

(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2004-100697

(P2004-100697A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int. Cl.⁷

F02B 39/16

F02D 45/00

F I

F02B 39/16

F02D 45/00

F02D 45/00

F02D 45/00

F02D 45/00

F02D 45/00

F

345Z

358K

364E

364F

テーマコード(参考)

3G005

3G084

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-306800 (P2003-306800)
 (22) 出願日 平成15年8月29日 (2003.8.29)
 (31) 優先権主張番号 10241892.6
 (32) 優先日 平成14年9月10日 (2002.9.10)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 591245473
 ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミ
 ト・ベシレンクテル・ハフツング
 ROBERT BOSCH GMBH
 ドイツ連邦共和国デー70442 シュ
 トゥットガルト, ヴェルナー・シュトラ
 ー 1
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠式
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

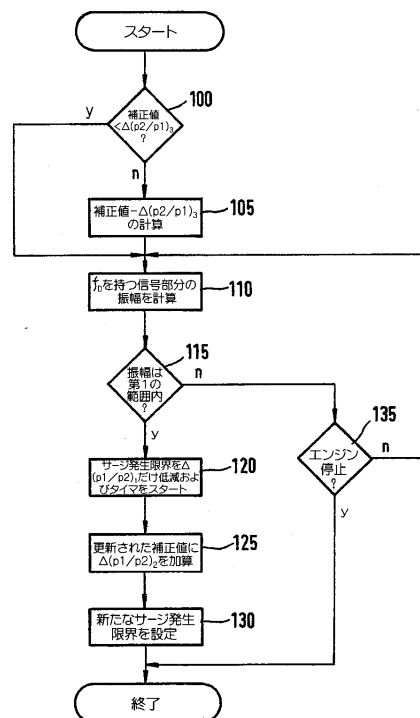
(54) 【発明の名称】 圧縮機を備えた内燃機関の運転方法

(57) 【要約】

【課題】 圧縮機サージングの発生を阻止するために、
 内燃機関の運転中にサージ発生限界を更新する、圧縮機
 、特にターボチャージャを備えた内燃機関の運転方法を
 提供する。

【解決手段】 圧縮機(5)のサージングを阻止するた
 めに、圧縮機(5)前後の圧力比が、圧縮機(5)内の
 質量流量の関数としてサージ発生限界により制限される
 、圧縮機(5)を備えた内燃機関(1)の運転方法にお
 いて、内燃機関(1)の少なくとも1つの運転状態にお
 いて、圧縮機(5)のサージングが発生しているかどう
 かが検査され、この検査結果の関数として前記サージ発
 生限界が補正される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮機(5)のサージンを阻止するために、圧縮機(5)前後の圧力比が、圧縮機(5)内の質量流量の関数としてサージ発生限界により制限される、圧縮機(5)を備えた内燃機関(1)の運転方法において、

内燃機関(1)の少なくとも1つの運転状態において、圧縮機(5)のサージ発生しているかどうかを検査されること、および

前記サージ発生限界が検査結果の関数として補正されること、を特徴とする内燃機関の運転方法。

【請求項 2】

前記サージンの発生が、内燃機関(1)に供給される、所定の周波数で振動するフレッシュ・エア質量の振幅の関数として検出されることを特徴とする請求項1に記載の運転方法。

【請求項 3】

振動するフレッシュ・エア質量の前記振幅が、測定されたフレッシュ・エア質量の走査信号列の離散フーリエ変換により決定されることを特徴とする請求項2に記載の運転方法。

【請求項 4】

前記振幅の第1の範囲において前記サージンの第1の状態が検出され、且つ前記振幅の第2の範囲において前記サージンの第2の状態が検出され、前記第2の範囲の振幅が前記第1の範囲の振幅より大きいことを特徴とする請求項2または3に記載の運転方法。

【請求項 5】

前記第1の範囲の振幅が検出されたとき、前記サージ発生限界が、所定の時間の間に第1の所定の値だけ低下されることを特徴とする請求項4に記載の運転方法。

【請求項 6】

前記サージ発生限界の補正において、それまでのサージ発生限界が第2の所定の値だけ低下されることにより、新たなサージ発生限界が形成されることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の運転方法。

【請求項 7】

新たな走行サイクルにおいて、圧縮機(5)のサージン検査とは独立に前記サージ発生限界が補正され、それまでのサージ発生限界が第3の所定の値だけ上昇されることにより、新たなサージ発生限界が形成されることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の運転方法。

【請求項 8】

前記第2の所定の値が前記第3の所定の値より大きく選択されることを特徴とする請求項7に記載の運転方法。

【請求項 9】

形成された新たなサージ発生限界が前記サージ発生限界の所定の線図を超えていないときにのみ、前記サージ発生限界の補正が行われることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の運転方法。

【請求項 10】

前記サージ発生限界の補正が、圧縮機(5)内の質量流量の関数としてセクションごとに行われることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧縮機、特にターボチャージャを備えた内燃機関の運転方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

圧縮機のサージンを阻止するために、圧縮機前後の圧力比が、圧縮機内の質量流量の関数としてサージ発生限界により制限される、圧縮機、特にターボチャージャを備えた内燃機関の運転方法が既知である。圧力比がサージ発生限界を超えた場合、その結果として、内燃機関に供給されるフレッシュ・エア質量の激しい振動が発生することになる。これは脈流騒音により感知され、この脈流騒音は、いわゆるチャージャ・サージないし圧縮機サージが原因である。サージ発生限界は、圧縮機特性曲線群がそれ以降もはや定義されていない圧縮機特性曲線群の限界を示す。この場合、圧縮機特性曲線群は、圧縮機前後の許容圧力比を、圧縮機内の質量流量の関数として決定する。図3に、例として、圧力比が補正圧縮機質量流量 [l b s / 分] に対して目盛りされている圧縮機特性曲線群が示されている。この場合、図3の圧縮機特性曲線群には、例として、内燃機関の一定エンジン回転速度 $n_{m o t}$ を有する等値線、並びにターボチャージャの圧縮機の一定回転速度 n_v を有する等値線が示されている。ここでは、エンジン回転速度 $n_{m o t}$ に関しては、1000、1500および2000 rpm に対する等値線が、また圧縮機回転速度 n_v に対しては、85000、105000、115000、125000、145000および165000 rpm を有する等値線が記入されている。図3の圧縮機特性曲線群内にサージ発生限界が鎖線で記入されている。サージ発生限界は、エンジン回転速度 $n_{m o t} = 1000$ rpm に対する等値線と交差している。例えば圧縮機回転速度が $n_v = 145000$ rpm の値を有し、且つエンジン回転速度が $n_{m o t} = 1500$ rpm の値を有しているとき、圧力比はサージ発生限界以下に存在し、即ち許容範囲内にある。したがって、圧縮機サージンは発生しない。ここで内燃機関が車両を駆動し且つドライバがギアを1段高く投入して、エンジン回転速度 $n_{m o t}$ が1000 rpm に低下したとき、これは、圧縮機回転速度が $n_v = 145000$ rpm で一定の場合、圧力比はサージ発生限界を超えて $n_{m o t} = 1000$ rpm に対する等値線に変化することを意味する。これにより、圧縮機前後の圧力比はもはや許容範囲内にないので、圧縮機サージが発生するであろう。したがって、この場合には、圧力比が再び許容範囲内に入るまで、即ちサージ発生限界以下になるまで、圧力比は等値線 $n_{m o t} = 1000$ rpm 上で低下されなければならない。このためには、それに対応して、圧縮機回転速度 n_v を、約115000 rpm またはそれ以下の値まで低下させればよい。

10

20

【0003】

圧力比は、流れ方向において圧縮機後方の圧力の、流れ方向において圧縮機手前の圧力に対する比として定義されている。横座標に目盛りされている圧縮機質量流量は、流れ方向において圧縮機手前の圧縮機質量流量の圧力および温度の関数として補正されている。流れ方向において圧縮機後方の圧力はチャージ圧力とも呼ばれ、且つ流れ方向において圧縮機手前の圧力は吸気圧力とも呼ばれる。圧縮機サージンを発生させる2つの可能性が存在する。チャージ圧力は同じままであっても、例えば高い標高において周囲圧力がより低くなった場合、吸気圧力がほぼ周囲圧力に対応すると仮定したとき、明らかに上昇された圧縮機圧力比が得られる。このようにして、圧縮機前後の圧力比がサージ発生限界を超えて上昇することがあるので、圧縮機サージが発生される。この圧縮機サージンは静的圧縮機サージとも呼ばれる。静的圧縮機サージンは、内燃機関のあらゆる運転範囲にわたり、低い周囲圧力においても圧力比がサージ発生限界から安全余裕を有するように、チャージ圧力に対する目標値を選択することによって阻止することができる。この場合、安全余裕の大きさの決定に対して、サンプルのばらつきおよび経時変化が考慮されなければならない。このようにして、圧縮機の作業範囲は、圧縮機特性曲線群内に制限される。

30

40

【0004】

エンジン回転速度 $n_{m o t}$ が急激に低下した場合、より低いエンジン回転速度 $n_{m o t}$ とより高い圧縮機回転速度 n_v との組み合わせが発生し、この組み合わせが同様にサージ発生限界を超えた圧力比を発生させ、したがって圧縮機サージンを発生させることがあり、これは動的圧縮機サージとも呼ばれる。

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の課題は、圧縮機サージングの発生を阻止するために、内燃機関の運転中にサージ発生限界を更新する、圧縮機、特にターボチャージャを備えた内燃機関の運転方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、圧縮機のサージングを阻止するために、圧縮機前後の圧力比が、圧縮機内の質量流量の関数としてサージ発生限界により制限される、圧縮機、特にターボチャージャを備えた内燃機関の運転方法において、内燃機関の少なくとも1つの運転状態で、圧縮機のサージングが発生しているかどうかを検査され、この検査結果の関数としてサージ発生限界が補正される。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明による圧縮機を備えた内燃機関の運転方法は、従来技術に比較して、内燃機関の少なくとも1つの運転状態において、圧縮機のサージングが発生しているかどうかを検査され、検査結果の関数としてサージ発生限界が補正されるという利点を有していることから、内燃機関の運転中にサージ発生限界を更新することができる。このとき、サンプルのばらつきおよび圧縮機の経時変化影響を考慮した、チャージ圧力目標値を制限するための安全余裕はもはや必要ではない。したがって、内燃機関の運転中にサージ発生限界を常に更新すること、またはサージ発生限界を求めることにより、圧縮機を、圧縮機特性曲線群の全許容範囲内で使用することができる。これにより、サージ発生限界の更新によりサンプルのばらつきおよび圧縮機の経時変化影響が考慮されるので、チャージ圧力目標値は、安全余裕なしにサージ発生限界にできるだけ接近された圧縮機前後の圧力比が可能となるように選択することができる。したがって、サージ発生限界を超えることなく、また圧縮機サージングに基づく妨害騒音または材料にかかる高い応力が発生することなく、圧縮機特性曲線群のかなり広い範囲内で圧縮機を使用することができる。

20

【0008】

本発明による圧縮機を備えた内燃機関の運転方法は、さらに有利な拡張および改善が可能である。

30

サージングの発生が、内燃機関に供給される、所定の周波数で振動するフレッシュ・エア質量の振幅の関数として検出されるとき、それは特に有利である。このようにして、圧縮機サージングの発生を検出する特に確実な方法が得られる。

【0009】

他の利点は、振動するフレッシュ・エア質量の振幅が、測定されたフレッシュ・エア質量の走査信号列の離散フーリエ変換により決定されることにある。これは、簡単且つ迅速な振幅の決定方法を示す。

【0010】

他の利点は、振幅の第1の範囲においてサージングの第1の状態が検出され、且つ振幅の第2の範囲においてサージングの第2の状態が検出され、この場合、第2の範囲の振幅が第1の範囲内の振幅より大きいことにある。このようにして、異なる強さを有する2つの圧縮機サージング状態を区別することができる。ここで、振幅範囲が適切に選択された場合、第1のサージング状態は圧縮機サージングが全く聞こえないかまたはほとんど聞こえないことにより区別することができる。これに対して、第2のサージング状態においては、圧縮機サージングがより大きく聞こえている。圧縮機サージングが既に第1のサージング状態で検出された場合、第2のサージング状態に到達する前に防止措置をとることができる。このようにして、圧縮機サージングによる障害が顕著に現われる前に、圧縮機サージングの検出および対応する防止措置の導入が可能となる。

40

【0011】

他の利点は、第1の範囲の振幅が検出されたとき、サージ発生限界が、所定の時間の間

50

、第1の所定の値だけ低下されることにある。このようにして、第2の圧縮機サージング状態への到達を効果的に阻止することができる。

【0012】

他の利点は、サージ発生限界の補正において、それまでのサージ発生限界が第2の所定の値だけ低下されることにより、新たなサージ発生限界が形成されることにある。このようにして、サージ発生限界を特に容易に更新し且つ圧縮機サージングが予期されない範囲内に設定することができる。

【0013】

他の利点は、新たな走行サイクルにおいて、圧縮機のサージング検査とは独立にサージ発生限界が補正され、この場合、それまでのサージ発生限界が第3の所定の値だけ上昇されることにより、新たなサージ発生限界が形成されることにある。このようにして、制限をできるだけ小さく保持するために、圧縮機特性曲線群内において圧縮機の作業範囲がさらに拡張されることもまた達成される。

【0014】

ここで、第2の所定の値が第3の所定の値より大きく選択されたとき、それは有利である。このようにして、圧縮機サージングが検出されたとき、十分な安全余裕を形成するために、圧縮機特性曲線群内において圧縮機の作業範囲の比較的大きな制限を形成することができ、このとき、この安全余裕は、実際のサージ発生限界を検出し且つ求めるために、第3の所定の値により連続的に低減させることができる。

【0015】

他の利点は、形成された新たなサージ発生限界が所定のサージ発生限界線図を超えていないときにのみ、サージ発生限界の補正が行われることにある。このようにして、サージ発生限界を任意には上昇させることができないこと、特に、圧縮機メーカーにより設定された、最初のサージ発生限界の線図形状以上には上昇させることができないことが保証される。したがって、不必要に圧縮機サージングを発生せず且つ不必要に新たな学習過程が行われないことが保証される。

【0016】

他の利点は、サージ発生限界の補正が、圧縮機内の質量流量の関数としてセクションごとに行われることにある。このようにして、サージ発生限界をより正確に更新することができ、この場合、セクションの大きさを小さくすればするほど精度は上昇する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図1において、例えば自動車の内燃機関1が示されている。この場合、フレッシュ・エアが、空気系20を介して吸い込まれ且つ少なくとも1つのシリンダを含むエンジン15に供給される。ここで、フレッシュ・エアの流れ方向が矢印により示されている。エンジン15内の燃焼により発生した排気ガスは排気系25に供給される。空気系20内に圧縮機5が配置され、圧縮機5は、例えば排気ガス・ターボチャージャの圧縮機、または電動圧縮機、またはエンジン15のクランク軸により駆動される圧縮機であってもよい。図1において、流れ方向での圧縮機5手前の空気系20内の圧力が p_1 で示されている。また図1において、流れ方向での圧縮機5後方の空気系20内の圧力が p_2 で示されている。したがって、圧縮機5前後の圧力比は p_2 / p_1 である。即ち、 p_2 はチャージ圧力であり、 p_1 は吸気圧力である。流れ方向において圧縮機5後方の空気系20内に、空気質量流量測定装置10が配置され、空気質量流量測定装置10は、例えばホット・フィルム空気質量流量計として形成されていてもよい。ホット・フィルム空気質量流量計は、空気系20内のフレッシュ・エア質量ないしフレッシュ・エア質量流量を測定し、したがって圧縮機5内の質量流量を測定する。

【0018】

さらに、流れ方向において圧縮機5手前の空気系20内に第1の圧力センサ35が設けられ、第1の圧力センサ35は吸気圧力 p_1 を測定する。さらにこの例においては、流れ方向において圧縮機5後方の空気系20内に第2の圧力センサ40が設けられ、第2の圧

10

20

30

40

50

力センサ 40 はチャージ圧力 p_2 を測定する。さらにエンジン制御装置 30 が設けられ、エンジン制御装置 30 は、空気質量流量測定装置（ホット・フィルム空気質量流量計）10、第 1 の圧力センサ 35 および第 2 の圧力センサ 40 と結合され、したがって、測定フレッシュ・エア質量、測定吸気圧力 p_1 および測定チャージ圧力 p_2 を受け取る。さらに、希望の圧縮機回転速度 n_v を設定するために、エンジン制御装置 30 は圧縮機を操作する。この場合、この操作は当業者に既知のように行われる。

【0019】

図 1 においては、本発明を理解するために必要な内燃機関 1 の構成要素のみが示されている。

圧縮機サージングが発生したとき、空気系 20 内のフレッシュ・エア質量は、空気系 20 に対する特性周波数 f_D で振動する。この場合、特性周波数 f_D は、圧縮機サージングが意図的に発生される内燃機関 1 のテスト運転において決定することができる。このとき、特性周波数 f_D は、設定周波数としてエンジン制御装置 30 またはエンジン制御装置 30 に付属のメモリに記憶される。

【0020】

静的圧縮機サージングにおいては 2 つの状態が存在する。第 1 の圧縮機サージング状態はフレッシュ・エア質量がより小さい振幅で振動することを特徴とするので、圧縮機サージングは全く聞こえないかまたは僅かに聞こえるにすぎない。第 2 の圧縮機サージング状態においては、空気質量流量はより大きい振幅で振動するので、圧縮機サージングはより強く聞こえる。即ち、両方の状態は、振動するフレッシュ・エア質量の振幅の大きさに区別される。第 1 の圧縮機サージング状態を介して、圧縮機 5 のサージ発生限界が求められ、ないし更新されるべきである。

【0021】

離散フーリエ変換 (DFT) により、特性周波数 f_D で振動するフレッシュ・エア質量の振幅が決定され且つこの結果として両方の状態が区別される。

信号列 $u(n)$ は、ホット・フィルム空気質量流量計 10 により測定されたフレッシュ・エア質量を示す。この場合、信号列 $u(n)$ は、エンジン制御装置 30 において走査周波数 f_s で走査される。ここで、走査周波数 f_s は、フレッシュ・エア質量の測定周波数とも呼ばれる。この場合、特性周波数 f_D を有する信号部分の振幅が求められる。ここで、 f_D は、上記のように、サージ発生限界を超えたときにフレッシュ・エア質量が振動する特性周波数である。

【0022】

この場合、次式のように、特性周波数 f_D における信号列 $u(n)$ の振幅の二乗が得られる。

$$\text{Amplitude}^2 = a^2 + b^2 \quad (1)$$

ここで、 a および b はそれぞれ、以下で与えられる。

【0023】

【数 1】

$$a = \frac{2}{k} * \sum_{i=1}^k u(i) * \cos(2\pi * \frac{i}{k}) \quad (2)$$

および

【0024】

【数 2】

$$b = \frac{2}{k} * \sum_{i=1}^k u(i) * \sin(2\pi * \frac{i}{k}) \quad (3)$$

ここで、 k は、以下で与えられる

$$k = f_s / f_D \quad (4)$$

第1の圧縮機サージング状態は、特性周波数 f_D を有する信号部分の振幅が最小値 $Amplitude_{min}$ より大きく且つ最大値 $Amplitude_{max}$ より小さいときに達成され、即ち、次の不等式が成立する。

【0025】

【数3】

$$Amplitude_{min} < \sqrt{Amplitude^2} < Amplitude_{max} \quad (5)$$

第2の圧縮機サージング状態は、特性周波数 f_D を有する信号部分の振幅が最大値 $Amplitude_{max}$ より大きいときに達成されるので、次式が成立する。

【0026】

【数4】

$$\sqrt{Amplitude^2} > Amplitude_{max} \quad (6)$$

ここで、不等式(5)により第1の振幅範囲が定義され、不等式(6)により第2の振幅範囲が定義され、この場合、第1の振幅範囲は第1の圧縮機サージング状態に割り当てられ、第2の振幅範囲は第2の圧縮機サージング状態に割り当てられている。この場合、最大値 $Amplitude_{max}$ は、第1の範囲内の振幅は全く聞こえないかまたは僅かに聞こえるように選択され、一方、第2の範囲内の振幅はより強く聞こえるように選択されている。

【0027】

圧縮機5に固有のサージ発生限界はメーカーにより設定され、且つエンジン制御装置30内ないしエンジン制御装置30に付属のメモリ内に、圧力比 p_2 / p_1 の、圧縮機5内の質量流量でもあるフレッシュ・エア質量流量に対する所定の線図として記憶される。圧縮機5内のこの質量流量は、流れ方向において圧縮機5手前の吸気圧力 p_1 および温度により当業者に既知のように補正されてもよい。この所定の圧力比線図ないしサージ発生限界線図から、圧縮機5内の質量流量を介して、チャージ圧力 p_2 に対する最大許容静的目標値が決定される。この場合、内燃機関1の運転において、例えば標高の関数として発生することがある最小可能吸気圧力 p_1 が出発点となり、この場合、吸気圧力 p_1 は、ほぼ周囲圧力に対応していてもよい。この場合、サージ発生限界を求めることがセクションごとに行われてもよい。このために、サージ発生限界は、フレッシュ・エア質量流量に関して、個々に求めることが可能な複数のセクションに分割される。所定のサージ発生限界線図が図3の圧縮機特性曲線群内に上記のように鎖線で記入されている。上記のDFTアルゴリズムを介して、第1の範囲内の特性周波数 f_D を有する信号部分の振幅、したがって第1の圧縮機サージング状態が検出された場合、学習アルゴリズムが適用される。この場合、サージ発生限界は、短時間の間、即ち、所定の時間の間、第1の所定の値 (p_2 / p_1)₁ だけ低下され、これにより第2の圧縮機サージング状態の発生を阻止することができる。

【0028】

所定の時間が経過した後に、サージ発生限界は再び上昇される。この場合、この所定の時間は、圧縮機5の操作によるチャージ圧力 p_2 を制御するための時定数に基づき、および圧縮機5の慣性に基づいて、第2の範囲内の特性周波数 f_D を有する信号部分の振幅の上昇、したがってより激しく聞こえるサージ発生限界を回避することができるような、少なくともその程度の大きさに選択されている。この場合、チャージ圧力 p_2 の制御は当業者に既知のように行われる。この所定の時間は、例えば内燃機関1のテスト運転により決定されても、また第2の範囲内の特性周波数 f_D を有する信号部分の振幅の上昇が十分に回避されるように適用されてもよい。第1の所定の値 (p_2 / p_1)₁ は、同様に内燃機関1のテスト運転において、第2の圧縮機サージング状態を阻止するために、所定の時

間の間、実際圧力比の、サージ発生限界からの十分な安全余裕が達成されるように適用されてもよい。第1の所定の値 $(p_2 / p_1)_1$ および所定の時間は、同様にエンジン制御装置30内またはエンジン制御装置30に付属のメモリ内に記憶されていてもよい。

【0029】

サージ発生限界が所定の時間の間第1の所定の値 $(p_2 / p_1)_1$ だけ実際に低減されている間に、エンジン制御装置30内ないしエンジン制御装置30に付属のメモリ内に記憶されている、それまでに求められた、ないし最初にメーカーにより設定された、圧縮機5内の質量流量に対するサージ発生限界が、第2の所定の値 $(p_2 / p_1)_2$ だけ低減されることにより、新たなサージ発生限界が求められる。次に、所定の時間が経過した後に、第1の所定の値 $(p_2 / p_1)_1$ だけ実際に低減されたサージ発生限界が、新たに求められたサージ発生限界に上昇される。新たに求められたサージ発生限界は、エンジン制御装置30内ないしエンジン制御装置30に付属のメモリ内に記憶され、且つそれまでに求められたサージ発生限界ないし最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界曲線を置き換える。この場合、第2の所定の値 $(p_2 / p_1)_2$ は、同様に内燃機関1のテスト運転において、新たに求められたサージ発生限界が、第1の圧縮機サージ状態に対してはもとより、第2の圧縮機サージ状態に対しても十分な安全余裕を保證するように適用されてもよく、これにより、新たに求められたサージ発生限界の使用においては、圧縮機サージを懸念する必要はない。エンジン制御装置30内ないしそれに付属のメモリ内に、それぞれ新たに求められたサージ発生限界、または最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界を新たに求められたサージ発生限界に低減させる、それぞれ新たに求められた補正值が記憶される。上記の学習過程は、フレッシュ・エア質量流量に対するサージ発生限界の全線図に対して行われても、または上記のようにセクションごとに行われてもよく、この場合、サージ発生限界はフレッシュ・エア質量流量の異なるセクションに対して別々に求められてもよい。この場合、第1の所定の値 $(p_2 / p_1)_1$ および/または第2の所定の値 $(p_2 / p_1)_2$ はフレッシュ・エア質量流量の全てのセクションに対して等しく選択され且つ例えば内燃機関1のテスト運転において典型的なセクションに対して適用されてもよい。代替態様として、第1の所定の値 $(p_2 / p_1)_1$ および/または第2の所定の値 $(p_2 / p_1)_2$ は、フレッシュ・エア質量流量の異なるセクションに対して異なるように適用され且つ設定されてもよい。所定の時間が経過した後に、新たに求められたサージ発生限界がフレッシュ・エア質量流量の全範囲に対して実際に使用されても、またはサージ発生限界が新たに求められ且つ実際のフレッシュ・エア質量流量が存在するセクションのみに使用されてもよい。ここで、上記のように、フレッシュ・エア質量流量は、圧縮機5内の質量流量に対応し、且つ圧縮機質量流量とも呼ばれ、また上記のように、流れ方向において圧縮機5手前の吸気圧力 p_1 および/または温度の関数として補正されていてもよい。新たに求められたサージ発生限界ないし新たに求められた補正值の記憶は、上記のように、エンジン制御装置30内ないしエンジン制御装置30に付属のメモリ内に、例えば不揮発性として行われるので、対応のデータはエンジンが停止している間も記憶されたままである。場合により、セクションごとに決定された、新たに求められたサージ発生限界、ないし記憶されている、最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界線図を補正するための、新たに求められた1つまたは複数の補正值に対して記憶されている値は、エンジン制御装置30の初期化において読み込まれる。エンジン制御装置30の初期化において、このように読み込まれた、新たに求められたサージ発生限界ないし新たに求められた1つまたは複数の補正值が第3の所定の値 $(p_2 / p_1)_3$ だけ加算補正される。これにより、サージ発生限界が、徐々に再び、最初にメーカーにより設定された線図に接近することが達成される。この場合、第3の所定の値 $(p_2 / p_1)_3$ は第2の所定の値より小さく選択されるので、一方で前に行われたサージ発生限界の低減の完全な補償が阻止され、他方でサージ発生限界の微調節を行うことができる。この場合、サージ発生限界は、第3の適用可能な値 $(p_2 / p_1)_3$ が小さければ小さいほどそれだけより正確に設定可能である。他方で、このような微調節に対しては、第3の所定の値 $(p_2 / p_1)_3$ が小さく選択されればされるほどそれだけ時間を

10

20

30

40

50

要することになる。第3の所定の値 $(p2/p1)_3$ もまた、サージ発生限界のフレッシュ・エア質量流量に対する全線図に対して同じに選択されても、またはセクションごとに異なるように選択されてもよい。第3の所定の値 $(p2/p1)_3$ もまたエンジン制御30装置内またはエンジン制御装置30に付属のメモリ内に記憶されている。

【0030】

エンジン制御装置30は、それによって最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界線図が超えられないときにのみ、第3の所定の値 $(p2/p1)_3$ による加算補正を行うように設計されていてもよい。

【0031】

エンジン制御装置30の初期化は、新たなエンジン始動ごとに、したがって新たな走行サイクルごとに1回行われてもよい。ここで、以下に、本発明による方法のフローを図2の流れ図により詳細に説明する。この場合、上記のフローにおいては、サージ発生限界の完全な線図を求めるためだけでなく、サージ発生限界をセクションごとに求めるために使用されてもよく、この場合、後者のケースにおいては、フレッシュ・エア質量流量の個々のセクションに対してそれぞれ、このフローが実行されなければならない。プログラムは、例えばエンジン15の始動ごとにスタートされてもよい。プログラム・ランを、サージ発生限界に対する補正值を求める例で説明する。エンジン15の始動と同時に、エンジン制御装置30もまた初期化される。この場合、上記のように、それまでに求められた補正值がそのメモリから読み取られる。この場合、サージ発生限界は、最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界線図である。したがって、補正值を求める過程がまだ行われていないので、読み込まれた、それまでに求められた補正值は、エンジンの始動時においては0に等しい。プログラム・ステップ100において、エンジン制御装置30は、それまでに求められた補正值が第3の所定の値 $(p2/p1)_3$ より小さいかどうかを検査する。これが肯定(y)の場合、プログラムはステップ110に分岐され、否定(n)の場合、ステップ105に分岐される。

【0032】

ステップ105において、それまでに求められた補正值から第3の所定の値 $(p2/p1)_3$ が差し引かれることにより、新たに求められた補正值が形成される。新たに求められた補正值を用いて、次に、メモリは、それまでに求められた補正值に対して上書きされる。それに続いて、エンジン制御装置30が、最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界から、ステップ105において新たに求められた補正值を差し引くことにより、エンジン制御装置30は新たなサージ発生限界を設定する。それに続いてプログラムはステップ110に移行される。ステップ110において、エンジン制御装置30は、上記のように、離散フーリエ変換により、特性周波数 f_D を有する、ホット・フィルム空気質量流量計により測定されたフレッシュ・エア質量の信号部分の振幅を計算する。それに続いてプログラムはステップ115に移行される。

【0033】

ステップ115において、エンジン制御装置30は、振幅が第1の範囲内にあるかどうかを検査する。これが肯定(y)の場合、プログラムはステップ120に分岐され、否定(n)の場合、ステップ135に分岐される。

【0034】

ステップ135において、エンジン制御装置30は、現在の走行サイクルが終了したかどうか、即ちエンジン15が停止されたかどうかを検査する。これが肯定(y)の場合、プログラムは終了され、否定(n)の場合、プログラムはステップ110に戻される。

【0035】

ステップ120において、エンジン制御装置30は、現在のサージ発生限界を第1の所定の値 $(p2/p1)_1$ だけ低減し且つタイマをスタートさせる。それに続いてプログラムはステップ125に移行される。ステップ125において、エンジン制御装置30は、場合によりプログラム点105において更新された、それまでに求められた補正值に対するメモリを読み取り、且つこの値に第2の所定の値 $(p2/p1)_2$ を加算する。こ

のようにして、新たな補正值が求められ且つそれまでに求められた補正值に対するメモリ内に記憶される。したがって、新たなプログラム・ランに対しては、更新された補正值が使用される。それに続いてプログラムはステップ 130 に移行される。

【0036】

ステップ 130 において、エンジン制御装置 30 が、最初にメーカーにより設定されたサージ発生限界から、ステップ 125 において新たに求められた補正值を差し引くことにより、エンジン制御装置 30 は新たなサージ発生限界を設定する。この場合、エンジン制御装置 30 による新たなサージ発生限界の設定は、ステップ 120 においてスタートされたタイマが所定の時間に到達したときに行われる。それに続いてプログラムは終了される。

10

【0037】

所定の値の大きさの関係に対する有効な選択は、

$$(p2/p1)_1 > (p2/p1)_2 > (p2/p1)_3$$

のように行われてもよい。

【0038】

サージ発生限界は、上記のように、エンジン 15 が作動している、内燃機関 1 の運転状態ごとに求められてもよい。エンジン 15 が作動しているかまたは停止しているかの検出は、例えば図 1 には示されていない回転速度センサにより決定されてもよく、回転速度センサは、エンジン 15 の回転速度を測定し且つエンジン制御装置 30 にその値を伝送する。このようにして、エンジン制御装置 30 は、エンジン 15 が始動されて上記のように図 2 のプログラムをスタートさせたかどうか、ないしエンジン 15 が停止され且つ走行サイクルが終了されてステップ 135 の問い合わせの後に図 2 のプログラムを離れたかどうかを特定することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】内燃機関の概略ブロック回路図である。

【図 2】本発明による方法を説明するための流れ図である。

【図 3】1つの圧縮機特性曲線群である。

【符号の説明】

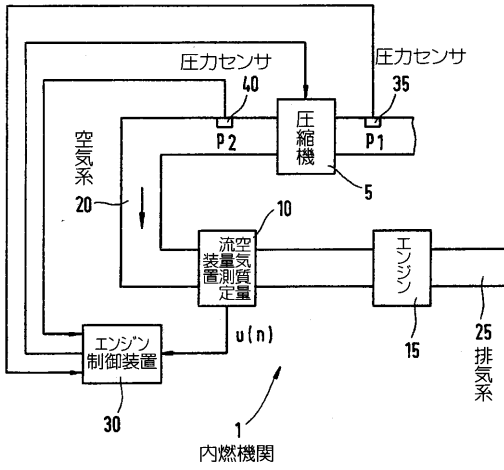
【0040】

- 1 内燃機関
- 5 圧縮機
- 10 空気質量流量測定装置 (ホット・フィルム空気質量流量計)
- 15 エンジン
- 20 空気系
- 25 排気系
- 30 エンジン制御装置
- 35 圧力センサ (吸気圧力センサ)
- 40 圧力センサ (チャージ圧力センサ)
- p1 吸気圧力
- p2 チャージ圧力
- u(n) 信号列 (フレッシュ・エア質量)

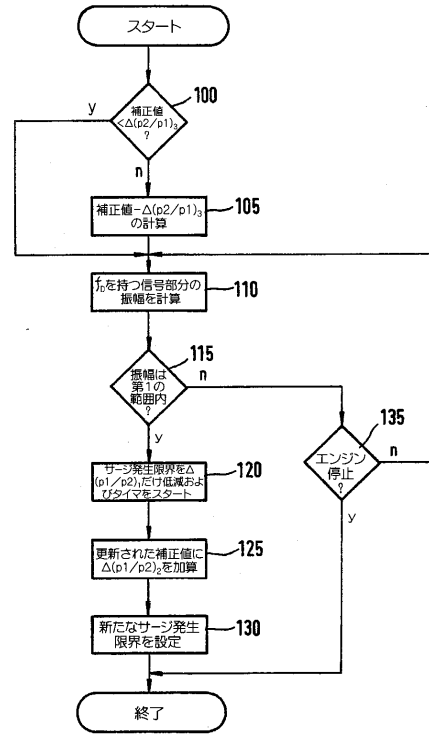
30

40

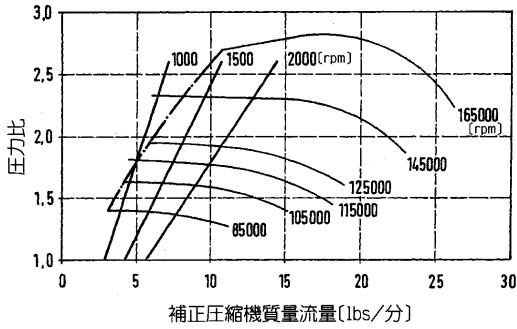
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ F I テーマコード(参考)
 F 0 2 D 45/00 3 6 6 H

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(72)発明者 トーマス・ブライレ

ドイツ連邦共和国 7 0 4 3 5 シュトゥットガルト, プレンシュトラッセ 2 9

(72)発明者 ミハエル・シャイト

ドイツ連邦共和国 7 0 3 7 6 シュトゥットガルト, イツハク - ラビン - シュトラッセ 1 6

F ターム(参考) 3G005 EA14 EA16 FA23 GB12 GB13 GB14 GB15 GB17 GD02 GD27

GE08 JA21 JA23 JA24 JA30 JA31 JA45 JA48 JB07 JB18

3G084 BA08 DA27 DA33 EA08 EA11 EB08 EB22 EC04 FA07 FA11

FA12 FA33