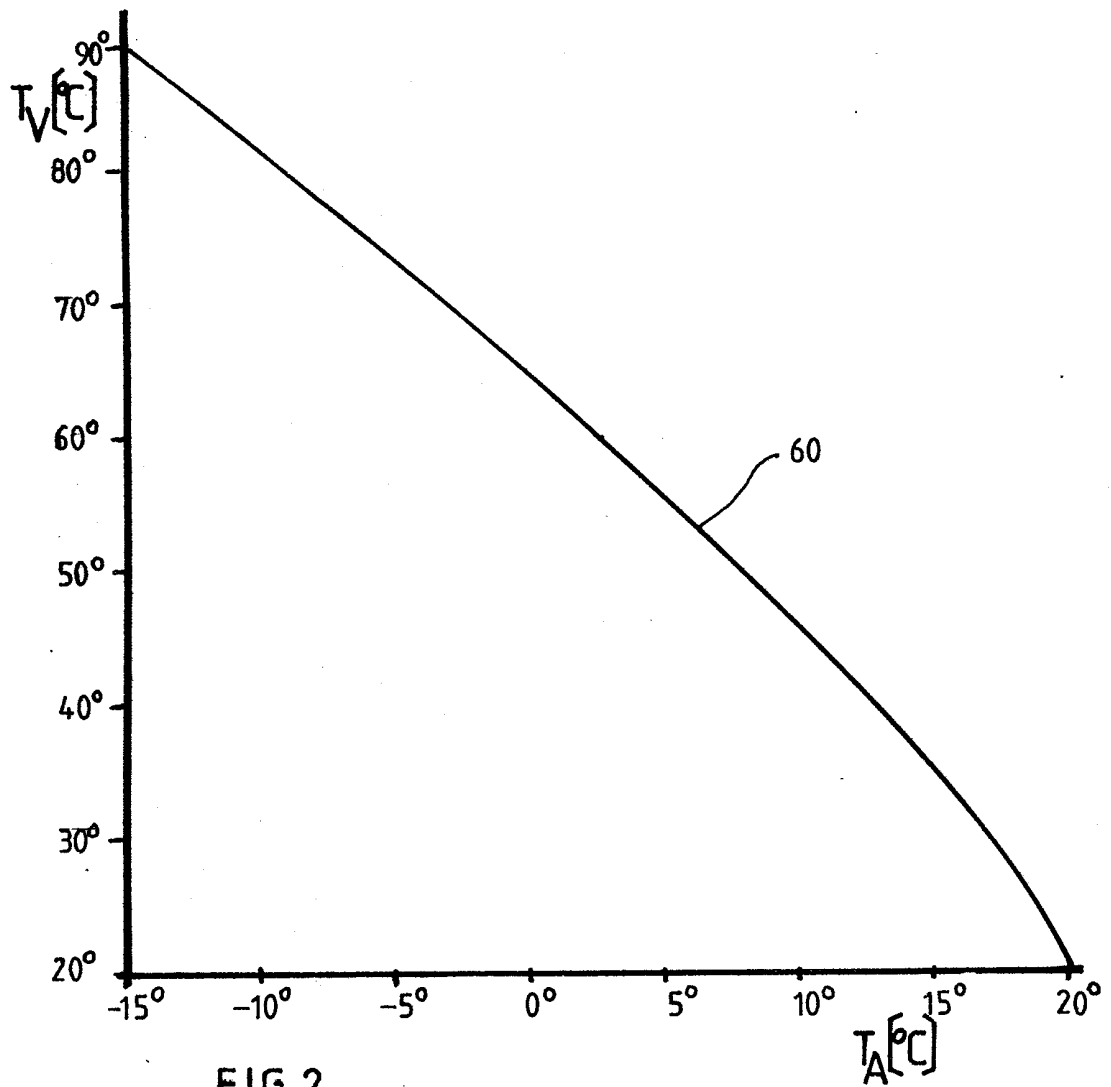


FIG.2