

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5503739号
(P5503739)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014.5.28)

(24) 登録日 平成26年3月20日 (2014.3.20)

(51) Int.Cl. F I
F O 2 B 75/32 (2006.01) F O 2 B 75/32 C
F O 2 B 75/18 (2006.01) F O 2 B 75/18 F

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-516397 (P2012-516397)	(73) 特許権者	513077427
(86) (22) 出願日	平成23年3月14日 (2011.3.14)		スクデリ グループ インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2012-530864 (P2012-530864A)		アメリカ合衆国 01089 マサチューセッツ州 ウェスト スプリングフィールド エルム ストリート 1111 スイート 33
(43) 公表日	平成24年12月6日 (2012.12.6)	(74) 代理人	110001243
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/028276		特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(87) 国際公開番号	W02011/115868	(74) 復代理人	100088915
(87) 国際公開日	平成23年9月22日 (2011.9.22)		弁理士 阿部 和夫
審査請求日	平成23年12月20日 (2011.12.20)	(72) 発明者	リッカード メルドレン
(31) 優先権主張番号	61/365,343		イギリス ビーエヌ43 6アールビー
(32) 優先日	平成22年7月18日 (2010.7.18)		ウェスト サセックス ショアハム-バイーシー ニュー ロード 55
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	61/313,831		
(32) 優先日	平成22年3月15日 (2010.3.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 空気エキスパンダー及び点火燃焼モードを備える分割サイクル空気ハイブリッドエンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

クランクシャフト軸回りに回転可能なクランクシャフト、

当該クランクシャフトの単一の回転中の吸入ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された圧縮ピストン、

当該クランクシャフトの単一の回転中の膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように膨張シリンダーに摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された膨張ピストン、

圧縮及び膨張シリンダーを連結するクロスオーバー通路であって、両者間に圧力室を画成するクロスオーバー圧縮バルブ(XovrC)及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含むクロスオーバー通路、

クロスオーバー通路に作用可能に連結され、圧縮シリンダーからの圧縮空気を蓄え、及び圧縮空気を膨張シリンダーに配送すべく選択的に作動可能である空気貯留器、及び

当該空気貯留器への、及びそれからの空気の流れを選択的に制御する空気貯留器バルブ、を備える、分割サイクル空気ハイブリッドエンジンであって、

当該エンジンは、燃焼を伴って空気貯留器からの圧縮空気エネルギーを用いる空気エキスパンダー及び点火燃焼(AEF)モードで運転可能であり、当該AEFモードにおいて、当該エンジンはXovrEバルブの閉成のときに15.7対1以上の残りの膨張比を有し、

所与のエンジン負荷及びエンジン速度において、当該AEFモードにおける残りの膨張

10

20

比は、空気貯留器が実質的に満杯のときの、当該エンジンの空気貯留器の使用を伴わずに作動するエンジン点火燃焼(E F)モードにおける残りの膨張比よりも大きい
ことを特徴とする分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 2】

A E F モードにおいて、XovrEバルブの閉成のときの残りの膨張比が 15.7 対 1 及び 40.8 対 1 の範囲内であることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 3】

A E F モードにおいて、当該XovrEバルブは膨張ピストンの上死点後(A T D C e) 22 度 C A 以下で閉じられることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

10

【請求項 4】

A E F モードにおいて、当該XovrEバルブは膨張ピストンの上死点後(A T D C e) 7 及び 22 度 C A の間で閉じられることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 5】

当該空気貯留器は、当該空気貯留器が、その定格の全圧力の 2 / 3 以上より大きい圧力であるときに実質的に満杯であることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 6】

20

当該 A E F モードにおける残りの膨張比は、如何なる所与のエンジン負荷及びエンジン速度でのエンジン点火燃焼(E F)モードにおける残りの膨張比よりも常に大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 7】

当該 A E F モードにおいて、当該空気貯留器バルブは開かれていることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 8】

当該 A E F モードにおいて、当該空気貯留器バルブは当該膨張ピストンの全膨張ストローク及び排気ストローク中、開かれていることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

30

【請求項 9】

当該 A E F モードにおいて、当該空気貯留器からの圧縮空気が膨張ストロークの始まりにおいて当該膨張シリンダーに燃料と共に導入され、当該膨張ピストンの同じ膨張ストロークに、着火され、燃焼され、そして膨張され、動力をクランクシャフトに伝達し、そして燃焼生成物は排気ストロークで排出されることを特徴とする請求項 1 に記載の分割サイクル空気ハイブリッドエンジン。

【請求項 10】

クランクシャフト軸回りに回転可能なクランクシャフト、

当該クランクシャフトの単一の回転中の吸入ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された圧縮ピストン、

40

当該クランクシャフトの単一の回転中の膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように膨張シリンダーに摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された膨張ピストン、

圧縮及び膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路であって、両者間に圧力室を画成するクロスオーバー圧縮バルブ(XovrC及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含むクロスオーバー通路、

クロスオーバー通路に作用可能に連結され、圧縮シリンダーからの圧縮空気を蓄え、及び圧縮空気を膨張シリンダーに配送すべく選択的に作動可能である空気貯留器、及び

当該空気貯留器への及びそれからの空気流れを選択的に制御する空気貯留器バルブ、を

50

備える分割サイクル空気ハイブリッドエンジンを運転する方法であって、

当該エンジンは燃焼を伴って空気貯留器からの圧縮空気エネルギーを用いる空気エキスパンダー及び点火燃焼(AEF)モードで運転可能であり、

当該空気貯留器バルブを開き、

膨張ストロークの始まりにおいて、当該空気貯留器からの圧縮空気を当該膨張シリンダーへ燃料と共に導入し、当該燃料は、着火され、燃焼され、そして膨張ピストンの同じ膨張ストロークで膨張され、動力をクランクシャフトに伝達し、そして燃焼生成物は排気ストロークで排出され、XovrEバルブの閉成のときの残りの膨張比を15.7対1以上に維持し、及び

当該AEFモードにおける残りの膨張比を、空気貯留器が当該空気貯留器の定格の全圧力の2/3以上より大きい圧力のとき、所与のエンジン負荷及びエンジン速度での空気貯留器の使用を伴わずに作動するエンジン点火燃焼(EF)モードにおける残りの膨張比よりも大きな値に維持する、

ステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項11】

XovrEバルブの閉成のときの残りの膨張比を15.7対1及び40.8対1の範囲内に維持するステップを含むことを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項12】

当該XovrEバルブを膨張ピストンの上死点後(ATD Ce)22度CA以下で閉じるステップを含むことを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項13】

当該XovrEバルブを膨張ピストンの上死点後(ATD Ce)7及び22度CA間で閉じるステップを含むことを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項14】

当該空気貯留器バルブを、当該膨張ピストンの全膨張ストローク及び排気ストローク中に開いて保つステップを含むことを特徴とする請求項10に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、分割サイクルエンジン、より詳しくは、空気ハイブリッドシステムを組み入れたかかるエンジンに関する。

【背景技術】

【0002】

明瞭化の目的のために、本出願に用いられている用語「従来のエンジン」は、周知のオットーサイクルの4つのストロークの全て(すなわち、吸入(又は入口)、圧縮、膨張(又は動力)及び排気のストローク)がエンジンの各ピストン/シリンダーの組合せ内に包含されている内燃機関を意味する。各ストロークはクランクシャフトの半回転(180度クランク角(CA))を要し、そして、従来のエンジンの各シリンダー内で全体のオットーサイクルを完了するためにはクランクシャフトの完全な2回転(720度CA)が必要である。

【0003】

また、明瞭化の目的のために、先行技術に開示されたエンジンに適用され得、かつ本出願で言及されるように、用語「分割サイクルエンジン」について次の定義が提供される。

【0004】

ここに言及される分割サイクルエンジンは、クランクシャフト軸回りに回転可能なクランクシャフト、当該クランクシャフトの単一の回転中の吸入ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された圧縮ピストン、当該クランクシャフトの単一の回転中の膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように膨張シリンダーに摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用

10

20

30

40

50

可能に連結された膨張(動力)ピストン、及び
圧縮シリンダー及び膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路(ポート)であつて、内部に配置された少なくともクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含み、より好ましくは、両者間に圧力室を画成するクロスオーバー圧縮バルブ(XovrC)及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含むクロスオーバー通路、を備えている。

【 0 0 0 5 】

2003年4月8日にScuderiに許可された特許文献1(United States Patent No. 6,543,225)及び2005年10月11日にBranyon et alに許可された特許文献2(United States Patent No. 6,952,923)、両者は参照によってここに組み入れられるが、分割サイクル及び類似のタイプのエンジンの広範囲に亘る議論を包含している。加えて、これらの特許は、本開示がさらなる展開を詳述する、エンジンの先行バージョンの詳細を開示している。

10

【 0 0 0 6 】

分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、分割サイクルエンジンと空気貯留器及び種々の制御装置を組み合わせている。この組合せは、分割サイクル空気ハイブリッドエンジンが圧縮空気の形で空気貯留器内にエネルギーを蓄えることを可能にしている。空気貯留器内の圧縮空気は、後で、クランクシャフトに動力を与えるべく膨張シリンダーで用いられる。

【 0 0 0 7 】

ここに言及される分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、
クランクシャフト軸回りに回転可能なクランクシャフト、
当該クランクシャフトの単一の回転中の吸入ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された圧縮ピストン、
当該クランクシャフトの単一の回転中の膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように膨張シリンダーに摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結された膨張(動力)ピストン、及び
圧縮シリンダー及び膨張シリンダーを相互に連結するクロスオーバー通路(ポート)であつて、内部に配置された少なくともクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含み、より好ましくは、両者間に圧力室を画成するクロスオーバー圧縮バルブ(XovrC)及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含むクロスオーバー通路、及び
クロスオーバー通路に作用可能に連結され、圧縮シリンダーからの圧縮空気を蓄え、及び圧縮空気を膨張シリンダーに配送すべく選択的に作動可能である空気貯留器、を備えている。

20

30

【 0 0 0 8 】

2008年4月8日にScuderiその他に許可された特許文献3(United States Patent No. 7,353,786)は参照によってここに組み入れられるが、分割サイクル空気ハイブリッド及び類似のタイプのエンジンの広範囲に亘る議論を包含している。加えて、この特許は本開示がさらなる展開を詳述する先行するハイブリッドシステムの詳細を開示している。

40

【 0 0 0 9 】

分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、通常の作動ないしは点火燃焼(NF)モード(一般に、エンジン点火燃焼(EF)モードとも呼ばれている)及び4つの基本的な空気ハイブリッドモードで走らされ得る。EFモードでは、エンジンは空気貯留器の使用を伴わずに作動する非空気ハイブリッド分割サイクルエンジンとして機能する。EFモードでは、クロスオーバー通路を空気貯留器に作用可能に連結するタンクバルブが、基本の分割サイクルエンジンから空気貯留器を隔離すべく閉じられたままである。

【 0 0 1 0 】

分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、その空気貯留器の使用と共に4つのハイブリッドモードで作動する。当該4つのハイブリッドモードは、

50

- 1) 燃焼を伴わずに空気貯留器からの圧縮空気エネルギーを用いる空気エキスパンダー (A E) モード、
- 2) 燃焼を伴わずに空気貯留器に圧縮空気エネルギーを蓄える空気圧縮機 (A C) モード、
- 3) 燃焼を伴って空気貯留器からの圧縮空気エネルギーを用いる空気エキスパンダー及び点火燃焼 (A E F) モード、及び
- 4) 燃焼を伴って空気貯留器に圧縮空気エネルギーを蓄える点火燃焼及び充填 (F C) モードである。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】米国特許第 6, 5 4 3, 2 2 5 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6, 9 5 2, 9 2 3 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 7, 3 5 3, 7 8 6 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

しかしながら、これらのモード、 E F、 A E、 A C、 A E F、及び F C の、さらなる最適化が効率及びエミッションの低減を増進するために望まれている。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 1 3 】

本発明は、空気エキスパンダー及び点火燃焼 (A E F) モードの使用が、改善された効率のために如何なる駆動サイクルにおいても潜在的に全ての車両に対して最適化される分割サイクル空気ハイブリッドエンジンを提供する。

【 0 0 1 4 】

より詳しくは、本発明に従う分割サイクル空気ハイブリッドエンジンの模範的实施形態は、クランクシャフト軸回りに回転可能なクランクシャフトを含む。圧縮ピストンは、当該クランクシャフトの単一の回転中の吸入ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結されている。膨張ピストンは、当該クランクシャフトの単一の回転中の膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように膨張シリンダーに摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結されている。クロスオーバー通路が圧縮シリンダー及び膨張シリンダーを相互に連結している。当該クロスオーバー通路は、両者間に圧力室を画成するクロスオーバー圧縮バルブ (XovrC) 及びクロスオーバー膨張バルブ (XovrE) を含んでいる。空気貯留器が当該クロスオーバー通路に作用可能に連結され、圧縮シリンダーからの圧縮空気を蓄え、そして膨張シリンダーに圧縮空気を配送するために選択的に作動可能である。空気貯留器バルブは、当該空気貯留器への及びそれからの空気流れを選択的に制御する。当該エンジンは、空気エキスパンダー及び点火燃焼 (A E F) モードで運転可能である。当該 A E F モードでは、当該エンジンが XovrE バルブの閉成のときに 1 5 . 7 対 1 以上の大きさ、より好ましくは、 1 5 . 7 対 1 及び 4 0 . 8 対 1 の

30

40

【 0 0 1 5 】

分割サイクル空気ハイブリッドエンジンを運転する方法もまた、開示されている。分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、クランクシャフト軸回りに回転可能なクランクシャフトを含む。圧縮ピストンは、当該クランクシャフトの単一の回転中の吸入ストローク及び圧縮ストロークを通して往復するように圧縮シリンダー内に摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結されている。膨張ピストンは、当該クランクシャフトの単一の回転中の膨張ストローク及び排気ストロークを通して往復するように膨張シリンダーに摺動可能に収容されると共に、当該クランクシャフトに作用可能に連結されている。クロスオーバー通路が圧縮シリンダー及び膨張シリンダーを相互に連結して

50

いる。当該クロスオーバー通路は、両者間に圧力室を画成するクロスオーバー圧縮バルブ(XovrC)及びクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)を含んでいる。空気貯留器が当該クロスオーバー通路に作用可能に連結され、そして圧縮シリンダーからの圧縮空気を蓄え、膨張シリンダーへ圧縮空気を配送するために選択的に作動可能である。空気貯留器バルブは、当該空気貯留器への、及びそれからの空気流れを選択的に制御する。当該エンジンは空気エキスパンダー及び点火燃焼(AEF)モードで運転可能である。本発明に従う方法は、以下のステップを含んでいる。すなわち、当該空気貯留器バルブを開く、膨張ストロークの始まりにおいて、当該空気貯留器から膨張シリンダーへ圧縮空気を燃料と共に導入する、当該燃料は着火され、燃焼され、そして当該膨張ピストンの同じ膨張ストロークで膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達し、そして燃焼生成物が排気ストロークで排出され、そして、XovrEバルブの閉成のときに15.7対1以上、より好ましくは、15.7対1及び40.8対1の範囲内の残りの膨張比を維持する。

10

【0016】

本発明のこれらの及び他の特徴及び有利な点は、添付図面をもとになされる以下の本発明の詳細な説明からより十分に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明による模範的分割サイクル空気ハイブリッドエンジンの側断面図である。

【図2】本発明に従い、クロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じる角に対しての残りの膨張比の好ましい模範的範囲(すなわち、効果的な容積膨張比)のグラフ図である。

20

【図3】毎分1000回転(rpm)のエンジン速度において、タンク圧力及び負荷に関してのクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じタイミングのグラフ図である。

【図4】毎分1500回転(rpm)のエンジン速度において、タンク圧力及び負荷に関してのクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じタイミングのグラフ図である。

【図5】毎分2000回転(rpm)のエンジン速度において、タンク圧力及び負荷に関してのクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じタイミングのグラフ図である。

【図6】毎分2500回転(rpm)のエンジン速度において、タンク圧力及び負荷に関してのクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じタイミングのグラフ図である。

【図7】毎分3000回転(rpm)のエンジン速度において、タンク圧力及び負荷に関してのクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じタイミングのグラフ図である。

30

【図8】毎分3500回転(rpm)のエンジン速度において、タンク圧力及び負荷に関してのクロスオーバー膨張バルブ(XovrE)の閉じタイミングのグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下の頭辞語の用語解説及び用語の定義が参照用に提供される。

【0019】

一般

他に特に規定のない限り、全てのバルブの開及び閉のタイミングは膨張ピストンの上死点後である。(ATDCe)のクランク角度で測定されている。

他に特に規定のない限り、全てのバルブの期間はクランク角度(CA)である。

40

【0020】

空気タンク(又は空気貯留タンク): 圧縮空気の貯留タンクである。

【0021】

ATDCe: 膨張ピストンの上死点後である。

【0022】

Bar: 圧力の単位であり、1 bar = 105 N/m²である。

【0023】

BMEP: ブレーキ平均有効圧力である。用語「ブレーキ」は、摩擦損失(FMEP)が考慮された後にクランクシャフト(すなわち、出力シャフト)にもたらされる出力を意味する。ブレーキ平均有効圧力(BMEP)は、平均有効圧力(MEP)値に関して表現される

50

エンジンのブレーキトルク出力である。BMEPは、エンジン排気量で除したブレーキトルクに等しい。これは摩擦による損失後に取り除かれる性能パラメータである。従って、 $BMEP = IMEP - \text{摩擦}$ である。この場合、摩擦はまた、通常、摩擦平均有効圧力(すなわち、FMEP)として知られているMEP値に関して表現されている。

【0024】

コンプレッサー:分割サイクルエンジンの圧縮シリンダー及びそれに関連する圧縮ピストンである。

【0025】

エキスパンダー:分割サイクルエンジンの膨張シリンダー及びその関連する膨張ピストンである。

10

【0026】

IMEP:図示平均有効圧力である。用語「図示」は、摩擦損失(FMEP)が考慮される前にピストンの頂面にもたらされる出力を意味する。

【0027】

RPМ:1分間当りの回転数である。

【0028】

タンクバルブ:Xovr通路を圧縮空気貯留タンクに連結しているバルブである。

【0029】

VVA:可変バルブ作動である。バルブのリフト曲線の形状又はタイミングを変更するべく作動可能な機構又は方法である。

20

【0030】

Xoyr(又はXover)バルブ、通路、又はポート:圧縮及び膨張シリンダーを連結し、圧縮シリンダーから膨張シリンダーへガスを流すクロスオーバーバルブ、通路、及び/又はポートである。

【0031】

XoyrC(又はXoverC)バルブ:Xovr通路のコンプレッサー端部におけるバルブである。

【0032】

XoyrE(又はXoverE)バルブ:クロスオーバー(Xovr)通路のエキスパンダー端部におけるバルブである。

30

【0033】

図1を参照するに、模範的分割サイクル空気ハイブリッドエンジンが概略的に符号10で示されている。当該分割サイクル空気ハイブリッドエンジン10は、従来のエンジンの2つの隣り合うシリンダーを1つの圧縮シリンダー12及び1つの膨張シリンダー14の組合せに置き換えている。シリンダーヘッド33が、シリンダーを覆いそしてシールすべく膨張シリンダー12及び圧縮シリンダー14の開口端上に典型的に配置されている。

【0034】

オットーサイクルの4つのストロークは、圧縮シリンダー12がその関連する圧縮ピストン20と共に吸入及び圧縮ストロークを実行し、そして膨張シリンダー14がその関連する膨張ピストン30と共に膨張及び排気ストロークを実行するように、2つのシリンダー12及び14に亘って「分割」されている。それ故に、オットーサイクルは、クランクシャフト軸17の回りにクランクシャフト16が1回転(360度CA)すると、これらの2つのシリンダー12、14内で完成される。

40

【0035】

吸入ストローク中に、吸入空気はシリンダーヘッド33に配置されている吸入ポート19を介して圧縮シリンダー12内に吸い込まれる。内開きの(シリンダーの内方にピストンに向かって開く)ポペット吸入バルブ18が、吸入ポート19と圧縮シリンダー12との間の流体の連通を制御する。

【0036】

圧縮ストローク中に、圧縮ピストン20は空気充填物を圧縮し、そして該空気充填物を典型的にはシリンダーヘッド33に配置されているクロスオーバー通路(又はポート)22

50

に押し出す。このことは、圧縮シリンダー 12 及び圧縮ピストン 20 が膨張シリンダー 14 に対して吸入通路として作用するクロスオーバー通路 22 への高圧ガス源であることを意味する。ある実施形態においては、2 つ以上のクロスオーバー通路 22 が圧縮シリンダー 12 及び膨張シリンダー 14 を互いに連結している。

【0037】

分割サイクルエンジン 10 (及び一般に分割サイクルエンジン)の圧縮シリンダー 12 の幾何学的な(すなわち、容積的な)圧縮比は、ここで一般に分割サイクルエンジンの「圧縮比」と称される。分割サイクルエンジン 10 (及び一般に分割サイクルエンジン)の膨張シリンダー 14 の幾何学的な(すなわち、容積的な)圧縮比は、ここで一般に分割サイクルエンジンの「膨張比」と称される。シリンダーの当該幾何学的な圧縮比は、前記ピストンがその上死点(TDC)位置のときにシリンダー内に囲われた容積(すなわち、クリアランス容積)に対する、シリンダー内で往復するピストンがその下死点(BDC)位置のときに(全てのリセスを含んで)シリンダー内に囲われた(すなわち、捕捉された)容積の比として、この技術分野において周知である。特に、分割サイクルエンジンのために、ここに定義されるように、圧縮シリンダーの圧縮比は当該XovrCバルブが閉じられるときに決定される。。また、特に、分割サイクルエンジンのために、ここに定義されるように、膨張シリンダーの膨張比は当該XovrEバルブが閉じられるときに決定される。

10

【0038】

圧縮シリンダー 12 内での極めて高い圧縮比(例えば、20対1、30対1、40対1又はそれ以上)のせいで、クロスオーバー通路入口 25 において、外開きの(シリンダーから離れて外方に開く)ポペットクロスオーバー圧縮バルブ(XovrC) 24 が圧縮シリンダー 12 からクロスオーバー通路 22 への流れを制御するために用いられている。膨張シリンダー 14 内での極めて高い膨張比(例えば、20対1、30対1、40対1又はそれ以上)のせいで、クロスオーバー通路 22 の出口 27 において、外開きのポペットクロスオーバー膨張バルブ(XovrE) 26 がクロスオーバー通路 22 から膨張シリンダー 14 への流れを制御している。XovrC及びXovrEバルブ 24、26 の作動速度及び位相付けは、オートサイクルの4つのストロークの全ての間にクロスオーバー通路 22 の圧力を高い最小圧力(典型的には全負荷時に 20 bar 以上)に維持するようにタイミング付けられている。

20

【0039】

少なくとも1つの燃料噴射器 28 が、クロスオーバー通路 22 の出口端において、膨張ピストン 30 がその上死点位置に到達する直前に起こる当該XovrEバルブ 26 の開きに対応させて、加圧された空気内に燃料を噴射する。空気/燃料の充填物は、膨張ピストン 30 がその上死点位置に近付いたとき、膨張シリンダー 14 に入る。ピストン 30 がその上死点位置から下降し始め、当該XovrEバルブ 26 がまだ開いている間に、シリンダー 14 内に突出している点火栓先端 39 を含んでいる点火栓 32 が点火され、点火栓先端 39 の周りの領域で燃焼を開始する。燃焼は、膨張ピストンがその上死点(TDC)位置通過後 1 及び 30 度 CA の間にある間に開始されてもよい。より好ましくは、燃焼は膨張ピストンがその上死点(TDC)位置通過後 5 及び 25 度 CA の間にある間に開始されてもよい。最も好ましくは、燃焼は膨張ピストンがその上死点(TDC)位置通過後 10 及び 20 度 CA の間にある間に開始されてもよい。加えて、燃焼は、他の点火装置及び/又は方法によって、例えば、グロープラグ、マイクロ波点火装置、又は圧縮着火方法によって開始されてもよい。

30

40

【0040】

排気ストロークの間に、排気ガスはシリンダーヘッド 33 に配置されている排気ポート 35 を介して膨張シリンダー 14 の外に送出される。排気ポート 35 の入口 31 に配置されている内開きのポペット排気バルブ 34 は、膨張シリンダー 14 と排気ポート 35 との間の流体の連通を制御する。排気バルブ 34 及び排気ポート 35 はクロスオーバー通路 22 から分離されている。すなわち、排気バルブ 34 及び排気ポート 35 はクロスオーバー通路 22 に接触せず、すなわち、クロスオーバー通路 22 内に配置されていない。

【0041】

50

分割サイクルエンジンのコンセプトによれば、圧縮シリンダー 1 2 及び膨張シリンダー 1 4 の幾何学的なエンジンパラメータ(すなわち、ボア、ストローク、コネクティングロッド長さ、容積測定の前圧縮比、その他)は概ね互いから独立である。例えば、圧縮シリンダー 1 2 及び膨張シリンダー 1 4 についてのクランクスロー 3 6、3 8 は、それぞれ、異なる半径を有してもよく、そして膨張ピストン 3 0 の上死点(TDC)が圧縮ピストン 2 0 のTDCの前に起こるように互いから離れて位相付けられてもよい。この独立性は、分割サイクルエンジン 1 0 が一般の 4 ストロークエンジンよりもより高い効率レベル及びより大きなトルクを潜在的に達成すること可能にしている。

【 0 0 4 2 】

分割サイクルエンジン 1 0 におけるエンジンパラメータの幾何学的な独立性はまた、前に述べたように、クロスオーバー通路 2 2 内に圧力が維持され得る主な理由の一つである。詳しくは、圧縮ピストンがその上死点位置に到達する前に僅かな位相角(典型的には 1 0 ないし 3 0 の間のクランク角度)だけ膨張ピストン 3 0 がその上死点位置に到達するこの位相角は、XovrCバルブ 2 4 及びXovrEバルブ 2 6 の適切なタイミングと伴って、分割サイクルエンジン 1 0 がその圧力/容積サイクルの全 4 つのストロークの間にクロスオーバー通路 2 2 内を高い最小圧力(典型的には、全負荷運転中に絶対圧で 2 0 ba以上)に維持することを可能にしている。すなわち、分割サイクルエンジン 1 0 は、XovrC及びXovrEバルブの両者が膨張ピストン 3 0 がそのTDC位置からそのBDC位置に降下し、そして圧縮ピストン 2 0 が同時にそのBDC位置からそのTDC位置に向けて上昇する間のかかなりの期間(すなわち、クランクシャフトの回転期間)開くように、XovrCバルブ 2 4 及びXovrE 20
バルブ 2 6 をタイミング付けて作動可能である。クロスオーバーバルブ 2 4、2 6 の両者が開いている期間(すなわち、クランクシャフトの回転)中、(1)圧縮シリンダー 1 2 からクロスオーバー通路 2 2 へ、及び(2)クロスオーバー通路 2 2 から膨張シリンダー 1 4 へほぼ等しい空気質量(マス)が移送される。従って、この期間中、クロスオーバー通路内の圧力は所定の最小圧力(典型的には、全負荷運転中に絶対圧で 2 0、3 0 又は 4 0 bar)より低く低下するのが防がれる。さらに、エンジンサイクルの実質的な部分(典型的には、全エンジンサイクルの 8 0 %以上)の間、XovrCバルブ 2 4 及びXovrEバルブ 2 6 の両者は、クロスオーバー通路 2 2 内に捕捉されているガスの質量(マス)をほぼ一定のレベルに維持するために、閉じられている。結果として、クロスオーバー通路 2 2 内の圧力は、エンジンの圧力/容積サイクルの全 4 つのストロークの間、所定の最小圧力に維持される 30
。

【 0 0 4 3 】

ここでの目的のため、ほぼ等しいガスの質量(マス)をクロスオーバー通路 2 2 へ、又はそれから同時に移送させるために、膨張ピストン 3 0 がTDCから降下し、そして圧縮ピストン 2 0 がTDCに向けて上昇している間にXovrCバルブ 2 4 及びXovrEバルブ 2 6 を開く方法が、ここでガス移送のプッシュプル方法と称される。分割サイクルエンジン 1 0 のクロスオーバー通路 2 2 内の圧力が、エンジンが全負荷で運転しているとき、エンジンのサイクルの全 4 つのストロークの間に典型的には、2 0 bar以上に維持されるのを可能にしているのがプッシュプル方法である。

【 0 0 4 4 】

前に述べたように、排気バルブ 3 4 は、クロスオーバー通路 2 2 から別けられてシリンダーヘッド 3 3 の排気ポート 3 5 内に配置されている。排気バルブ 3 4 がクロスオーバー通路 2 2 内に配置されていない、そしてそれ故に、排気ポート 3 5 がクロスオーバー通路 2 2 と共通部分を共有していないという排気バルブ 3 4 の構造的配列は、排気ストロークの間にクロスオーバー通路 2 2 内に捕捉されているガスの質量(マス)を維持するためには好ましい。従って、クロスオーバー通路内の圧力を所定の最小圧力以下に低下させるかもしれない大きな周期的な圧力低下が防止される。

【 0 0 4 5 】

XovrEバルブ 2 6 は膨張ピストン 3 0 がその上死点位置に到達する直前に開く。このとき、膨張シリンダー 1 4 内の圧力に対するクロスオーバー通路 2 2 内の圧力の圧力比は、

10

20

30

40

50

クロスオーバー通路内の最小圧力は典型的には絶対圧で20 bar以上であり、膨張シリンダー内の圧力は排気ストロークの間に絶対圧で約1ないし2 barであるという事実の理由で、高い。換言すると、XovrEバルブ26が開くとき、クロスオーバー通路22内の圧力は実質的に膨張シリンダー14内の圧力よりも(典型的には、20対1のオーダーで)高い。この高い圧力比は、空気及び/又は燃料充填物の初期流れが高速度で膨張シリンダー14内に流れるのを生じさせる。これらの高速流れは音速に到達し、音速流と称される。この音速流は分割サイクルエンジン10にとって特に有利である。というのも、それは、膨張ピストン30がその上死点位置から降下している間に着火が開始されたとしても、分割サイクルエンジン10が高い燃焼圧力を維持することを可能にする急速燃焼事象を生じさせるからである。

10

【0046】

当該分割サイクル空気ハイブリッドエンジン10はまた、空気貯留器(タンク)バルブ42によってクロスオーバー通路22に作用可能に連結されている空気貯留器(タンク)40を含んでいる。2つ以上のクロスオーバー通路22を備える実施形態は、クロスオーバー通路22の各々に共通の空気貯留器40に連結させるタンクバルブ42を含んでもよく、又は代わりに、各クロスオーバー通路22が別々の空気貯留器40に作用可能に連結してもよい。

【0047】

タンクバルブ42は、典型的には、クロスオーバー通路22から空気タンク40まで延在する空気貯留器(タンク)ポート44に配置されている。当該空気タンクポート44は、第1の空気貯留器(タンク)ポート区分46及び第2の空気貯留器(タンク)ポート区分48に分けられている。第1の空気タンクポート区分46は空気タンクバルブ42をクロスオーバー通路22に連結し、そして第2の空気タンクポート区分48は空気タンクバルブ42を空気タンク40に連結している。第1の空気タンクポート区分46の容積は、タンクバルブ42が閉じられているとき、タンクバルブ42をクロスオーバー通路22に連結する追加のポート及びリセスの全ての容積を含む。

20

【0048】

当該タンクバルブ42は、適切なバルブ装置又はシステムであってもよい。例えば、当該タンクバルブ42は、種々のバルブ作動装置(例えば、空圧、液圧、カム、電気式など)によって動作される能動バルブであってもよい。加えて、当該タンクバルブ42は、2つ以上の作動装置でもって動作される2つ以上のバルブを備えるタンクバルブシステムを備えてもよい。

30

【0049】

空気タンク40は、前述の特許文献3に記載されたように、圧縮空気の形でエネルギーを蓄え、そしてクランクシャフト16に動力を与えるためにその圧縮空気を後で用いるべく利用されている。この潜在的なエネルギーを蓄える機械式の手段は、現在の技術水準に対して多数の潜在的有利性を提供している。例えば、当該分割サイクルエンジン10は、ディーゼルエンジン及び電気ハイブリッドシステムのような市場における他の技術に関して、比較的低い製造及び廃棄物処理コストで、燃料効率利得及びNOxエミッション低減での多くの有利性を潜在的に提供することができる。

40

【0050】

空気タンクバルブ42の開成及び/又は閉成の選択的な制御、そしてそれによる空気タンク40とクロスオーバー通路22との連通の制御によって、当該分割サイクル空気ハイブリッドエンジン10は、エンジン点火燃焼(EF)モード、空気エキスパンダー(AE)モード、空気圧縮機(AC)モード、空気エキスパンダー及び点火燃焼(AEF)モード、及び点火燃焼及び充填(FC)モードにおいて作動可能である。当該EFモードは、上述のように空気タンク40の使用無しでエンジンが作動する非ハイブリッドモードである。当該AC及びFCモードは、エネルギー貯蔵モードである。当該ACモードは、制動中のエンジンを含み、車両の運動学的エネルギーを利用することによるような、膨張シリンダー14内で起こる燃焼を伴わずに(すなわち、燃料の費消無く)圧縮空気が空気タンク4

50

0に蓄えられる空気ハイブリッド運転モードである。当該FCモードは、エンジン全負荷より小さい(例えば、エンジンのアイドル、定速度での車両の惰航)のときのような、燃焼のためには必要でない過剰の圧縮空気が空気タンク40に蓄えられる空気ハイブリッド運転モードである。当該FCモードでは、圧縮空気の貯蔵がエネルギーのコスト(ペナルティ)を有している。それ故に、その後になって圧縮空気が用いられるときに正味の利得を有するのが望ましい。当該AE及びAFモードは、貯蔵されたエネルギーの使用モードである。当該AEモードは、膨張シリンダー14内で起こる燃焼を伴わずに(すなわち、燃料の費消無く)、空気タンク40に貯蔵された圧縮空気が膨張ピストン30を駆動するために用いられる空気ハイブリッド運転モードである。当該AEFモードは、空気タンク40に貯蔵された圧縮空気が膨張シリンダー14内での燃焼のために利用される空気ハイブリッド運転モードである。

10

【0051】

当該AEFモードでは、空気タンクバルブ42がクランクシャフト16の全回転に亘って好ましくは開かれて保たれる(すなわち、膨張ピストンの少なくとも膨張ストローク及び排気ストロークの全体に亘って空気タンクバルブ42が開かれて保たれる)。従って、空気タンク40内に貯蔵されている圧縮空気は空気タンク40からクロスオーバー通路22に解放され、膨張シリンダー14のための充填空気を提供する。また、XovrCバルブ24はクランクシャフト16の全回転に亘り閉じて保たれ、それによって不活性とされてもよい圧縮シリンダー12を隔離している。膨張ピストン30は、その動力モードで作動しており、膨張ストロークの始まりにおいて、(空気タンク40からの)圧縮空気が膨張シリンダー14に燃料と共に膨張シリンダー14に導入され、それが着火され、燃焼され、そして膨張ピストン30の同じ膨張ストロークで膨張されて、動力をクランクシャフト16に伝達し、そして燃焼生成物は排気ストロークで排出される。

20

【0052】

膨張ストロークの始まり(膨張ピストン30が上死点から降下するとき)における当該XovrEバルブ26の閉じるタイミングは、当該エンジン10のAEFモードにおける効率に対して重要である。これは、当該XovrEバルブ26が開いているときは、クロスオーバー通路22の容積は燃焼が起こる場所であるピストン上方のクリアランス空間の一部であるからである。さらに実際には、燃料の全ては膨張シリンダー14内にあり、そしてクロスオーバー通路22内にはそれはない。一旦、当該XovrEバルブ26が閉じられると、全燃焼プロセスは膨張シリンダー14に限定され、そして燃料と空気の膨張している燃焼質量(マス)が最も効果的にピストン30を働かせることができる。

30

当該XovrEバルブ26が遅ければ遅く閉じるほど、残りの(すなわち、効果的な容積測定)膨張比はより小さくなり、この膨張比は、(b)当該XovrEバルブ26が閉じたときに丁度、膨張シリンダー14内に捕捉される容積に対する、(a)膨張ピストン30が下死点にあるときに、膨張シリンダー14内に捕捉される容積(すなわち、当該シリンダー14の壁、膨張ピストン30の頂部、及びシリンダーヘッド33の底部によって概ね画成されるチャンバーの容積)の比(a/b)として定義される。膨張ピストン30の膨張ストロークの間に、一旦、当該XovrEバルブ26が閉じられると、膨張シリンダー14内には膨張している捕捉された質量(マス)が存在するのみで、質量(マス)が膨張するにつれ仕事が行われる。明らかに、当該XovrEバルブ26が遅く閉じるほど、膨張ピストン30は上死点からより遠く、従って、残りの膨張比はより小さく、かつ、膨張ストロークの間、より少ない仕事が行われる。

40

【0053】

図2に示されるように、当該AEFモードでのエンジン効率における重大な低下を回避するためには、当該残りの膨張比が15.7:1以上に大きくあるべきである。より好ましくは、残りの膨張比が15.7:1及び40.8:1の範囲内にあるべきである。この模範的な実施形態において、15.7:1以上の残りの膨張比を達成するためには、当該XovrEバルブが凡そ22度以下ATDCeで閉じられるべきである。また、この模範的な実施形態において、40.8:1以上の残りの膨張比を達成するためには、当該XovrEバルブが凡そ

50

7度以下A T D C eで閉じられるべきである。

【0054】

当該A E Fモードにおける残りの膨張比の上側の範囲は、全ての所与の適用について(すなわち、全ての所与のエンジン負荷及びエンジン速度において)のエンジン点火燃焼(E F)モードにおける残りの膨張比の上側の範囲よりも常に大きい。また、当該A E Fモードにおいて実際の残りの膨張比は、とりわけ空気タンクがほぼ満杯であるとき(すなわち、空気タンクの圧力が定格の全圧力の凡そ2/3、例えば、30 barが限度のタンクで20 bar以上のとき)に、当該エンジンのエンジン点火燃焼(E F)モードにおける実際の残りの膨張比よりも典型的に大きい。E Fモードでは、膨張シリンダーでの燃焼のために使用される圧縮空気は圧縮シリンダーによって提供される。圧縮空気を生じさせるためには、圧縮シリンダーが負のポンプ仕事(y)を遂行しなければならない。従って、所望の負荷出力(x)を得るためには、膨張ピストンが、正味の出力が $x+y-y=x$ となるように、 $x+y$ に等しい合計の仕事量を生み出さねばならない。対照的に、当該A E Fモードにおいては、膨張シリンダーでの燃焼のために使用される圧縮空気は既に空気タンクに蓄えられている圧縮空気から提供される。当該A E Fモードにおいては、圧縮シリンダーは圧縮空気を生じさせる必要がないので、圧縮ピストンが負のポンプ仕事をほとんど行わないようなものとして、当該圧縮シリンダーは好ましくは非活性にされる。従って、所望の負荷出力(x)を得るためには、当該膨張ピストンのみが凡そxに等しい合計の仕事量を生み出すことを必要とする。当該E F及びA E Fモードにおいて、当該膨張ピストンによって生み出される仕事量は、基本的に消費される燃料の質量(マス)に依存するので、そしてさらに、(適切な、例えば、理論空燃比を維持するためには)、当該膨張シリンダーで必要とされる空気質量(マス)は当該燃料質量に直接に関係するので、同じ正味負荷出力を生み出すためには、より多くの量の圧縮空気がA E FモードにおけるよりもE Fモードで必要とされる。当該膨張シリンダーがより多くの量の圧縮空気を受け入れるためには、一般に、XovrEバルブが当該A E FモードにおけるよりもE Fモードにおいてより長く開いて保持されねばならない。当該XovrEバルブが長ければ長く開かれて保たれるほど、残りの膨張比はより小さくなる。それ故に、当該残りの膨張比は、一般に、所与のエンジン負荷について、E Fモードにおけるよりも当該A E Fモードにおいて大きい。

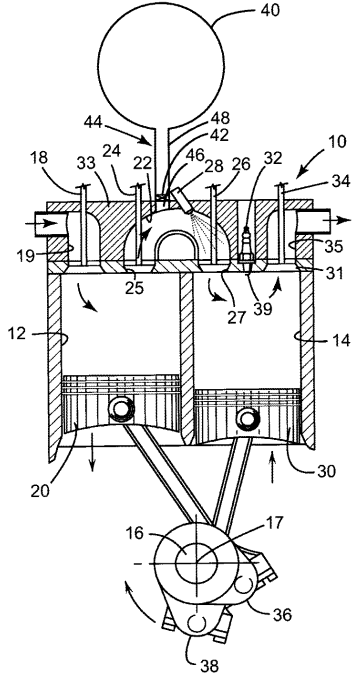
【0055】

図3ないし8は、A E Fモードにおけるエンジン速度(1000から3500rpm)、エンジン負荷(1から4bar IMEP)、及び空気タンク40の圧力(10から30bar)の範囲に亘る模範的なXovrEバルブ26の閉じタイミングのグラフ図である。例えば、(i)1000rpm、1.5bar IMEP、及び15barの空気タンク圧力において、当該XovrEバルブはおよそ13度A T D C eで閉じられ(図3)、(ii)1500rpm、2.5bar IMEP、及び15barの空気タンク圧力において、当該XovrEバルブはおよそ15度A T D C eで閉じられ(図4)、(iii)2000rpm、3bar IMEP、及び25barの空気タンク圧力において、当該XovrEバルブはおよそ9度A T D C eで閉じられ(図5)、(iv)2500rpm、3.5bar IMEP、及び15barの空気タンク圧力において、当該XovrEバルブはおよそ18度A T D C eで閉じられ(図6)、(v)3000rpm、4bar IMEP、及び15barの空気タンク圧力において、当該XovrEバルブはおよそ22度A T D C eで閉じられ(図7)、及び(vi)3500rpm、2.5bar IMEP、及び25barの空気タンク圧力において、当該XovrEバルブはおよそ7度A T D C eで閉じられる(図8)。

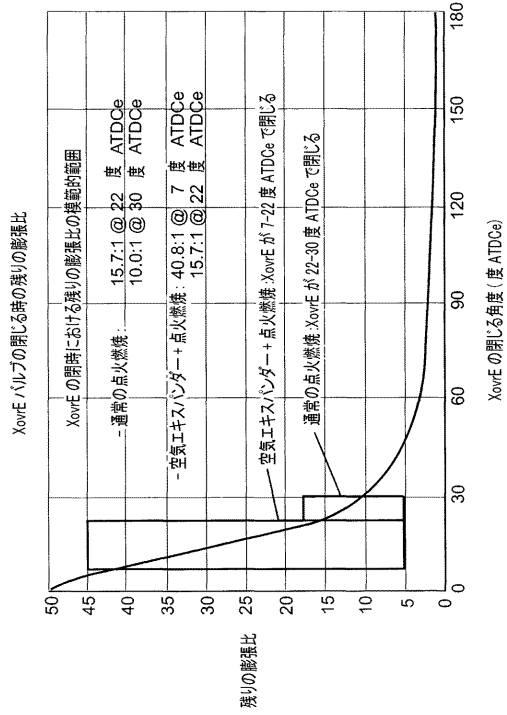
【0056】

本発明が特定の実施形態を参照して説明されたが、説明された発明のコンセプトの趣旨及び範囲内で多数の変更がなされ得ることが理解されるべきである。従って、本発明は説明された実施形態に限定されず、それは以下の請求項の語句によって定められる全部の範囲を有することが意図されている。

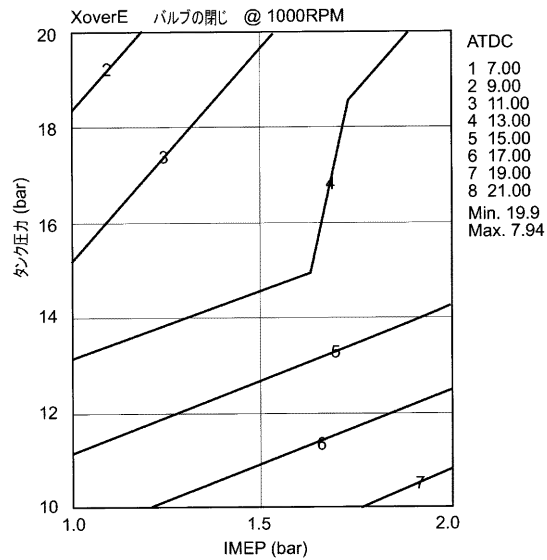
【図1】



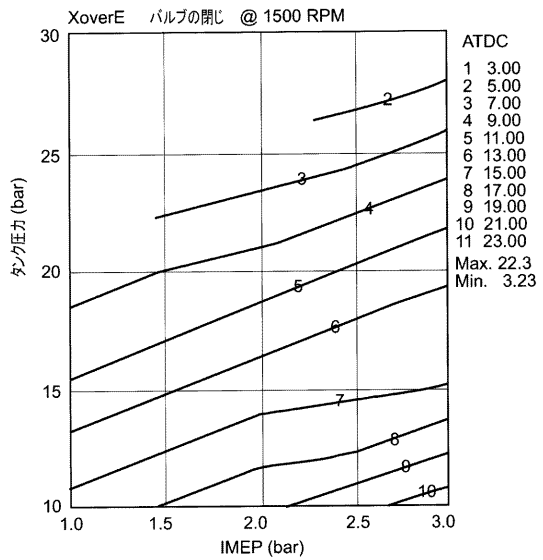
【図2】



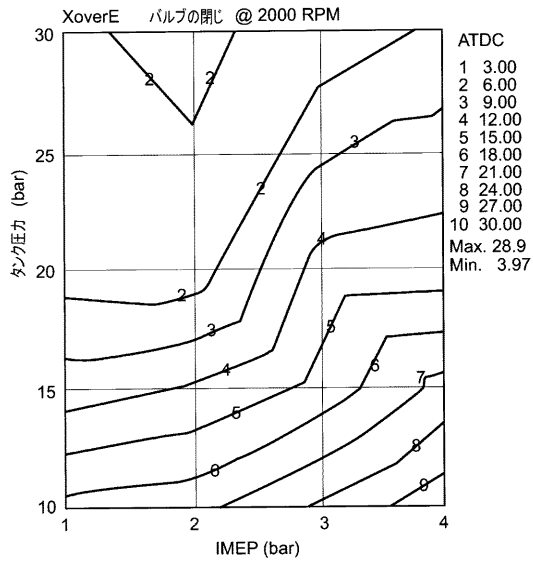
【図3】



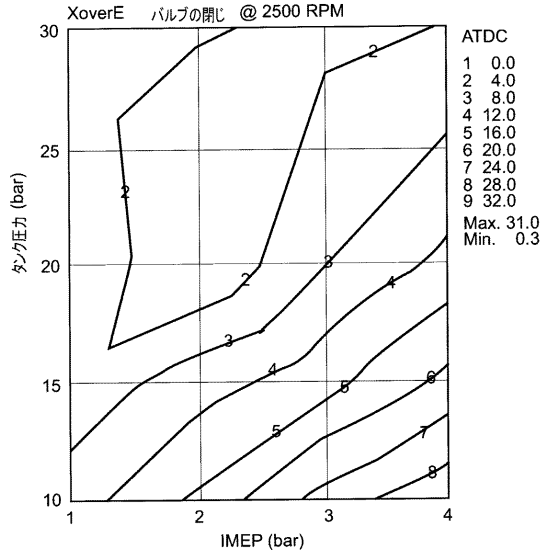
【図4】



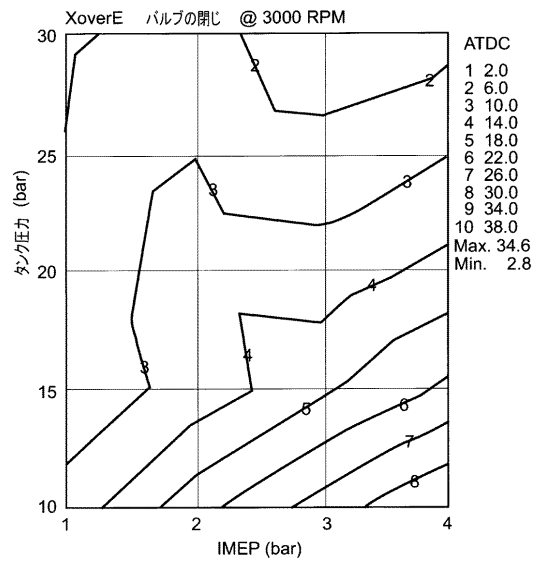
【 図 5 】



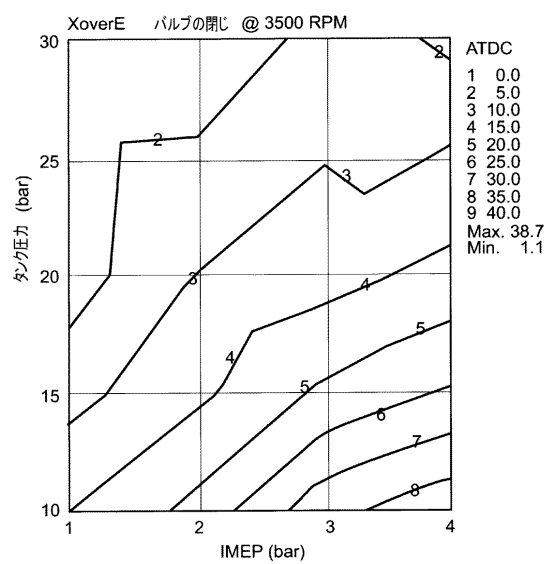
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 61/363,825
(32)優先日 平成22年7月13日(2010.7.13)
(33)優先権主張国 米国(US)

前置審査

- (72)発明者 ニコラス バダイン
イギリス ビーエヌ43 6ダブリュエル ウェスト サセックス ショアハム - パイ - シー ロ
スリン ロード 37
(72)発明者 イアン ギルバート
イギリス ビーエヌ43 5ワイイー ウェスト サセックス ショアハム - パイ - シー ビーチ
グリーン 67

審査官 石黒 雄一

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0157894(US, A1)
特表2007-521439(JP, A)
特開平07-054659(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02B 61/00 - 79/00
F01B 1/00 - 31/36
F02B 33/00 - 41/10
F02D 13/00 - 28/00