

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

⑪ N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 468 742

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 80 22677

⑤4 Système de commande pour une turbine à gaz.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.³). F 02 C 9/26; G 05 B 11/01.

⑫2 Date de dépôt..... 23 octobre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : EUA, 26 octobre 1979, n° 88.633.

④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 19 du 8-5-1981.

⑦1 Déposant : GENERAL ELECTRIC COMPANY, résidant aux EUA.

⑦2 Invention de : William Irwin Rowen, Thomas Edward Ekstrom et Donald Leslie Rexford.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Alain Catherine, GETSCO,
42, av. Montaigne, 75008 Paris.

La présente invention concerne les systèmes de commande pour les turbines à gaz et elle porte plus particulièrement sur un système de commande perfectionné pour une installation de production de force motrice à turbine à gaz qu'on peut utiliser aussi bien avec 5 des machines à un seul arbre qu'avec des machines à deux arbres.

La commande des divers paramètres d'une grosse turbine à gaz est devenue très complexe, mais la complexité croissante a permis d'améliorer les caractéristiques de sortie ainsi que la durée de vie de nombreux éléments. Les systèmes de commande comportent norma- 10 lement des moyens qui influent sur le débit de carburant vers la chambre de combustion de la turbine à gaz, conformément à des signaux de commande de carburant qui sont obtenus en contrôlant les paramètres de fonctionnement de la turbine à gaz. On connaît des exemples de tels systèmes de commande et on peut en trouver dans les brevets 15 US 3 520 133, 3 639 076 et 3 729 928.

Dans une turbine à gaz à un seul arbre, le procédé qu'on utilise normalement pour commander la puissance de sortie de la machine consiste à commander la quantité de carburant fournie à la chambre de combustion, ce qui entraîne des changements de la température de combustion. Si la température de combustion change très rapidement, ce qui 20 peut se produire dans les applications à des charges cycliques, il apparaît des contraintes thermiques dans les éléments qui se trouvent dans le chemin des gaz chauds, comme les aubes de turbines, du fait que ces éléments ne sont pas chauffés uniformément sous l'effet des 25 variations rapides de la température des gaz. Des contraintes thermiques excessives peuvent aboutir à un choc thermique qui est une condition dans laquelle les contraintes thermiques qui sont produites dépassent la limite élastique de la matière. Le choc thermique peut à son tour entraîner une panne de certains éléments, nécessitant un 30 arrêt et une réparation coûteux.

On peut, bien entendu, éviter le choc thermique en réduisant les changements de température importants, ou cycliques, par exemple en faisant varier la charge très lentement. Il y a cependant de nombreuses applications dans lesquelles la puissance fournie par la 35 turbine à gaz ne peut pas être commandée, mais doit réagir à des influences externes. C'est par exemple le cas pour une turbine à gaz à un seul arbre accouplée à un alternateur isolé qui alimente un four

à arc. Un autre exemple consiste en une turbine à gaz à un seul arbre accouplée à un alternateur isolé destiné à entraîner une pelle mécanique dans une mine. Un autre exemple encore consiste en une turbine à gaz à deux arbres destinée à fournir l'énergie de propulsion
5 pour un brise-glace. Dans ce dernier cas, on désire disposer de toute la puissance pour propulser le navire dans la glace jusqu'à ce qu'il ne puisse plus avancer; on arrête alors l'hélice (la turbine n'est plus en charge) et on inverse son sens de rotation pour faire sortir le navire de la glace avant de redémarrer vers l'avant. On voit que
10 dans un tel mode de fonctionnement, la turbine à gaz est chargée de manière cyclique, ce qui peut entraîner la fatigue thermique décrite ci-dessus.

L'invention a pour but de résoudre les problèmes qui sont associés aux contraintes thermiques qui résultent d'applications
15 cycliques de la charge à des turbines à gaz à un seul arbre ou à deux arbres.

Les turbines à gaz connues utilisent différents mécanismes pour commander le débit d'air. On peut par exemple placer des aubes distributrices d'entrée à position variable à l'entrée du compresseur,
20 pour commander le débit d'air pendant le démarrage de la turbine à gaz, afin d'éviter l'apparition d'un pompage dans le compresseur. On utilise les aubes distributrices pour réduire le débit d'air afin d'éviter ces instabilités jusqu'à ce que la turbine à gaz soit à pleine vitesse. On utilise également les aubes distributrices d'en-
25 trée pour pouvoir maintenir des températures d'éjection élevées à charge partielle, dans un but de récupération de chaleur.

On peut placer des soupapes de décharge dans les turbines à gaz connues entre un étage du compresseur et la région d'éjection de la turbine à gaz et on utilise ces soupapes pour limiter la survi-
30 tesse dans les applications dans lesquelles la charge peut disparaître instantanément.

Un autre type de commande d'air qu'on trouve dans les turbines à gaz à deux arbres comprend un distributeur de turbine à section variable qui commande la répartition de l'énergie entre la turbine de
35 compresseur à haute pression (et commande donc la vitesse du compresseur), et la turbine à basse pression ou turbine de charge, dans

le but d'optimiser les conditions thermiques. La commande du distributeur de turbine à section variable n'affecte le débit d'air que parce qu'elle permet de faire varier la vitesse de l'ensemble compresseur à haute pression.

5 Dans les turbines à gaz connues qui utilisent des aubes distributrices d'entrée à position variable, des soupapes de décharge ou des distributeurs à section variable pour commander le débit dans le compresseur et autour de celui-ci, c'est la variation du débit de carburant qui constitue le moyen essentiel de commande de la puissance de sortie de la turbine, comme indiqué dans les brevets pré-
10 cités.

En résumé, les effets défavorables de fatigue thermique qui apparaissent en présence d'une charge cyclique / d'une turbine à gaz sont considérablement atténués en faisant varier la puissance de sortie de la turbine à gaz tout en maintenant la température de combustion
15 approximativement constante. On parvient à ceci en faisant varier le débit d'air tout en maintenant la température de combustion constante. On commande le débit d'air en utilisant les moyens de commande de débit d'air existants, comme les aubes distributrices d'entrée à posi-
20 tion variable, les soupapes de décharge et les distributeurs à section variable, pour les turbines à gaz à un seul arbre ou à deux arbres. On peut faire fonctionner les turbines à gaz soit selon un mode "normal" dans lequel on commande la puissance de sortie en faisant varier le débit de carburant, soit dans un mode "cyclique" dans lequel on commande la puissance de sortie en faisant varier le
25 débit d'air.

La suite de la description se réfère aux dessins annexés qui représentent respectivement :

Figure 1 : un schéma simplifié d'un système de commande pour
30 une turbine à gaz à un seul arbre correspondant à l'invention, et

Figure 2 : un schéma simplifié d'un système de commande pour une turbine à gaz à deux arbres correspondant à l'invention.

COMMANDE D'UNE TURBINE A UN SEUL ARBRE

35 En se reportant tout d'abord à la figure 1, on voit une représentation simplifiée d'une turbine à gaz à un seul arbre, désignée globalement par la référence 1, qui comprend un compresseur 2, une

chambre de combustion 3 et une turbine 4 qui est accouplée de façon à entraîner une charge 5. L'air qui entre par l'entrée en 6 traverse les aubes distributrices d'entrée à position variable 9 pour atteindre le compresseur 2 puis ensuite la chambre de combustion 3 de façon à permettre la combustion du carburant qui est injecté par une buse 7. Les gaz chauds qui sont produits dans la chambre de combustion 3 entraînent la turbine 4 dont l'arbre de sortie 13 est accouplé de manière à entraîner la charge 5 et le compresseur 2. Les gaz d'éjection chauffés sortent par le conduit d'éjection 8 de la turbine en passant devant des capteurs de température répartis, comme le capteur 22, qui mesurent la température d'éjection. Le carburant arrive à la buse 7 par un conduit 14 à partir d'un système de commande de carburant 11 qui comprend une pompe volumétrique équipée d'une boucle de retour 15 permettant de faire varier le débit vers la chambre de combustion 3 conformément à un signal électrique qui représente le débit de carburant désiré et qui est appliqué sur une ligne 16. La ligne 16 correspond à la sortie d'un multiplicateur 135 qui reçoit sur une entrée un signal de demande de carburant appliqué sur une ligne 12 et qui reçoit sur son autre entrée un signal électrique représentant la vitesse de la turbine qui est appliqué sur la ligne 125. La détection de vitesse est assurée par exemple par un alternateur à inductance ou capteur magnétique 17 qui est monté sur l'arbre de rotor 13 de la turbine 1 et qui fournit un signal électrique dont la fréquence est directement proportionnelle à la vitesse de la turbine. Le signal de commande de carburant présent sur la ligne 12 est un signal électrique correspondant à un seul paramètre qui est appliqué au multiplicateur 135 par une porte de sélection de valeur inférieure qui est constituée par plusieurs diodes 31, 34 et 37. Les diodes 31, 34 et 37 sont branchées avec la polarité indiquée par rapport à la ligne bus commune 12 sur laquelle on obtient le signal de commande de carburant. Comme l'explique le brevet US 3 520 133, cette configuration contrôle une série de signaux individuels de commande de carburant qui proviennent d'asservissements séparés qui réagissent à des paramètres de fonctionnement respectifs de la turbine à gaz 1. Le plus faible de ces signaux de commande de carburant est transmis sur la ligne 12 et il détermine ensuite le débit de carburant vers la chambre de combustion

3 de la turbine à gaz.

On emploie plusieurs dispositifs de commande à boucle 30, 33 et 36 comme décrit dans le brevet US 3 520 133 précité. Les dispositifs de commande à boucle comprennent en particulier un dispositif
5 de commande de température 30, un dispositif de commande de vitesse et de charge 33 et un dispositif de commande de démarrage 36, avec les lignes de sortie respectives de chacun d'eux branchées aux diodes 31,34 et 37 qui forment une porte de sélection de valeur inférieure. Chaque signal de commande provenant des dispositifs de com-
10 mande 30,33 et 36 est destiné à exercer la commande au cours d'une certaine phase du fonctionnement de la turbine à gaz.

Brièvement, chaque dispositif de commande détecte une condition de fonctionnement de la turbine à gaz et la compare à une référence désirée. Par exemple, la commande de démarrage en boucle
15 ouverte 36 produit en sortie un signal de commande de carburant programmé conformément à des événements qui se produisent à des instants déterminés dans la turbine à gaz, comme une certaine vitesse, la détection de la flamme dans la chambre de combustion, etc., la détec-
20 tion de ces événements s'effectuant par la fermeture de plusieurs contacts qui sont désignés schématiquement par la référence 66. Le dispositif de commande de démarrage 36 ainsi qu'un dispositif de commande d'accélération (non représenté) ne sont pas nécessaires à l'invention, bien qu'on les mentionne ici brièvement pour être complet.

Le dispositif de commande de température 30 détecte la tem-
25 pérature d'éjection au moyen de plusieurs capteurs de température 22. Un dispositif de calcul de moyenne de température 39 fournit une température moyenne qui est ensuite appliquée par une ligne 42 à l'entrée de l'amplificateur de commande de température 30. Un signal d'erreur apparaît en sortie de l'amplificateur 30 lorsque la température d'é-
30 jection réelle diffère de la température de référence qui est établie par exemple par un potentiomètre branché sur une ligne 43.

L'amplificateur de commande de vitesse et de charge 33 reçoit un signal de vitesse réelle à partir du capteur magnétique ou alternatif à inductance 17 qui est monté sur l'arbre de turbine 13.
35 Le signal de vitesse réelle présent sur la ligne 51 est comparé avec une référence de vitesse présente sur la ligne 52 et le signal d'erreur

éventuel. apparaît en sortie de l'amplificateur 33 sous la forme d'un signal de commande de carburant. La troisième entrée 32 de l'amplificateur de commande de vitesse et de charge 33 fait partie de l'invention et on la décrira ultérieurement de façon plus détaillée.

5 Chaque signal de commande de carburant provenant des amplificateurs 30,33 et 36 est appliqué à la diode respective 31,34 et 37. Le signal de commande de carburant qui indique le plus faible débit de carburant vers la chambre de combustion 3 apparaît sur la ligne bus commune 12. On notera que bien qu'un seul signal de commande de carburant apparaisse sur la ligne 12 à un instant donné, tous les autres signaux de commande de carburant assurent une protection en cas d'incident.

Les aubes distributrices d'entrée à position variable pour la turbine à gaz 1 sont placées juste en aval de l'entrée 6 du compresseur et elles sont désignées schématiquement par la référence 9. Un dispositif de commande des aubes distributrices d'entrée, 145, commande la position angulaire des aubes distributrices d'entrée 9 et donc la quantité d'air admise par l'entrée 6. Le dispositif de commande 145 peut être constitué par un dispositif électronique de positionnement de type classique accouplé de façon à entraîner les aubes distributrices d'entrée 9.

Les soupapes de décharge sont désignées schématiquement par la référence 44 et elles sont branchées dans un conduit de dérivation 45 pour permettre de dériver l'air de la sortie du compresseur 2 vers le conduit d'éjection 8. Dans l'art antérieur, les soupapes de décharge 43 étaient soit complètement ouvertes soit complètement fermées et elles étaient utilisées pour limiter les survitesses. Cependant, conformément à l'invention, on peut commander de façon progressive la position des soupapes de décharge 44 à l'aide d'un dispositif de commande de soupapes de décharge 105, comme on le décrira ultérieurement de façon plus détaillée.

L'invention permet de faire fonctionner la turbine à gaz 1 selon deux modes de fonctionnement distincts qu'on appellera ci-après le mode "normal" et le mode de charge "cyclique". Le passage d'un mode à l'autre est commandé par l'opérateur et il s'effectue au moyen de commutateurs 10,20 et 29 qui sont représentés individuellement mais

qui sont de préférence accouplés ensemble pour commuter simultanément. La lettre de référence N indique la position des commutateurs, 10, 20 et 29 au cours du mode "normal", tandis que la lettre de référence C désigne la position des commutateurs au cours du mode "cyclique", 5 lorsqu'on prévoit une charge cyclique de la turbine. Dans le mode "cyclique", la puissance de sortie de la turbine à gaz est commandée par la commande du débit d'air, en maintenant la température constante. Dans le mode de fonctionnement "normal", la puissance de sortie de la turbine à gaz est commandée par le signal de commande de carburant et 10 le débit d'air est maintenu constant.

Un amplificateur de régulation de débit d'air 60 reçoit comme signal d'entrée de référence soit un signal de référence de température présent sur une ligne 70 et produit par un potentiomètre 65, soit un signal de référence de vitesse présent sur une ligne 80 et produit 15 par un potentiomètre de référence de vitesse 55. Le signal de référence de température présent sur la ligne 70 est appliqué au cours du mode "normal", tandis que le signal de référence de vitesse présent sur la ligne 80 est appliqué au cours du mode "cyclique" en fonction de la position du commutateur 29. L'autre signal d'entrée qui est 20 appliqué à l'amplificateur de régulation de débit d'air 60 est un signal présent sur une ligne 90 qui correspond soit à un signal de température d'éjection présent sur une ligne 24, lorsque le commutateur 20 est dans sa position "normale", soit à un signal de vitesse provenant de l'amplificateur inverseur 130 et de la ligne 115, lorsque 25 le commutateur 20 est dans sa position de mode "cyclique".

Le signal de sortie de l'amplificateur 60 représente la position désirée des aubes distributrices d'entrée 9 et des soupapes de 30 décharge 44 et il est appliqué au dispositif de commande des aubes distributrices d'entrée, 145, et au dispositif de commande des soupapes de décharge, 105, par l'intermédiaire d'amplificateurs respectifs 50 et 100. L'amplificateur 50 limite indépendamment la position réelle des aubes distributrices d'entrée entre des positions de fonctionnement 35 minimale et maximale, correspondant par exemple à 48° et 88°, tandis que l'amplificateur 100 agit sous l'effet d'un signal reçu par une entrée 110 de façon à bloquer les soupapes de décharge en position fermée. Un signal négatif présent sur une ligne 120 fait varier la po-

sition des soupapes de décharge entre leur position complètement fermée et leur position complètement ouverte.

Dans le mode de fonctionnement "normal", lorsque les commutateurs 10, 20 et 29 sont dans leur position N, on peut voir que le 5 commutateur 10 n'a aucun effet sur l'amplificateur de régulation de vitesse 33, si bien que la vitesse de la turbine à gaz est amenée en correspondance avec le signal de référence de vitesse 52 par l'action normale de régulation. Lorsque la séquence de démarrage est terminée et lorsque la turbine fonctionne à charge partielle, le signal de sortie 10 du régulateur 33 est fixé de façon à faire correspondre le signal de vitesse détectée, sur la ligne 51, avec le signal de référence de vitesse, sur la ligne 52, ce qu'on effectue en commandant l'alimentation en carburant de la turbine. A charge partielle, l'amplificateur de démarrage 36 et l'amplificateur de commande de température 30 sont 15 en saturation du fait que l'amplificateur de vitesse 33 applique le plus faible signal de commande de carburant sur la ligne 12. Lorsqu'on augmente la référence de vitesse 52 pour charger davantage la turbine à gaz, on atteint un point auquel le signal de température d'éjection sur la ligne 42 est égal au signal de référence de température sur la 20 ligne 43 et, à ce moment, l'amplificateur de commande de température 30 prend en charge la commande du débit de carburant vers la turbine.

Dans sa position N, le commutateur 20 applique à l'entrée 90 de l'amplificateur de commande d'air 60 le signal proportionnel à la température d'éjection qui est présent sur la ligne 42. L'autre entrée de 25 l'amplificateur 60 est branchée à la ligne 70, du fait de la position du commutateur 29. La ligne 70 applique à l'amplificateur 60 une tension qui est proportionnelle à la température désirée fixée par le potentiomètre 65. La température qui est fixée par le potentiomètre de référence de température 65 est un peu inférieure, par exemple de 10°C, 30 à celle qui est fixée sur la ligne de référence de température 43.

Dans le mode "normal", le commutateur 29 applique une tension d'alimentation au potentiomètre de référence de température 65, et en outre, il applique à l'amplificateur 100, par une ligne 110, une tension qui fait en sorte que les soupapes de décharge 44 demeurent fermées.

35 Dans le mode "normal", lorsqu'on augmente la charge de la machine en utilisant la référence de vitesse 52, la température d'é-

jection tend à croître du fait de l'accroissement du débit de carburant. A charge partielle, tant que le signal de température d'éjection sur la ligne 90 est inférieur au signal de température de référence sur la ligne 70, les aubes distributrices d'entrée 9 sont maintenues
5 à leur position de fermeture maximale (par exemple 48°) par l'amplificateur 50. Lorsque le signal de température d'éjection sur la ligne 90 est égal au signal de référence de température des aubes distributrices d'entrée sur la ligne 70, l'amplificateur 60 applique un signal à l'amplificateur 50 pour que le dispositif de commande des aubes distribu-
10 trices d'entrée 145 ouvre les aubes distributrices d'entrée 9. Le débit d'air vers le compresseur 2 augmente alors et, du fait que le débit de carburant est commandé de façon indépendante à ce moment, la température d'éjection détectée, présente sur la ligne 90, diminue proportionnellement à l'augmentation du débit d'air, ce qui fait des-
15 cendre le signal sur la ligne 90 au niveau du signal sur la ligne 70. Lorsque la charge augmente, le débit de carburant augmente à nouveau, la température d'éjection s'élève et le régulateur de débit d'air 60 ouvre davantage les aubes distributrices d'entrée de façon à faire descendre la température. Ainsi, dans le mode "normal", le régulateur
20 de débit d'air 60 positionne les aubes distributrices d'entrée 9 à un angle tel que la température demeure pratiquement constante et conforme à la référence de température qui est fixée sur la ligne 70.

Lorsqu'on commute les commutateurs 10, 20 et 29 sur le mode de fonctionnement "cyclique", ce qui peut être effectué à n'importe quel
25 niveau de charge, le commutateur 10 applique à l'amplificateur de vitesse 33 un signal en rampe qui provient d'un potentiomètre 85 et d'un condensateur associé (non représenté), et ce signal s'ajoute au signal de référence de vitesse présent sur la ligne 52. Outre le fait d'augmenter le débit de carburant, l'amplificateur 33 passe en
30 saturation si bien que le débit de carburant est régulé par l'amplificateur de commande de température.

Dans le mode "cyclique", le commutateur 29 modifie le signal de réaction qui est appliqué à l'amplificateur 60 pour le faire passer d'un signal proportionnel à la température à un signal propor-
35 tionnel à la vitesse de la turbine et présent sur la ligne 115. Le commutateur 29 modifie le signal d'entrée de référence appliqué à

l'amplificateur 60 en remplaçant un signal de référence de température présent sur la ligne 70 par un signal de référence de vitesse présent sur la ligne 80.

Lorsqu'on augmente le débit de carburant en plaçant le commu-
5 tateur 10 sur sa position C, l'amplificateur de commande de débit
d'air 60 détecte par la ligne 90 l'augmentation résultante de vitesse.
L'amplificateur 60 compare maintenant le signal de vitesse présent
sur la ligne 90 avec le signal de référence présent sur la ligne 80.
L'augmentation de vitesse entraîne une diminution de la quantité
10 d'air qui traverse les aubes distributrices d'entrée 9, de façon à
réduire la puissance et la vitesse. Ceci a pour effet d'augmenter
la température d'éjection du fait que, pour le même débit de carbu-
rant, le débit d'air est maintenant plus faible. En une durée très
courte, le signal de commande de carburant sur la ligne 12 passe sous
15 la commande de l'amplificateur de commande de température 30.

Lorsque des variations cycliques apparaissent dans la charge,
elles se traduisent par une variation du signal de vitesse présent
sur la ligne 115. L'amplificateur de commande de débit d'air 60, qui
est maintenant le principal amplificateur de commande de la puissance
20 de sortie de la turbine à gaz, ferme ou ouvre les aubes distributrices
d'entrée par l'intermédiaire du dispositif de commande 145, sous l'ef-
fet respectivement d'une augmentation ou d'une diminution de la vitesse,
afin de commander la puissance de sortie de la turbine à gaz en main-
tenant la vitesse pratiquement constante.

25 On notera que la vitesse en régime établi est pratiquement
indépendante de la position en régime établi des aubes distributrices
d'entrée. Cependant, du fait que le débit de carburant est modulé
simultanément pour maintenir la température d'éjection constante, la
vitesse est indirectement commandée par la position des aubes distri-
30 butrices d'entrée.

Lorsqu'on modifie la position des aubes distributrices d'en-
trée, on modifie également la température d'éjection. La température
d'éjection commande maintenant le débit de carburant de façon à main-
tenir une température d'éjection constante, fixée par la référence
35 de température 43. Lorsque la charge diminue, la vitesse de la turbine

augmente, ce qui provoque la fermeture des aubes distributrices d'entrée jusqu'à ce qu'elles atteignent leur position de fermeture maximale (par exemple 48°). Le signal de sortie de l'amplificateur 60 est fixé de façon que, par exemple, un signal de sortie de zéro volt

5 représente la position de fermeture maximale ou position à 48° des aubes distributrices d'entrée. Lorsque le signal de sortie de l'amplificateur 60 est au-dessous de zéro volt, la ligne 120 de l'amplificateur 100 reçoit un signal par la diode 75 de façon à ouvrir les soupapes de décharge par l'intermédiaire du dispositif de commande 105.

10 Ceci a pour effet de dériver de l'air du compresseur 2 vers le conduit d'éjection 8, en proportion du signal de sortie de l'amplificateur 60, ce qui réduit davantage la puissance de la turbine à gaz.

COMMANDE D'UNE TURBINE A DEUX ARBRES

15 On va maintenant considérer la figure 2 sur laquelle on voit une représentation simplifiée d'une turbine à gaz à deux arbres qui est désignée globalement par la référence 1 et qui comprend un compresseur 2, une chambre de combustion 3, une turbine à haute pression 4 et une turbine à basse pression 5. On sait que dans certaines appli-

20 cations des turbines à gaz, comme dans le cas des navires, il est souhaitable que la turbine à haute pression 4 qui entraîne le compresseur 2 et la turbine de charge 5 soit montées sur des arbres séparés. L'arbre 6 de la turbine de charge est accouplé à une hélice 8.

Un distributeur du second étage à section variable, 9, établit

25 le couplage aérodynamique entre la turbine à haute pression 4 et la turbine de charge 5. Les détails de ce distributeur sont bien connus, comme il ressort par exemple de la description faite dans le brevet US 2 625 789.

L'air qui entre par l'entrée de compresseur, 51, traverse

30 les aubes distributrices d'entrée 52 en direction du compresseur 2 qui fournit l'air comprimé à la chambre de combustion 3 pour le faire brûler avec le carburant qui est injecté par une buse 12. Après être passés dans la turbine à haute pression 4 et dans la turbine à basse pression 5, les gaz d'éjection chauffés sortent par le conduit de

35 sortie de turbine 13 en passant devant des capteurs de température répartis, 14, destinés à mesurer la température d'éjection. Le carbu-

rant arrive à la buse 12 par un conduit 14 qui vient d'un système d'alimentation en carburant 11 qui est sous la commande d'un multiplicateur 135 recevant un signal de commande de carburant par une ligne 19 et un signal de vitesse de la turbine à haute pression par une ligne 21. Le 5 signal de sortie du multiplicateur 135 est un signal qui indique le débit de carburant désiré. Le système d'alimentation en carburant 11 comporte un conduit de retour 15 pour faire varier la quantité de carburant introduite dans la chambre de combustion.

La turbine à gaz à deux arbres de la figure 2 comporte des 10 dispositifs de commande en boucle 30,33 et 36 identiques à ceux décrits ci-dessus en relation avec la turbine à gaz à un seul arbre. En outre, un signal de commande de carburant supplémentaire peut être fourni par un amplificateur de commande de puissance 40, dont la diode de sortie 18 fait partie de la porte de sélection de valeur inférieure qui com- 15 prend les diodes 31, 34 et 37. Comme décrit de façon complète dans les brevets US 3 639 076 et 3 729 928, un signal de puissance minimale prédéterminée est appliqué à l'amplificateur de commande de puissance 40 par une ligne 45. L'amplificateur 40 reçoit par une ligne 13 un signal de réaction qui représente le débit réel de carburant (c'est- 20 à-dire un signal proportionnel à la puissance). Le signal de référence pour l'amplificateur de commande de puissance 40 est normalement fourni par une ligne 26 dont le signal résulte de la comparaison entre le signal qui provient d'un amplificateur limiteur de couple 80 et un ordre de puissance qui provient d'un générateur de fonction cubique 25 210. Ce générateur est sensible à une valeur de consigne de puissance qui est établie par un levier de propulsion 190. L'amplificateur de commande de puissance 40 et l'amplificateur limiteur de couple 80 sont décrits de façon complète dans les brevets précités et il n'est donc pas nécessaire de les décrire en détail ici.

30 En plus des commutateurs de mode 10,20 et 29 qui fonctionnent d'une manière pratiquement similaire à celle indiquée en relation avec la figure 1, il existe un quatrième commutateur 25 qui connecte la sortie du générateur de fonction cubique 210 à l'entrée 26 de l'amplificateur de commande de puissance 40 au cours du mode "normal", et qui 35 connecte la sortie d'un amplificateur 180 à une entrée 82 de l'amplificateur de commande 60 au cours du mode "cyclique".

Le signal de vitesse de turbine de compresseur, sur la ligne 21, est également appliqué sur une ligne d'entrée 160 d'un amplificateur de commande de distributeur 150 dont la sortie est connectée au dispositif de commande de distributeur 155. L'amplificateur 150 reçoit son autre signal d'entrée par une ligne 170 qui est branchée à la sortie d'un amplificateur à limitation 140. Ce signal est limité pour faire en sorte que les points de consigne de vitesse pour le dispositif de commande de vitesse de turbine à haute pression, 150, demeurent par exemple entre des vitesses de 92 % et 100 %. L'amplificateur 150 constitue un régulateur de vitesse pour la turbine à haute pression et il reçoit son signal de réaction par la ligne 160 et son signal de référence de vitesse par la ligne 170. Le dispositif de commande de distributeur 155 offre un autre moyen de commande du débit d'air dans la turbine à gaz, en plus du dispositif de commande des aubes directrices d'entrée, 145, et du dispositif de commande des soupapes de décharge 105, et ces dispositifs agissent sous l'effet du signal de sortie de l'amplificateur de commande de débit d'air 60 d'une manière très similaire à celle indiquée précédemment en relation avec la figure 1.

Dans le mode de fonctionnement normal, le commutateur 10 n'a aucun effet sur les amplificateurs de régulation 33 et 40, qui fonctionnent de leur manière normale pour commander le débit de carburant vers la turbine. Un signal de température d'éjection présent sur la ligne 24 est appliqué par le commutateur 20 à l'entrée 90 de l'amplificateur de commande de débit d'air 60 qui compare ce signal avec le signal de référence de température sur la ligne 70, qui est présent lorsque le commutateur 29 est dans sa position normale. Le commutateur 29 a également pour fonction de bloquer l'amplificateur 100 pour maintenir les soupapes de décharge fermées dans le mode "normal".

Dans le mode "normal", le commutateur 25 fournit le signal de sortie du générateur de fonction cubique 210 en tant que référence principale pour le système de commande de carburant.

Dans le mode "cyclique", le commutateur 10 sature les amplificateurs 33 et 40 au moyen d'un signal de tension qui provient d'un potentiomètre 27, afin de placer le système de commande de carburant sous l'action de l'amplificateur de température 30. Le commutateur 25

applique sur une ligne 82 un signal qui provient du levier de propulsion 190 par l'intermédiaire de l'amplificateur 180. La polarisation qui est appliquée à l'amplificateur 180 par un potentiomètre 200 établit un signal de vitesse minimale et le signal de sortie de l'amplificateur 180 établit sur la ligne 82 une référence de vitesse fixe
5 pour l'amplificateur de commande de débit d'air 60, dans le mode de fonctionnement "cyclique".

Les dispositifs de commande de débit d'air 105, 145 et 155 sont branchés en cascade avec des réseaux de commande 220, 230 et 240 de
10 telle manière qu'en cas de réduction de la puissance de sortie demandée, le régulateur de vitesse de la turbine à haute pression, 150, agisse en premier pour réduire la vitesse du compresseur, par exemple à 92 %, après quoi le dispositif de commande 145 ferme les aubes distributrices d'entrée, puis enfin pour la puissance de sortie minimale, le dispositif de commande 105 ouvre les soupapes de décharge.
15

Dans le mode "normal", les soupapes de décharge sont bloquées en position fermée et les dispositifs de commande des aubes distributrices d'entrée et du distributeur 145 et 155, fonctionnent sur la base d'un signal de température d'éjection présent sur la ligne 24
20 qui est comparé avec la référence de température fixée sur la ligne 70. L'amplificateur 60 fournit un signal qui est proportionnel à l'erreur entre le signal de référence de température sur la ligne 70 et le signal de réaction de température sur la ligne 90. Le signal de sortie de l'amplificateur 140 constitue une référence de vitesse
25 pour l'amplificateur de commande du compresseur, 150, qui fait varier le débit d'air pour assurer la commande de la température d'éjection.

Les réseaux 220, 230 et 240 font en sorte qu'un seul des dispositifs de commande 105, 135 et 155 agisse à un instant quelconque. Sur les graphiques représentés dans les symboles de ces réseaux,
30 l'axe horizontal correspond au signal de sortie de l'amplificateur 60 et l'axe vertical correspond au signal de sortie du réseau respectif 220, 230 et 240. On peut voir qu'au cours du mode "cyclique", lorsque la puissance augmente, et en supposant un signal de sortie linéaire pour l'amplificateur 60, le réseau de commande 220 agit en premier
35 de façon à fermer les soupapes de décharge. Lorsque le signal de sortie de l'amplificateur 60 dépasse un niveau prédéterminé, les soupapes de décharge demeurent fermées, mais les aubes directrices

d'entrée passent par exemple de 48° à 88°. Lorsque le signal de sortie de l'amplificateur 60 dépasse le point auquel les aubes directrices d'entrée sont maintenues dans leur position d'ouverture maximale (88°), l'amplificateur 140 reçoit un signal à partir du réseau de commande 240 de façon à faire varier le point de consigne de la commande du distributeur, sur la ligne 170, pour le faire passer d'une vitesse de 92 % à une vitesse de 100 %.

Une diminution de la puissance fournie par la turbine à gaz entraîne une diminution du signal provenant de l'amplificateur 60, ce qui réduit initialement le point de consigne de la vitesse du compresseur de 100 % à 92 %, puis ferme les aubes distributrices d'entrée de 88° à 48° et ouvre ensuite les soupapes de décharge en les faisant passer de leur position complètement fermée à leur position complètement ouverte.

On peut naturellement apporter de nombreuses modifications à l'invention, en partant de ce qui est indiqué ci-dessus. Par exemple, bien que dans la description du fonctionnement faite ci-dessus ce soit la vitesse de l'arbre de sortie qui constitue la principale fonction de référence d'entrée pour la commande de la turbine, il est évident que le dispositif de l'invention peut réagir au signal de référence de niveau de puissance en tant que fonction de référence principale.

REVENDEICATIONS

1. Système de commande pour une turbine à gaz comportant une chambre de combustion, caractérisé en ce qu'il comprend : plusieurs dispositifs de commande à boucle qui produisent un signal de commande de carburant destiné à commander le débit de carburant vers la chambre
5 bre de combustion en fonction de différents paramètres de fonctionnement de la turbine à gaz, et un dispositif qui produit un signal de commande d'air destiné à commander le débit d'air vers la chambre de combustion en fonction de différents paramètres de fonctionnement de la turbine à gaz.
- 10 2. Système de commande selon la revendication 1 caractérisé en ce que les dispositifs qui produisent un signal de commande de carburant réagissent, dans un premier mode de fonctionnement, à la vitesse et à la température détectée de la turbine à gaz pour faire varier le débit de carburant de manière correspondante, et le dispositif qui
15 produit un signal de commande d'air réagit, dans le premier mode de fonctionnement, à la température de la turbine à gaz pour faire varier le débit d'air afin de maintenir cette température pratiquement constante.
- 20 3. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que les dispositifs qui produisent un signal de commande de carburant réagissent dans un second mode de fonctionnement à la température de la turbine à gaz de façon à maintenir cette température pratiquement constante, et le dispositif qui produit un signal de commande d'air, réagit dans le second mode de fonctionnement, à la vitesse
25 détectée de la turbine à gaz de façon à faire varier le débit d'air pour maintenir la vitesse pratiquement constante.
- 30 4. Dispositif de commande selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif à aubes distributrices d'entrée qui réagit au dispositif produisant un signal de commande d'air en commandant l'air admis dans la chambre de combustion, avec des limites supérieure et inférieure de débit d'air fixées à l'avance.
- 35 5. Système de commande selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif à soupapes de décharge qui réagit également au dispositif produisant un signal de commande d'air en dérivant de l'air lorsque le débit d'air dans le dispositif à aubes distributrices d'entrée tombe à sa limite inférieure.

6. Système de commande pour une turbine à gaz à deux arbres comprenant un arbre de compresseur et un arbre de charge et comprenant une chambre qui reçoit de l'air et du carburant pour produire une combustion, caractérisé en ce qu'il comprend : plusieurs dispositifs
5 de commande de carburant en boucle fermée, chacun d'eux réagissant à un paramètre de fonctionnement respectif de la turbine à gaz et chacun d'eux étant conçu de façon à fournir un signal de commande de carburant respectif; un dispositif de sélection qui commande le débit de carburant vers la chambre de combustion sous l'effet du plus faible
10 signal de commande de carburant des dispositifs de commande de carburant en boucle fermée; un dispositif de commande d'air qui fournit un signal de commande de débit d'air en réagissant à un premier paramètre de fonctionnement dans un premier mode de fonctionnement et à un second paramètre de fonctionnement dans un second mode de fonction-
15 nement; et un dispositif qui réagit au signal de commande de débit d'air en commandant le débit d'air vers la chambre de combustion de façon à maintenir pratiquement constant un paramètre de fonctionnement de la turbine à gaz.

7. Système selon la revendication 6 caractérisé en ce que le
20 premier paramètre de fonctionnement est la température d'éjection de la turbine à gaz tandis que le second paramètre de fonctionnement est la vitesse de l'arbre de charge.

8. Système selon la revendication 7 caractérisé en ce que le
25 dispositif qui réagit au signal de commande de débit d'air comprend : un dispositif de commande de soupapes de décharge qui réagit à une première plage prédéterminée du signal de commande de débit d'air en ouvrant et en fermant de manière correspondante des soupapes de décharge de la turbine à gaz; un dispositif de commande d'aubes distributrices d'entrée qui réagit à une seconde plage prédéterminée
30 du signal de commande de débit d'air en ouvrant et en fermant de façon correspondante des aubes directrices d'entrée de la turbine à gaz; et un dispositif de commande de distributeur qui réagit à une troisième plage prédéterminée du signal de commande de débit d'air en faisant varier de façon correspondante la vitesse de l'arbre de
35 compresseur.

9. Système de commande d'une turbine à gaz comportant un dis-

positif qui commande le débit de carburant vers une chambre de combustion de la turbine à gaz conformément à un signal de commande de carburant sélectionné ayant la plus faible valeur, produit par plusieurs dispositifs de commande à boucle, chacun d'eux réagissant à un paramètre de fonctionnement différent de la turbine à gaz et étant conçu de façon à fournir un signal de commande de carburant respectif à un dispositif de sélection de valeur inférieure, caractérisé en ce qu'il comprend : un dispositif qui commande le débit d'air vers la chambre de combustion conformément à un signal de commande de débit d'air, qui, dans un premier mode de fonctionnement, est produit en fonction des conditions de température détectées de façon à maintenir pratiquement constante la température de la turbine à gaz, et qui, dans un second mode de fonctionnement, est produit en fonction de la vitesse détectée de la turbine à gaz pour maintenir pratiquement constante la vitesse de la turbine à gaz.

10. Système de commande d'une turbine à gaz selon la revendication 9, caractérisé en ce que le dispositif qui commande le débit de carburant vers la chambre de combustion réagit, dans le second mode de fonctionnement, aux conditions de température détectées de façon à maintenir la température pratiquement constante tandis que le débit d'air varie en fonction du signal de commande de débit d'air.

FIG. 1

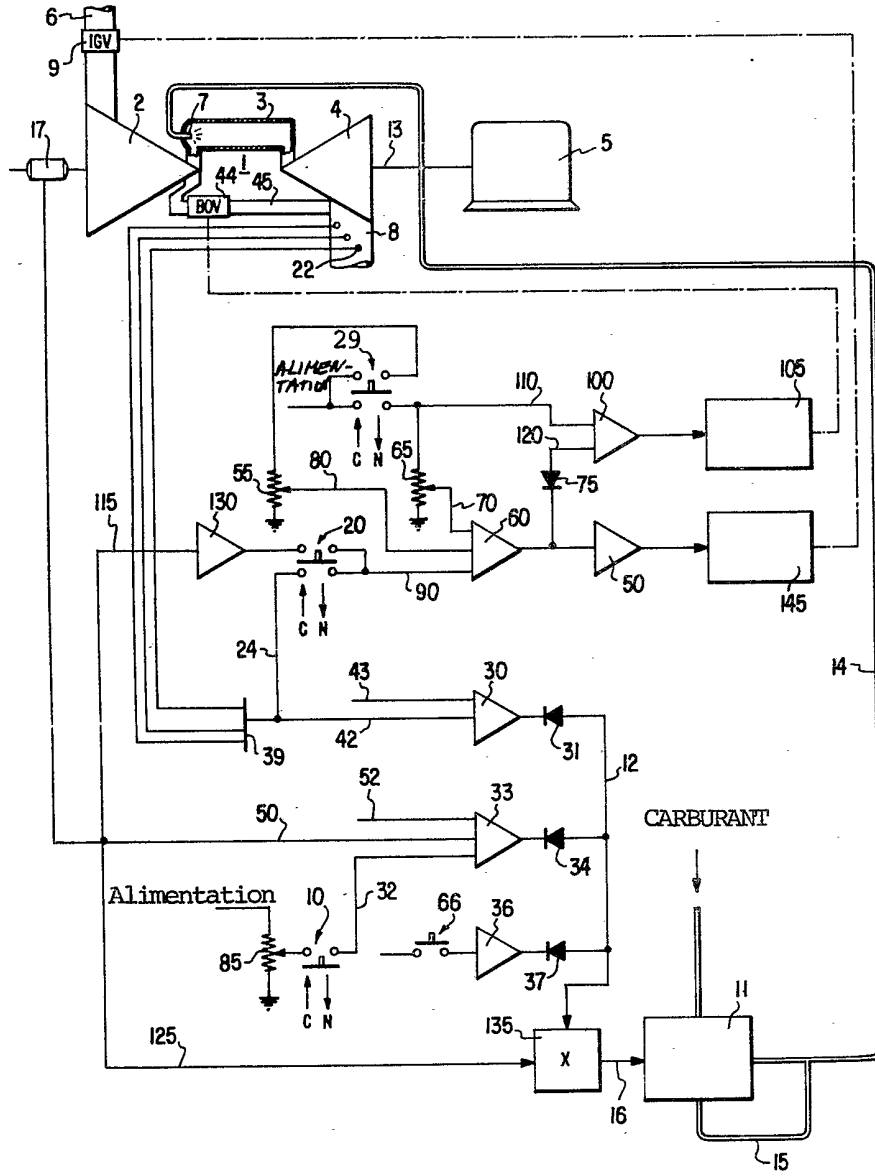


FIG. 2

