

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-137649

(P2015-137649A)

(43) 公開日 平成27年7月30日(2015.7.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO2C 3/073 (2006.01)</b>	FO2C 3/073	3H021
<b>FO2C 3/107 (2006.01)</b>	FO2C 3/107	
<b>FO2C 7/00 (2006.01)</b>	FO2C 7/00	F
<b>FO2K 3/06 (2006.01)</b>	FO2K 3/06	
<b>FO4D 27/00 (2006.01)</b>	FO4D 27/00	K

審査請求 有 請求項の数 30 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-9038 (P2015-9038)  
 (22) 出願日 平成27年1月21日 (2015.1.21)  
 (31) 優先権主張番号 14/159,760  
 (32) 優先日 平成26年1月21日 (2014.1.21)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590005449  
 ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイション  
 UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION  
 アメリカ合衆国, コネチカット, ハートフォード, ファイナンシャル プラザ 1  
 (74) 代理人 100086232  
 弁理士 小林 博通  
 (74) 代理人 100092613  
 弁理士 富岡 潔  
 (72) 発明者 デーヴィッド エー. トボル  
 アメリカ合衆国, コネチカット, ウェストハートフォード, ライマン ロード 36

最終頁に続く

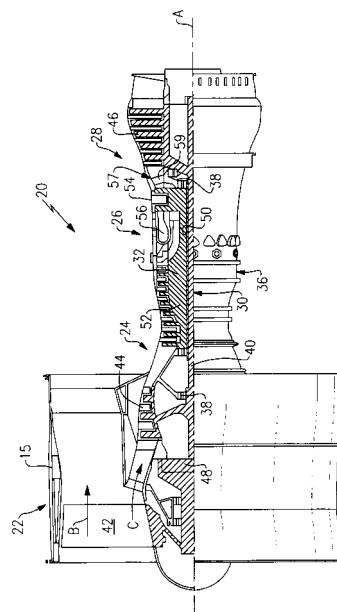
(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジンおよびその設計方法

(57) 【要約】

【課題】人間の聴覚に対して感度が低いノイズを生み出すように動作され得るガスタービンエンジンが提供される。

【解決手段】ガスタービンエンジン20は、ファン42と、第1のタービンロータ46を有するタービンセクション28と、を備える。ロータ46は圧縮機ロータ44を駆動する。ギア減速部48はファン駆動タービンロータ46からの入力速度に対してファン42の速度の低下をもたらす。ロータ44はその複数の列のうちの少なくとも一つにおいていくつかの圧縮機ブレードを有する。これらのブレードは、ある回転速度で少なくとも一部の時間動作する。少なくとも一つの列におけるブレードの数および回転速度は以下の式、 $(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) = 5500 \text{ Hz}$ がロータ44の少なくとも一つの列に当てはまり、かつ回転速度が毎分回転数であるようなものである。圧縮機モジュールおよびガスタービンエンジンを設計する方法も開示される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ガスタービンエンジンであって、

ファンと、圧縮機ロータを駆動する第 1 のタービンロータを有するタービンセクションと、

ファン駆動タービンロータからの入力速度に対して前記ファンの速度の低下をもたらすギア減速部と、

を備え、

前記圧縮機ロータは、前記圧縮機ロータの複数の列のうちの少なくとも 1 つにおいていくつかの圧縮機ブレードを有し、前記ブレードは、ある回転速度で少なくとも一部の時間動作し、前記少なくとも 1 つの列における圧縮機ブレードの数および前記回転速度は、以下の式、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

が、前記圧縮機ロータの前記少なくとも 1 つの列に当てはまり、かつ、

前記回転速度が毎分回転数であるようなものである、ことを特徴とする、ガスタービンエンジン。

## 【請求項 2】

前記式は、約 6000 Hz 以上の数値をもたらすことを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 3】

前記ガスタービンエンジンは、約 15,000 ポンド以上の推力を生み出すと定格されることを特徴とする請求項 2 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 4】

前記式は、前記圧縮機ロータの前記ブレード列の大部分に当てはまることを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 5】

前記ガスタービンエンジンは、約 15,000 ポンド以上の推力を生み出すと定格されることを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 6】

前記ギア減速部は、約 2.3 を超えるギア比を有することを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 7】

前記ギア減速部は、約 2.5 を超えるギア比を有することを特徴とする請求項 6 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 8】

前記ファンは、空気をバイパスダクトの中に、かつ空気の一部を前記圧縮機ロータの中に、前記圧縮機ロータの中に供給される空気の体積と比較した前記バイパスダクトの中に供給される空気の体積として定義されるバイパス比で供給し、前記バイパス比は、約 6 を超えることを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 9】

前記バイパス比は、約 10 を超えることを特徴とする請求項 8 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 10】

前記式は、約 6000 Hz 以上の数値をもたらすことを特徴とする請求項 9 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 11】

前記回転速度は、接近速度であることを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

## 【請求項 12】

前記タービンセクションは、より高圧のタービンロータおよび前記第 1 のタービンロー

10

20

30

40

50

タを備え、前記ファン駆動タービンロータは、前記第 1 のタービンロータであることを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

【請求項 1 3】

前記圧縮機ロータは、より低圧の圧縮機ロータであり、前記より高圧のタービンロータは、より高圧の圧縮機ロータを駆動することを特徴とする請求項 1 2 記載のガスタービンエンジン。

【請求項 1 4】

前記ギア減速部は、前記第 1 のタービンロータと前記圧縮機ロータの中間にあることを特徴とする請求項 1 2 記載のガスタービンエンジン。

【請求項 1 5】

前記ギア減速部は、前記圧縮機ロータと前記ファンの中間にあることを特徴とする請求項 1 2 記載のガスタービンエンジン。

【請求項 1 6】

前記タービンセクションは、3つのタービンロータを備え、前記第 1 のタービンロータおよび前記ファン駆動タービンロータは、異なるロータであることを特徴とする請求項 1 記載のガスタービンエンジン。

【請求項 1 7】

ガスタービンエンジンを設計する方法であって、

圧縮機ロータを駆動する第 1 のタービンロータと、ギア減速部を通じてファンを駆動するファン駆動タービンロータと、を設け、

前記圧縮機ロータの回転速度と組み合わせて、前記圧縮機ロータの少なくとも 1 つの列におけるブレードの数を、以下の式、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

が、前記圧縮機ロータの前記少なくとも 1 つの列に当てはまり、かつ、

前記回転速度が毎分回転数であるように選択する、

ことを含むことを特徴とする、ガスタービンエンジンを設計する方法。

【請求項 1 8】

前記式は、約 6000 Hz 以上の数値をもたらすことを特徴とする請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記ガスタービンエンジンは、約 15,000 ポンド以上の推力を生み出すと定格されることを特徴とする請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 0】

前記回転速度は、接近速度であることを特徴とする請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 1】

前記タービンセクションは、より高圧のタービンロータおよび前記第 1 のタービンロータを備え、前記ファン駆動タービンロータは、前記第 1 のタービンロータであることを特徴とする請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 2 2】

前記圧縮機ロータは、より低圧の圧縮機ロータであり、前記より高圧のタービンロータは、より高圧の圧縮機ロータを駆動することを特徴とする請求項 2 1 記載の方法。

【請求項 2 3】

前記ギア減速部は、前記第 1 のタービンロータと前記圧縮機ロータの中間にあることを特徴とする請求項 2 2 記載の方法。

【請求項 2 4】

前記ギア減速部は、前記圧縮機ロータと前記ファンの中間にあることを特徴とする請求項 2 2 記載の方法。

【請求項 2 5】

前記タービンセクションは、3つのタービンロータを備え、前記第 1 のタービンロータおよび前記ファン駆動タービンロータは、異なるロータであることを特徴とする請求項 1

10

20

30

40

50

7 記載の方法。

【請求項 26】

圧縮機モジュールであって、

いくつかのブレードを備える少なくとも第 1 のブレード列を有する圧縮機ロータであって、前記第 1 のブレード列は、毎分回転数で回転速度を測定するとき、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

であるような回転速度で回転することができる、圧縮機ロータを備える、ことを特徴とする、圧縮機モジュール。

【請求項 27】

前記回転速度は、接近速度であることを特徴とする請求項 26 記載の圧縮機モジュール

10

【請求項 28】

前記式は、約 6000 Hz 以上の数値をもたらす、請求項 27 記載の圧縮機モジュール

【請求項 29】

前記式は、約 6000 Hz 以上の数値をもたらす、請求項 26 記載の圧縮機モジュール

【請求項 30】

ガスタービンエンジンを設計する方法であって、

ファンと、圧縮機ロータを駆動する第 1 のタービンロータを有するタービンセクションと、を設け、

20

ファン駆動タービンロータからの入力速度に対して前記ファンの速度の低下をもたらすギア減速部を設ける、

ことを含み、

前記圧縮機ロータは、前記圧縮機ロータの複数の列のうちの少なくとも 1 つにおいていくつかの圧縮機ブレードを有し、前記ブレードは、ある回転速度で少なくとも一部の時間動作し、前記少なくとも 1 つの列における圧縮機ブレードの数および前記回転速度は、以下の式、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

が、前記圧縮機ロータの前記少なくとも 1 つの列に当てはまり、かつ、

30

前記回転速度が毎分回転数であるようなものである、ことを特徴とする、ガスタービンエンジンを設計する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、人間の聴覚に対して感度が低いノイズを生み出すように動作され得るガスタービンエンジンロータの設計に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンは既知であり、通常は空気を圧縮機の中に供給するファンを備える。空気は、圧縮機内で圧縮され、燃焼器セクションの中へと下流に供給され、そこで燃料と混合され、点火される。この燃焼の生成物は、タービンロータを横断して下流に通過し、タービンロータを回転させる。

40

【0003】

一般的に、高圧タービンロータおよび低圧タービンロータがある。タービンロータの各々は、ロータで回転するタービンブレードのいくつかの列を備える。タービンブレードの列の間にベーンが点在する。

【0004】

高圧タービンロータは、典型的に、高圧圧縮機ロータを駆動し、低圧タービンロータは、典型的に、低圧圧縮機ロータを駆動している。圧縮機ロータの各々はまた、ロータで回

50

転するいくつかの圧縮機ブレードを備える。圧縮機ブレードの列の間に点在するベーンもある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

低圧タービンまたは圧縮機は、ブレード列とベーン列との間の流体力学的相互作用によってノイズが生み出されるので、重大なノイズ源となり得る。これらの相互作用は、低圧タービンロータ、低圧圧縮機ロータ、およびそれらの高調波の各々のブレード流路周波数で音を生み出す。

【0006】

ノイズは多くの場合、人間に対して非常に敏感である周波数範囲であり得る。この問題を軽減するために、従来、ベーン対ブレードの比は、ある特定の数値を超えるように制御されている。一例として、ベーン対ブレードの比は、ブレード流路基本音が遠くの場合まで伝搬することを防止するために、1.5以上となるように選択されてもよい。これは、「遮断(cut-off)」として知られている。

【0007】

しかしながら、音響的に遮断される設計は、重量の増加および空気力学的効率の低下を犠牲にして成り立ち得る。換言すれば、設計者は、特定のベーン対ブレードの比に制限されることによって、意図されるエンジンの他の特性に基づいてこのような比率を選択することが制限されてしまう。

【0008】

歴史的に、低圧タービンは、低圧圧縮機セクションおよびファンセクションの両方を駆動している。より最近では、ファンおよび低圧圧縮機が異なる速度で駆動され得るようにギア減速部が提供されている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

特徴的な実施形態では、ガスタービンエンジンは、ファンと、第1のタービンロータを有するタービンセクションと、を備える。第1のタービンロータは、圧縮機ロータを駆動する。ギア減速部は、ファン駆動タービンロータからの入力速度に対してファンの速度の低下をもたらす。圧縮機ロータは、圧縮機ロータの複数の列のうち少なくとも1つにおいていくつかの圧縮機ブレードを有する。これらのブレードは、ある回転速度で少なくとも一部の時間動作する。少なくとも1つの列における圧縮機ブレードの数および回転速度は、以下の式、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

が、圧縮機ロータの少なくとも1つの列に当てはまり、かつ、

回転速度が毎分回転数であるようなものである。

【0010】

先の実施形態による別の実施形態では、式は、約6000 Hz以上の数値をもたらす。

【0011】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ガスタービンエンジンは、約15,000ポンド以上の推力を生み出すと定格される。

【0012】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、式は、圧縮機ロータのブレード列の大部分に当てはまる。

【0013】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ガスタービンエンジンは、約15,000ポンド以上の推力を生み出すと定格される。

【0014】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ギア減速部は、約2.3を超えるギア比を有する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ギア減速部は、約 2 . 5 を超えるギア比を有する。

## 【 0 0 1 6 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ファンは、空気をバイパスダクトの中に、かつ空気の一部を圧縮機ロータの中に供給する。バイパス比は、圧縮機ロータの中に供給される空気の体積と比較したバイパスダクトの中に供給される空気の体積として定義される。バイパス比は、約 6 を超える。

## 【 0 0 1 7 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、バイパス比は、約 1 0 を超える。

10

## 【 0 0 1 8 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、式は、約 6 0 0 0 H z 以上の数値をもたらす。

## 【 0 0 1 9 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、回転速度は、接近速度である。

## 【 0 0 2 0 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、タービンセクションは、より高圧のタービンロータおよび第 1 のタービンロータを備える。ファン駆動タービンロータは、第 1 のタービンロータである。

## 【 0 0 2 1 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、圧縮機ロータは、より低圧の圧縮機ロータである。より高圧のタービンロータは、より高圧の圧縮機ロータを駆動する。

20

## 【 0 0 2 2 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ギア減速部は、第 1 のタービンロータと圧縮機ロータの間にある。

## 【 0 0 2 3 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ギア減速部は、圧縮機ロータとファンの間にある。

## 【 0 0 2 4 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、タービンセクションは、3 つのタービンロータを備える。第 1 のタービンロータおよびファン駆動タービンロータは、異なるロータである。

30

## 【 0 0 2 5 】

別の特徴的な実施形態では、ガスタービンエンジンを設計する方法は、圧縮機ロータを駆動する第 1 のタービンロータと、ギア減速部を通じてファンを駆動するファン駆動タービンロータとを設けるステップと、圧縮機ロータの回転速度と組み合わせて、圧縮機ロータの少なくとも 1 つの列におけるブレードの数を、以下の式、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ H z}$$

が、圧縮機ロータの少なくとも 1 つの列に当てはまり、かつ、

回転速度が毎分回転数であるように選択するステップと、を含む。

40

## 【 0 0 2 6 】

先の実施形態による別の実施形態では、式は、約 6 0 0 0 H z 以上の数値をもたらす。

## 【 0 0 2 7 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ガスタービンエンジンは、約 1 5 , 0 0 0 ポンド以上の推力を生み出すと定格される。

## 【 0 0 2 8 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、回転速度は、接近速度である。

## 【 0 0 2 9 】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、タービンセクションは、より高圧のタービンロータおよび第 1 のタービンロータを備える。ファン駆動タービンロータは、第

50

1のタービンロータである。

【0030】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、圧縮機ロータは、より低圧の圧縮機ロータである。より高圧のタービンロータは、より高圧の圧縮機ロータを駆動する。

【0031】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ギア減速部は、第1のタービンロータと圧縮機ロータの中間にある。

【0032】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、ギア減速部は、圧縮機ロータとファンの中間にある。

【0033】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、タービンセクションは、3つのタービンロータを備える。第1のタービンロータおよびファン駆動タービンロータは、異なるロータである。

【0034】

別の特徴的な実施形態では、圧縮機モジュールは、いくつかのブレードを備える少なくとも第1のブレード列を有する圧縮機ロータを備える。第1のブレード列は、ある回転速度で回転することができ、毎分回転数で回転速度を測定するとき、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

であるようなものである。

【0035】

先の実施形態による別の実施形態では、回転速度は、接近速度である。

【0036】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、式は、約6000 Hz以上の数値をもたらす。

【0037】

先の実施形態のいずれかによる別の実施形態では、式は、約6000 Hz以上の数値をもたらす。

【0038】

別の特徴的な実施形態では、ガスタービンエンジンを設計する方法は、ファンと、第1のタービンロータを有するタービンセクションと、を設けることを含む。第1のタービンロータは、圧縮機ロータを駆動する。ギア減速部は、ファン駆動タービンロータからの入力速度に対してファンの速度の低下をもたらす。圧縮機ロータは、圧縮機ロータの複数の列のうち少なくとも1つにおいていくつかの圧縮機ブレードを有する。これらのブレードは、ある回転速度で少なくとも一部の時間動作する。少なくとも1つの列における圧縮機ブレードの数および回転速度は、以下の式、

$$(\text{ブレードの数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) \quad 5500 \text{ Hz}$$

が、圧縮機ロータの少なくとも1つの列に当てはまり、かつ、

回転速度が毎分回転数であるようなものである。

【0039】

本出願のこれらおよび他の特徴は、以下の明細書および図面から最良に理解され、以下は簡単な説明である。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】ガスタービンエンジンを示す図。

【図2】第2の実施形態を示す図。

【図3】さらに別の実施形態を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0041】

図1は、ガスタービンエンジン20を概略的に図解する。ガスタービンエンジン20は

10

20

30

40

50

、ファンセクション 22、圧縮機セクション 24、燃焼器セクション 26、およびタービンセクション 28を概して組み込む 2スプールのターボファンとして本明細書に開示される。代替エンジンとしては、他のシステムまたは特徴の中でオーグメンタセクション（図示せず）を含み得る。ファンセクション 22は、ナセル 15内に画定されたバイパスダクト内のバイパス流路 Bに沿って空気を駆動するが、圧縮機セクション 24は、圧縮、および燃焼器セクション 26への伝達、次いでタービンセクション 28による膨張のために、コア流路 Cに沿って空気を駆動する。開示される非限定の実施形態において 2スプールのターボファンガスタービンエンジンとして示されるが、本明細書に記載される概念は、この教示が 3スプールのアーキテクチャを含む他のタイプのタービンエンジンに適用されるように、2スプールのターボファンとともに使用することに限定されないことが理解されるべきである。

10

**【0042】**

例示的なエンジン 20は、概して、いくつかの軸受システム 38を介してエンジン静的構造 36に対してエンジン中心長手方向軸 Aを中心とする回転のために取り付けられた低速スプール 30および高速スプール 32を含む。様々な位置における様々な軸受システム 38が代替的または追加として提供されてもよく、軸受システム 38の位置は、本出願に応じて変更されてもよいことが理解されるべきである。

**【0043】**

低速スプール 30は、概して、ファン 42、第 1の（または低い）圧力圧縮機 44、および第 1の（または低い）圧力タービン 46を相互接続する内側シャフト 40を含む。内側シャフト 40は、変速機構を通じてファン 42に接続され、これは、例示的なガスタービンエンジン 20では、低速スプール 30より低速でファン 42を駆動するギア付きアーキテクチャ 48として図解される。高速スプール 32は、第 2の（または高い）圧力圧縮機 52および第 2の（または高い）圧力タービン 54を相互接続する外側シャフト 50を含む。燃焼器 56は、高圧圧縮機 52と高圧タービン 54の間で例示的なガスタービン 20内に配置される。エンジン静的構造 36の中間タービンプレーム 57は、概して、高圧タービン 54と低圧タービン 46の間に配置される。中間タービンプレーム 57は、タービンセクション 28内の軸受システム 38をさらに支持する。内側シャフト 40および外側シャフト 50は、同心であり、それらの長手方向軸と同一直線上であるエンジン中心長手方向軸 Aを中心として軸受システム 38を介して回転する。

20

30

**【0044】**

コア気流は、低圧圧縮機 44、次いで高圧圧縮機 52によって圧縮され、燃焼器 56内の燃料と混合および燃焼され、その後、高圧タービン 54および低圧タービン 46にわたって膨張される。中間タービンプレーム 57は、コア空気流路 C内にあるエーロフォイル 59を含む。タービン 46、54は、膨張に応じてそれぞれの低速スプール 30および高速スプール 32を回転駆動する。ファンセクション 22、圧縮機セクション 24、燃焼器セクション 26、タービンセクション 28、およびファン駆動ギアシステム 48の位置の各々が変更され得ることが理解されよう。例えば、ギアシステム 48は、燃焼器セクション 26の後部、またはさらにタービンセクション 28の後部に位置してもよく、ファンセクション 22は、ギアシステム 48の位置の前方または後部に位置決めされてもよい。

40

**【0045】**

一例では、エンジン 20は、高バイパスギア付き航空機エンジンである。さらなる例では、エンジン 20のバイパス比は、約 6（6）を超え、例示的な一実施形態では、約 10（10）を超え、ギア付きアーキテクチャ 48は、約 2.3を超えるギア減速比を有する遊星ギアシステムまたは他のギアシステム等の周転型ギアトレインであり、低圧タービン 46は、約 5を超える圧力比を有する。開示される一実施形態では、エンジン 20のバイパス比は、約 10（10：1）を超え、ファン直径は、低圧圧縮機 44の直径より著しく大きく、低圧タービン 46は、約 5.5：1を超える圧力比を有する。低圧タービン 46の圧力比は、排気ノズルの前の低圧タービン 46の出口における圧力と関連するように、低圧タービン 46の入口の前で測定される圧力である。ギア付きアーキテクチャ 48は、

50

約 2.3 : 1 を超えるギア減速比を有する遊星ギアシステムまたは他のギアシステム等の周転型ギアトレインであってもよい。しかしながら、上記パラメータは、単にギア付きアーキテクチャエンジンの一実施形態の例示であり、本発明は、直接駆動ターボファンを含む他のガスタービンエンジンに適用可能であることが理解されるべきである。

【0046】

高バイパス比によるバイパス流 B によってかなりの量の推力が提供される。エンジン 20 のファンセクション 22 は、特定の飛行条件、典型的には約 0.8 マッハおよび約 35,000 フィートにおける巡航のために設計される。最良の燃料消費におけるエンジンを有する 0.8 マッハおよび 35,000 フィートの飛行条件、別称「バケット巡航 (bucket cruise) の推力燃料消費率 (Thrust Specific Fuel Consumption) (「TSFC」)」は、エンジンがその最小点で生み出す lbf の推力で割った燃焼される lbm の燃料の業界標準パラメータである。「低ファン圧力比」は、ファン出口ガイドベーン (Fan Exit Guide Vane) (「FEGV」) システムなしで、単独でファンブレードにわたる圧力比である。非限定の一実施形態による本明細書に開示されるような低ファン圧力比は、約 1.45 未満である。「低補正ファン先端速度」は、 $[(T_{ram} - R) / (518.7 - R)]^{0.5}$  の業界標準温度補正で割ったフィート / 秒単位における実際のファン先端速度である。非限定の一実施形態による本明細書に開示されるような「低補正ファン先端速度」は、約 1150 フィート / 秒未満である。

10

【0047】

20

低速スプールとファンの間のギア減速部の使用は、低圧圧縮機への速度増加を可能にする。従来、低圧タービンおよび圧縮機の速度は、ファン速度が過度に大きくなり得ないという点で多少制限されている。最大ファン速度は、その外側先端であり、より大きいエンジンでは、ファン直径は、それがより小さい動力エンジンであり得るよりはるかに大きい。しかしながら、ギア減速部の使用は、過度に高いファン速度を有しない要求によって引き起こされる低圧タービンおよび圧縮機速度への制限から設計者を解放している。

【0048】

回転ブレードの数と低圧タービンの回転速度との間の慎重な設計は、人間の聴覚に対して低い感度であるノイズ周波数をもたらすために選択され得ることが発見されている。低圧圧縮機 44 でも同様である。

30

【0049】

次のような式、

$$(\text{ブレード総数} \times \text{回転速度}) / (60 \text{ 秒} / 1 \text{ 分}) = 5500 \text{ Hz}$$

が展開されている。

【0050】

すなわち、低圧タービン 46 の回転速度 (毎分回転数) を乗じて、(60 秒 / 1 分) で割った任意の低圧タービン段における回転ブレードの数は、5500 Hz 以上であるべきである。低圧圧縮機段にも同様に当てはまる。より狭義に、この量は、6000 Hz を超えるべきである。当業者であれば、(60 秒 / 1 分) 因数が毎分回転数をヘルツまたは毎秒回転数に変更し得ることを認識するであろう。

40

【0051】

この式に利用されるような低圧タービン 46 および低圧圧縮機 44 の動作速度は、第 36 部または米国連邦耐空規則に規定される各ノイズ認証点におけるエンジン動作条件に対応するべきである。より具体的には、回転速度は、米国連邦耐空規則の第 36 部に規定されるような接近認証点と見なされてもよい。本出願およびその特許請求の範囲のために、「接近速度」という用語は、この認証点と同一視する。

【0052】

低圧タービン 46 における列のすべてが上記の式を満たすことが想定される。しかしながら、本出願はまた、低圧タービンにおけるブレード列の大部分が上記の式を満たすが、恐らく一部は満たさない場合がある低圧タービンにまで及び得る。低圧圧縮機 44 におけ

50

る列のすべてが上記の式を満たす低圧圧縮機でも同様である。しかしながら、本出願は、低圧圧縮機におけるブレード列の大部分のみが上記の式を満たすが、一部は恐らく満たさない場合がある低圧圧縮機にも及び得る。

【0053】

これは、人間の聴覚に対して低い感度である動作ノイズをもたらす。

【0054】

実施形態では、それは、式が5500Hz以上の範囲をもたらす可能性があり、より高く移行することであり得る。したがって、ブレードの数を慎重に設計し、かつ低圧タービン46の動作速度を制御することによって（当業者であれば、この速度を制御する方法を認識するであろう）、低圧タービンによって生み出されるノイズ周波数が人間にとって低い関心事項になると断言することができる。

10

【0055】

ブレードの数を設計すること、および低圧圧縮機44の速度を制御することにも同様に当てはまる。さらに、当業者であれば、速度を制御する方法を認識するであろう。

【0056】

実施形態では、それは、上記の式を満たすように設計される低圧タービンロータ46または低圧圧縮機ロータ44のみであり得る。一方、低圧タービン46および低圧圧縮機44の両方が上記の式を満たすことを確実にすることも可能である。

【0057】

本発明は、15,000ポンド以上の推力を生み出すと定格されるジェットエンジンに最も適用可能である。この推力範囲では、先行技術のジェットエンジンは通常は約4000ヘルツの周波数範囲を有している。したがって、上述されるようなノイズの問題が存在している。

20

【0058】

より低い推力エンジン（<15,000ポンド）は、ときには4000Hzの数値を超えて通過し、さらには6000Hzに接近することもある条件下で動作し得るが、これは、ギア付きアーキテクチャとの組み合わせでも、より大きいファン、したがって低圧タービンまたは低圧圧縮機の速度へのより大きい制限を有するより高い出力のエンジンでもない。

【0059】

図2は、順にファンロータ202を駆動するためにシャフト206を駆動するファン駆動タービン208がある実施形態200を示す。ギア減速部204は、ファン駆動タービン208とファンロータ202の間に位置決めされてもよい。このギア減速部204は、構造化され、取り付けられ、上記に開示されるギア減速部のように動作してもよい。圧縮機ロータ210は、中間圧力タービン212によって駆動され、第2の段の圧縮機ロータ214は、タービンロータ216によって駆動される。燃焼セクション218は、圧縮機ロータ214とタービンセクション216の間に位置決めされる。

30

【0060】

図3は、ファンロータ302および第1の段の圧縮機304が共通速度で回転するさらに別の実施形態300を示す。ギア減速部306（構造化され、取り付けられ、上記に開示されるように動作し得る）は、圧縮機ロータ304とシャフト308の間にあり、低圧タービンセクションによって駆動される。

40

【0061】

本発明の一実施形態が開示されたが、当業者であれば、ある特定の修正が本発明の範囲内になることを認識するであろう。したがって、本発明の真の範囲および内容を決定するためには、以下の特許請求の範囲が検討されるべきである。

【符号の説明】

【0062】

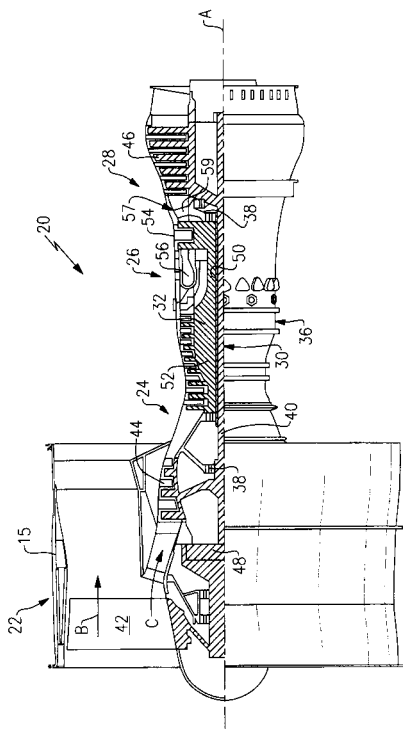
20...ガスタービンエンジン

22...ファンセクション

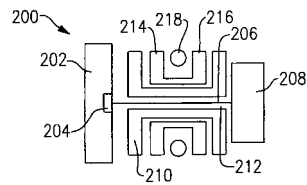
50

- 24 ... 圧縮機セクション
- 26 ... 燃焼器セクション
- 28 ... タービンセクション
- 30 ... 低速スプール
- 32 ... 高速スプール
- 42 ... ファン
- 44 ... 低圧圧縮機
- 46 ... 低圧タービン
- 48 ... ギヤシステム
- 52 ... 高圧圧縮機
- 54 ... 高圧タービン
- 56 ... 燃焼器

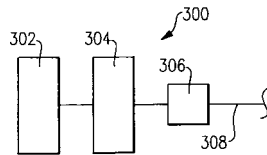
【図1】



【図2】



【図3】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
F 0 2 C 7/36 (2006.01) F 0 2 C 7/36

(72)発明者 ブルース エル・モーリン  
アメリカ合衆国, マサチューセッツ, スプリングフィールド, ピエッタ ストリート 20  
Fターム(参考) 3H021 BA16 CA04 DA08