

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4746678号  
(P4746678)

(45) 発行日 平成23年8月10日 (2011. 8. 10)

(24) 登録日 平成23年5月20日 (2011. 5. 20)

(51) Int. Cl.	F I
<b>F O 2 B 75/18 (2006. 01)</b>	F O 2 B 75/18 C
<b>F O 4 B 41/04 (2006. 01)</b>	F O 4 B 41/04
<b>F O 2 P 5/15 (2006. 01)</b>	F O 2 P 5/15 Z

請求項の数 43 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2008-549472 (P2008-549472)	(73) 特許権者	504023903
(86) (22) 出願日	平成18年11月21日 (2006. 11. 21)		スクデリ グループ リミテッド ライア
(65) 公表番号	特表2009-522502 (P2009-522502A)		ビリティ カンパニー
(43) 公表日	平成21年6月11日 (2009. 6. 11)		アメリカ合衆国 01089 マサチュー
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/044978		セッツ州 ウェスト スプリングフィール
(87) 国際公開番号	W02007/081445		ド エルム ストリート 1111 スイ
(87) 国際公開日	平成19年7月19日 (2007. 7. 19)		ート 33
審査請求日	平成20年11月25日 (2008. 11. 25)	(74) 代理人	100077481
(31) 優先権主張番号	11/326, 909		弁理士 谷 義一
(32) 優先日	平成18年1月7日 (2006. 1. 7)	(74) 代理人	100088915
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	サルヴァトーレ シー. スクデリ
			アメリカ合衆国 01085 マサチュー
			セッツ州 ウェストフィールド サンセツ
			ト ドライブ 108
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 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】

エンジンのクランクシャフト軸を中心として回転するクランクシャフトと、  
該クランクシャフトの1回転中の膨張行程と排気行程を通して往復するように、動力ピストンを動力モード又はアイドルモードに置くべく選択的に制御可能である動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力ピストンと、

クランクシャフトの1回転中の吸気行程と圧縮行程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該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストンであって、圧縮モード又はアイドルモードに置くべく選択的に制御され得る圧縮ピストンと、

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとに作用的に連結され、該圧縮シリンダーから圧縮された空気を受け入れ、エンジンの作動中において、該クランクシャフトに動力を伝達するときに用いるために、該動力シリンダーに圧縮された空気を配送すべく選択的に作動可能な空気貯留部と、

該エンジンが、内燃機関 (ICE) モード、空気圧縮機 (AC) モード、及び予圧縮空気動力 (PAP) モードを含む少なくとも3つのモードで作動可能であるように、該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーと該空気貯留部との間でガスの流れを選択的に制御するバルブと、を備え、

該 ICE モードにおいて、該圧縮ピストン及び動力ピストンは、それぞれの圧縮モード

及び動力モードにあり、該圧縮ピストンは該動力シリンダー内で使用されるための吸入空気を吸入して圧縮し、該圧縮された空気は、該動力シリンダー内に膨張行程の初期において燃料とともに入れられ、着火され、燃焼され、そして該動力ピストンの同じ膨張行程において膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達し、及び燃焼生成物は排気行程で排出され、

該ACモードにおいて、該圧縮ピストンは、圧縮モードにあり、該空気貯留部に蓄えられる空気を、該動力シリンダーにおける後の使用のために、吸入して圧縮し、そして、

該PAPモードにおいて、該動力ピストンは動力モードにあり、該動力ピストンの膨張行程において膨張される圧縮された空気を該空気貯留部から受け入れ、動力をクランクシャフトに伝達し、膨張空気は排気行程で排出され、及び圧縮シリンダーからの圧縮空気は空気貯留部に受け入れられない、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。

10

【請求項2】

該PAPモードにおいて、燃料は膨張行程の初期において該圧縮された空気と混合され、そして、混合気が着火され、燃焼され、該動力ピストンの同じ膨張行程において膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達し、及び燃焼生成物は排気行程で排出されることを特徴とする請求項1に記載のエンジン。

【請求項3】

該PAPモードにおいて、該動力シリンダーに入れられた該圧縮された空気は、燃料の付加又は燃焼の開始がなくて膨張されることを特徴とする請求項1に記載のエンジン。

20

【請求項4】

該空気貯留部は、複数の圧縮行程からの圧縮された空気を受け入れて蓄えるべく寸法付けられたガス通路を備え、該ガス通路は該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結し、該ガス通路は、両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含むことを特徴とする請求項1に記載のエンジン。

【請求項5】

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路を含み、該ガス通路は両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含み、

該空気貯留部は、該入口バルブと該出口バルブとの間の位置において、空気貯留部通路により該圧力室に連結されていることを特徴とする請求項1に記載のエンジン。

30

【請求項6】

該空気貯留部通路内に空気貯留部制御バルブを含むことを特徴とする請求項5に記載のエンジン。

【請求項7】

該空気貯留部は、所定の圧力範囲内で比較的一定の圧力に維持すべく適合された蓄圧器であることを特徴とする請求項6に記載のエンジン。

【請求項8】

圧力室を有するガス通路により相互に連結された圧縮シリンダーと動力シリンダーとの複数の対を含み、

該圧力室は全て共通の空気貯留部に連結されていることを特徴とする請求項5に記載のエンジン。

40

【請求項9】

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路を含み、該ガス通路は両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含み、

該空気貯留部は、該空気貯留部から該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーへの入口及び出口の連結を備えて、該ガス通路に並行に連結されていることを特徴とする請求項1に記載のエンジン。

【請求項10】

該ICEモードにおいて、該動力ピストンがその上死点(TDC)に到達後の5ないし40度のクランク角(CA)の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項1に

50

記載のエンジン。

【請求項 1 1】

該 I C E モードにおいて、該動力ピストンがその上死点 ( T D C ) に到達後の 1 0 ないし 3 0 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 1 0 に記載のエンジン。

【請求項 1 2】

該 P A P モードにおいて、該動力ピストンがその上死点 ( T D C ) に到達後の 5 ないし 4 0 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 2 に記載のエンジン。

【請求項 1 3】

該 P A P モードにおいて、該動力ピストンがその上死点 ( T D C ) に到達後の 1 0 ないし 3 0 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 1 2 に記載のエンジン。

【請求項 1 4】

該エンジンは、該 I C E モード及び該 P A P モードにおいて、同時に作動可能であることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジン。

【請求項 1 5】

該 I C E モード及び該 P A P モードの一の間、該動力ピストンがその T D C に到達後の 5 ないし 4 0 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジン。

【請求項 1 6】

該 I C E モード及び該 P A P モードの一の間、該動力ピストンがその T D C に到達後の 1 0 ないし 3 0 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 1 5 に記載のエンジン。

【請求項 1 7】

エンジンのクランクシャフト軸を中心として回転するクランクシャフトと、  
該クランクシャフトの 1 回転中の膨張行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力ピストンと、

クランクシャフトの 1 回転中の吸気行程と圧縮行程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該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストンと、

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路であって、両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含むガス通路と、

第 1 の貯留部通路によって該動力シリンダーに直接に連結され、且つ、第 2 の貯留部通路によって該圧縮シリンダーに直接に連結された空気貯留部であって、該空気貯留部はクロスオーバー通路との直接の連結から分離されて、それに並行に連結され、エンジンの作動中において、該圧縮シリンダーから圧縮された空気を受け入れ、該クランクシャフトに動力を伝達するときに用いるために、該動力シリンダーに圧縮された空気を配送すべく選択的に作動可能な空気貯留部と、

を備える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 1 8】

該第 1 の貯留部通路内の第 1 の貯留部制御バルブと、該第 2 の貯留部通路内の第 2 の貯留部制御バルブとを含むことを特徴とする請求項 1 7 に記載のエンジン。

【請求項 1 9】

該エンジンは、内燃機関 ( I C E ) モード、空気圧縮機 ( A C ) モード、及び予圧縮空気動力 ( P A P ) モードを含む少なくとも 3 つのモードで作動可能であり、

該 I C E モードにおいて、該圧縮ピストンは該動力シリンダー内で使用されるための吸入空気を吸入して圧縮し、該吸入空気は、該動力シリンダー内に膨張行程の初期において燃料とともに入れられ、着火され、燃焼され、そして該動力ピストンの同じ膨張行程にお

10

20

30

40

50

いて膨張され、

該 A C モードにおいて、該圧縮ピストンは、該空気貯留部に蓄えられる空気を、該動力シリンダーにおける後の使用のために、吸入して圧縮し、そして、

該 P A P モードにおいて、該動力シリンダーは貯留された空気を該空気貯留部から受け入れ、該貯留部の空気は該動力シリンダー内に膨張行程の初期において燃料とともに入れられ、着火され、燃焼され、そして該動力ピストンの同じ膨張行程において膨張されることを特徴とする請求項 17 に記載のエンジン。

【請求項 20】

該 I C E モード及び該 P A P モードの間、該動力ピストンがその T D C に到達後の 5 ないし 40 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 19 に記載のエンジン。

10

【請求項 21】

該 I C E モード及び該 P A P モードの間、該動力ピストンがその T D C に到達後の 10 ないし 30 度のクランク角 ( C A ) の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項 20 に記載のエンジン。

【請求項 22】

該エンジンは、該 I C E モード及び該 P A P モードにおいて、同時に作動可能であることを特徴とする請求項 19 に記載のエンジン。

【請求項 23】

該エンジンの圧縮比及び膨張比は、26 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジン。

20

【請求項 24】

該エンジンの圧縮比及び膨張比は、40 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジン。

【請求項 25】

該エンジンの圧縮比及び膨張比は、80 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジン。

【請求項 26】

クランクシャフトの 1 回転中の膨張行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力ピストンと、

30

該クランクシャフトの 1 回転中の吸気行程と圧縮行程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該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストンと、

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとの間に作用的に連結され、エンジンの作動中において、該クランクシャフトに動力を伝達するときに用いるために、該圧縮シリンダーから圧縮された空気を受け入れ、該動力シリンダーに圧縮された空気を配送すべく選択的に作動可能な空気貯留部と、

該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーと該空気貯留部との間でガスの流れを制御するバルブと、

40

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、

該動力シリンダーは、

該空気貯留部又は該圧縮シリンダーからの圧縮された空気が、燃料とともに又は燃料なしに、該動力シリンダーに配送される動力モード、及び

該空気貯留部又は該圧縮シリンダーからの圧縮された空気が、該動力シリンダーに配送されないアイドルモードに、

動力ピストンを置くべく、選択的に作動可能である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 27】

該圧縮シリンダーは、

50

圧縮された空気が、該圧縮シリンダーから該空気貯留部又は該動力シリンダーに受け入れられる圧縮モード、及び

該空気貯留部又は該圧縮シリンダーからの圧縮された空気が、該動力シリンダーに配送されないアイドルモードに、  
該圧縮ピストンを置くべく選択的に作動可能であることを特徴とする請求項 2 6 に記載のエンジン。

【請求項 2 8】

該圧縮シリンダーから少なくとも幾らかの圧縮された空気が、燃料とともに、該動力シリンダーに配送される内燃機関モードと、

該圧縮シリンダーからの圧縮された空気が該空気貯留部に受け入れられるが、該圧縮シリンダーからの圧縮された空気が該動力シリンダーに配送されない空気圧縮機モードと、

該空気貯留部からの圧縮された空気が、燃料とともに又は燃料なしに、該動力シリンダーに配送されるが、該圧縮シリンダーからの圧縮された空気は該空気貯留部に受け入れられない予圧縮空気動力モードと、

のエンジンの作動モードの少なくとも 2 つのモードのいずれか 1 つを選択すべく作動可能な制御機構をさらに備えることを特徴とする請求項 2 6 に記載のエンジン。

【請求項 2 9】

該制御機構は、

該空気貯留部と該動力シリンダーとの間で作動可能に連結され、該空気貯留部からの圧縮された空気の該動力シリンダーへの流れを制御すべく作用する貯留部出口制御バルブと

、  
該圧縮シリンダーの吸入ポートに配置され、該圧縮シリンダーへ吸入される空気を制御すべく作用する吸入制御バルブと、

を備えることを特徴とする請求項 2 8 に記載のエンジン。

【請求項 3 0】

該制御機構は、該貯留部出口制御バルブと該吸入制御バルブとを選択的且つ独立に作動させるための制御ユニットを、さらに備えることを特徴とする請求項 2 9 に記載のエンジン。

【請求項 3 1】

予圧縮空気動力モードでの作動時に、燃料は膨張行程の初期において該動力シリンダーに配送される圧縮された空気と混合され、そして、該混合気が着火され、燃焼され、該動力ピストンの前記膨張行程において膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達し、及び燃焼生成物は排気行程で排出されるように構成されていることを特徴とする請求項 2 8 に記載のエンジン。

【請求項 3 2】

予圧縮空気動力モードでの作動時に、該動力シリンダーに配送される圧縮された空気は燃料の付加又は燃焼の開始がなくて膨張されることを特徴とする請求項 2 8 に記載のエンジン。

【請求項 3 3】

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガスクロスオーバー通路をさらに含み、該ガスクロスオーバー通路は、両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含み、該バルブは独立して作用することを特徴とする請求項 2 6 に記載のエンジン。

【請求項 3 4】

該空気貯留部は、貯留部制御バルブを通して該ガスクロスオーバー通路に連結されていることを特徴とする請求項 3 3 に記載のエンジン。

【請求項 3 5】

エンジンのクランクシャフト軸を中心として回転するクランクシャフトと、

該クランクシャフトの 1 回転中の膨張行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力

10

20

30

40

50

ピストンと、

クランクシャフトの1回転中の吸気行程と圧縮行程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該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストンと、

該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路であって、間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含むガス通路と、

該入口バルブと該出口バルブとの間で、該圧力室に貯留部通路によって連結された空気貯留部であって、エンジンの作動中において、該クランクシャフトに動力を伝達するときに用いるために、該圧縮シリンダーから圧縮された空気を受け入れ、該動力シリンダーに圧縮された空気を配送すべく選択的に作動可能な空気貯留部と、

エンジンが予圧縮空気動力(PAP)モードで作動可能なように、該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーと該空気貯留部との間でガスの流れを制御するバルブと、を備え、

該PAPモードにおいて、該動力シリンダーは圧縮された空気を該動力ピストンの膨張行程の初期において該空気貯留部から受け入れ、該圧縮された空気は該同じ膨張行程中に燃料と混合され、該動力シリンダー内で点火又は圧縮着火により着火され、燃焼され、そして該同じ膨張行程において膨張されて、クランクシャフトに動力を伝達する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36】

該PAPモードにおいて、該圧縮シリンダーからの圧縮された空気は該空気貯留部に受け入れられないことを特徴とする請求項35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37】

該PAPモードにおいて、該動力ピストンがそのTDCに到達後の5ないし40度のクランク角(CA)の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項35に記載のエンジン。

【請求項38】

該PAPモードにおいて、該動力ピストンがそのTDCに到達後の10ないし30度のクランク角(CA)の範囲内で、燃料が着火されることを特徴とする請求項37に記載のエンジン。

【請求項39】

該空気貯留部は、複数の圧縮行程から圧縮された空気を受け入れて蓄えるべく寸法付けられたガス通路を備え、該ガス通路は該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーを相互に連結し、両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含むことを特徴とする請求項35に記載のエンジン。

【請求項40】

該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーを相互に連結するガス通路を備え、該ガス通路は両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含み、

該空気貯留部は該入口バルブと該出口バルブとの間の位置において、該圧力室に空気貯留部通路によって連結されていることを特徴とする請求項35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41】

該空気貯留部通路内に空気貯留部制御バルブを含むことを特徴とする請求項40に記載のエンジン。

【請求項42】

該空気貯留部は、所定の圧力範囲内で相対的に一定の圧力に維持すべく適合された蓄圧器であることを特徴とする請求項41に記載のエンジン。

【請求項43】

圧力室を有するガス通路によって相互に連結された圧縮シリンダー及び動力シリンダーの複数の対を含み、該圧力室は全て共通の空気貯留部に連結されていることを特徴とする請求項40に記載のエンジン。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、分割サイクル空気ハイブリッドエンジンと称する2006年1月7日出願の米国特許出願第11/326,909の利益を主張し、その全体が参照により本出願に組み入れられている。

## 【0002】

本発明は、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】

10

## 【0003】

本出願に用いられている用語、分割サイクルエンジンは、エンジン技術分野における当業者に一般に知られ、定着した意味をまだ受け取っていないかもしれない。したがって、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るように、そして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、エンジンのクランクシャフト軸を中心として回転するクランクシャフト、該クランクシャフトの1回転中の動力（すなわち、膨張）行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力ピストン、該クランクシャフトの1回転中の吸気行程と圧縮行程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該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストン、及び該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路であって、両者間に圧力室を画成する入口及び出口（すなわち、クロスオーバー）のバルブを含むガス通路、を備えている。

20

## 【0005】

明瞭化の目的のために、下記は、ここに説明される種々のエンジン作動モードのための頭字語のリストである。

30

## 【0006】

- A C (Air compressor) 空気圧縮機
- A M (Air mortoring) 空気モータリング
- C B (Compression braking) 圧縮制動
- I C E (Internal combustion engine) 内燃機関
- P A P (Pre-compressed air power) 予圧縮空気動力
- P C A (Pre-compressed combustion air) 予圧縮燃焼空気

本発明の譲受人に全て譲渡されている特許文献1、特許文献2及び特許文献3は、ここに定義されたような分割サイクル内燃機関の例を開示している。これらの特許は、これらの特許が許可される際に背景として引用された、米国及び外国の特許及び出版物の広範囲なリストを含んでいる。用語、「分割サイクル」は、これらのエンジンのために用いられてきた。というも、これらは、従来の圧力/容積オートサイクルの4つの行程（すなわち、吸入、圧縮、動力、排気）を、2つの専用のシリンダー（すなわち、一のシリンダーは高圧の圧縮行程に、他のシリンダーは高圧の動力行程に専用される）によって、文字通り分割するからである。

40

## 【0007】

最近、かなりの研究が、例えば、電気ハイブリッドシステムと比較して、空気ハイブリッドエンジンに向けられている。電気ハイブリッドシステムは、蓄電池及び電気発電機の、従来の4行程サイクルエンジンとモータとへの追加を必要とする。空気ハイブリッドは、ハイブリッドシステムの利益をもたらすためには、従来のエンジンの機能と共に、圧縮

50

機と空気モータの機能を含んでいるエンジンに加えられる、空気圧貯留器の追加のみを必要とする。これらの機能は、制動の間に加圧された空気を貯蔵し、そして、次の始動及び加速の際に、エンジンを駆動するために、加圧された空気を使用することを含んでいる。

【0008】

しかしながら、先行技術は、単一のシリンダー内で圧縮、燃焼及びモータリングの機能を遂行させるために、従来の4行程サイクルエンジンを適合させることのみを伴うように思われる。それから、これは、複雑なバルブ及び駆動系システムと、作動中に、圧縮制動(CB)モードから空気モータリング(AM)モードへ、及び従来の内燃機関(ICE)モードへ戻るといった切り替えが可能な制御とを必要とする。

【0009】

典型的な例では、車両を駆動するために圧縮空気を、貯蔵又は利用しないとき、先行技術の空気ハイブリッドエンジンは、従来の内燃機関として作動する。ここでは、オットーサイクルの4つの行程(吸入、圧縮、動力及び排気)がクランクシャフトの2回転ごとに各ピストンで遂行される。しかしながら、圧縮制動モードの間には、従来のエンジンのそれぞれのシリンダーが、車両運動によって車両の車輪から駆動され、2行程往復ピストン空気圧縮機として作動するように構成されている。空気は外部の大気からエンジンシリンダー内に受け入れられ、そこで圧縮され、空気貯留器の中に追い出される。エンジンのピストンで遂行された仕事は、車両の運動エネルギーを吸収して、そしてその速度を遅くするか、あるいはその運動を制限する。このようにして、車両運動の運動エネルギーは空気貯留器に貯蔵される圧縮空気のエネルギーに変換される。

【0010】

空気モータリングモードの間には、エンジンのそれぞれのシリンダーは、燃焼なしで、推進力のための動力行程を生じさせるべく、貯蔵された圧縮空気を利用するよう構成されている。これは、第1の動力行程の間に、ピストンを上死点(TDC)から下死点(BDC)まで下降駆動すべく、シリンダー内に貯蔵された圧縮空気を入れてまず膨張させることによって、達成され得る。それから、ピストンは、それらがBDCからTDCまで移動するとき、膨張されたガスを圧縮する。そこで燃料がシリンダーに噴射され、そして、TDCの直前に着火される。それから、膨張している燃焼生成物は、クランクシャフトの第2の回転での第2の動力行程の間にピストンを再び下方に駆動する。

【0011】

代わりに、空気モータリングは、クランクシャフトの各回転の間の燃焼なしでの動力行程のために、動力ピストンをTDCからBDCまで下降駆動すべく、貯蔵された圧縮空気を膨張させることによって、達成され得る。空気モータリングのこの代わりの方法は、空気貯留器の中の圧力が閾値以下に下がるまで継続することができる。そして、この閾値のとき、エンジンは前に述べた空気モータリングモード又は従来のICEエンジン作動モードのいずれかに切り替えてもよい。

【0012】

【特許文献1】米国特許第6,543,225 B2号明細書

【特許文献2】米国特許第6,609,371 B2号明細書

【特許文献3】米国特許第6,952,923号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

問題として、CB、AM及びICEモードの間で切り替えるためには、バルブ又は駆動伝達システムが複雑で、高価で、そして制御又は維持するのが難しくなるということである。加えて、各シリンダーが、それぞれのモードのために全ての機能を成し遂げねばならないので、容易には最適化され得ないということである。例えば、ピストンとシリンダーとは、ちょっと空気圧縮機として作動するときでさえ、爆発的な燃焼事象にも耐えるように設計されねばならない。したがって、燃焼の熱に耐えるべく要求される耐性及び材質のせいで、圧縮機モードの効率に対しては犠牲が払われねばならない。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 1 4 】

全てのシリンダーにおいて、それぞれのモード（ICE、CB及びAM）のために全ての機能を遂行することによるもう1つの問題は、2つのモードが並行（すなわち、同時）に行われ得ないということである。先行技術の空気ハイブリッドシステムは従来のエンジンを利用しているため、各モードにおける作動が直列的であることに制限され、このことは、その能力に固有の制限条件を課している。例えば、エンジンが（ICEモードで）内燃機関として作動しているときは、CBモードは利用され得ず、空気貯留器は、動いている車両の制動機能の際に蓄圧され得るだけである。この制限は、空気貯留器内の蓄圧物を維持する際に問題となる。さらに、この制限はまた、同じく先行技術の空気ハイブリッドシステムは動いている車両にのみ適用できるだけであり、定置の発電機のような静止の用途のためには実用的ではないということの意味している。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 5 】

本発明は、分割サイクルエンジンの特徴を空気ハイブリッドの概念及び種々の単純化された制御の特徴と組み合わせ、その結果として生じるハイブリッドエンジンの実施形態の作動と制御のための新規な装置を提供する。本発明の独特な利点は、分割サイクルエンジンが専用の圧縮及び動力ピストンを含むことから、ここに説明される2つ以上のエンジンモードが同時に（すなわち、並行に）作動され得るということである。

## 【 0 0 1 6 】

広い概念で捉えるに、本発明による分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、エンジンのクランクシャフト軸を中心として回転するクランクシャフトと、  
該クランクシャフトの1回転中の膨張行程と排気行程を通して往復するように、動力シリンダー内に摺動可能に収容されると共に該クランクシャフトに作用的に連結された動力ピストンと、  
クランクシャフトの1回転中の吸気行程と圧縮行程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該クランクシャフトに作用的に連結された圧縮ピストンであって、圧縮モード又はアイドルモードに置くべく選択的に制御され得る圧縮ピストンと、  
該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとに作用的に連結され、該圧縮シリンダーから圧縮された空気を受け入れ、エンジンの作動中において、該クランクシャフトに動力を伝達するときに用いるために、該動力シリンダーに圧縮された空気を配送すべく選択的に作動可能な空気貯留部と、  
該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーと該空気貯留部との間でガスの流れを選択的に制御するバルブと、  
を好ましくは含んでいる。

20

30

## 【 0 0 1 7 】

代わりに、該動力シリンダーは、動力ピストンを動力モード又はアイドルモードに置くべく選択的に制御可能であってもよい。

## 【 0 0 1 8 】

ここにある目的のために、圧縮ピストンがアイドルモードに置かれるとき、それは、クランクシャフトの単一の回転のために、圧縮ピストンによってクランクシャフトになされる正味の負の仕事（クランクシャフトの回転方向に対向する）の全体の量は無視し得ることを意味する。一般的に言って、圧縮ピストンのアイドルモードにおける無視し得る仕事は、もし圧縮ピストンがその圧縮モードにあったとして、クランクシャフトになされる負の仕事の20%以下であろう。

40

## 【 0 0 1 9 】

さらに、ここにある目的のために、動力ピストンがアイドルモードに置かれるとき、それは、クランクシャフトの単一の回転のために、動力ピストンによってクランクシャフトになされる正味の正の仕事（クランクシャフトの回転方向に進める）の全体の量は無視し得ることを意味する。一般的に言って、動力ピストンのアイドルモードにおける無視し得

50

る仕事は、もし動力ピストンがその動力モードにあったとして、クランクシャフトになされる正の仕事の20%以下であろう。

【0020】

概して、本発明によるエンジンは、内燃機関(ICE)モード、空気圧縮機(AC)モード、及び予圧縮空気動力(PAP)モードを含む少なくとも3つのモードで作動可能である。

【0021】

ICEモードにおいて、該圧縮ピストン及び動力ピストンは、それぞれの圧縮モード及び動力モードにある。該圧縮ピストンは該動力シリンダー内で使用されるための吸入空気を吸入して圧縮する。該圧縮された空気は、動力ピストンがその上死点(TDC)に到達した後すぐに、該動力シリンダー内に膨張行程の初期において燃料とともに入れられる。その後、燃料/空気の混合気が着火され、燃焼され、そして該動力ピストンの同じ膨張行程において膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達する。燃焼生成物は排気行程で排出される。

10

【0022】

ACモードにおいて、該圧縮ピストンは、圧縮モードにあり、空気貯留部に蓄えられる空気を、該動力シリンダーにおける後の使用のために、吸入して圧縮する。

【0023】

PAPモードにおいて、該動力シリンダーは動力モードにあり、該動力ピストンの膨張行程において膨張される圧縮された空気を該空気貯留部から受け入れ、動力をクランクシャフトに伝達する。膨張空気は排気行程で排出される。

20

【0024】

本発明のある特定の好ましい実施形態では、動力が、ICEモードのそれと同様な方法でPAPモードにおいて創り出される。すなわち、PAPモードでの作動の間に、燃料は、動力ピストンがその上死点(TDC)位置に到達した後すぐに、膨張行程の初期において、圧縮された空気と混合される。そして、混合気は着火され、燃焼され、該動力ピストンの同じ膨張行程において膨張されて、動力をクランクシャフトに伝達する。燃焼生成物は排気行程で排出される。

【0025】

エンジンの他の代替の実施形態では、動力は、前に説明された空気モータリングモードのそれと同様な方法で、PAPモードで創り出される。すなわち、PAPモードでの作動の間に、動力シリンダーに入れられた圧縮空気は、燃料の付加又は燃焼の開始がなくて膨張される。

30

【0026】

エンジンの第1の例示的实施形態では、空気貯留部が、複数の圧縮行程からの圧縮された空気を受け入れて蓄えるべく寸法付けられたガス通路を備え、該ガス通路は該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結する。該ガス通路は、両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含んでいる。

【0027】

エンジンの第2の例示的实施形態では、該ガス通路は該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結し、該ガス通路は両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含む。しかしながら、該空気貯留部は、該入口バルブと該出口バルブとの間の位置において、空気貯留部通路により該圧力室に連結されている。

40

【0028】

エンジンの第3の例示的实施形態は、ICE運転の間に圧力室から貯留部の分離を可能にするために空気貯留部通路内に空気貯留部制御バルブを加えている。

【0029】

エンジンの第4の例示的实施形態では、空気貯留部は、所定の圧力範囲内で比較的一定の圧力に維持すべく適合された蓄圧器である。

【0030】

50

エンジンの第5の実施形態は、圧力室を有するガス通路により相互に連結された圧縮シリンダーと動力シリンダーとの複数の対を含み、該圧力室は全て単一の空気貯留部に連結されている。

【0031】

本発明の第6の代替の実施形態では、エンジンが、該圧縮シリンダーと該動力シリンダーとを相互に連結するガス通路を含み、該ガス通路は両者間に圧力室を画成する入口バルブと出口バルブとを含む。該空気貯留部は、該空気貯留部から該圧縮シリンダー及び該動力シリンダーへの入口及び出口の連結を備えて、該ガス通路に並行に連結されている。

【0032】

本発明のこれらと他の特徴及び利点は、添付の図面と共になされる以下の発明の詳細な説明からより十分に理解されるであろう。

【0033】

図面の図1をまず詳細に参照するに、数字10は、概ね、本発明による分割サイクル空気ハイブリッドエンジンの第1の例示の実施形態を示している。概略的に示されているエンジン10は、先行する特許文献1、特許文献2及び特許文献3（スカデリ特許）に開示された概ね分割サイクルの形式のものであり、それらの全体は参照によりここに組み入れられている。

【0034】

図示のように、エンジンは、それを貫通して延在する、第1のシリンダー14と隣接する第2のシリンダー16とを有しているエンジンブロック12を含んでいる。クランクシャフト18が、図面の平面と直交して延在する、クランクシャフト軸線20の回りを回転するように、ブロック12で軸受けされている。シリンダー14、16の上端部は、シリンダーヘッド22によって閉じられている。

【0035】

第1及び第2のシリンダー14、16は内部の軸受表面を画成し、そこで、第1の動力ピストン24及び第2の圧縮ピストン26が往復のためにそれぞれ受け入れられている。シリンダーヘッド22、動力ピストン24及び第1のシリンダー14は、動力シリンダー14内に可変容積の燃焼室25を画成している。シリンダーヘッド22、圧縮ピストン26及び第2のシリンダー16は、圧縮シリンダー16内に可変容積の圧縮室27を画成している。

【0036】

クランクシャフト18は、軸線方向に変位され且つ角方向にオフセットされた第1及び第2のクランクスロー28、30を含み、両クランクスロー28、30の間に位相角31を有している。第1のクランクスロー28は第1のコネクティングロッド32によって第1の動力ピストン24に回動可能に連結され、そして、第2のクランクスロー30は第2のコネクティングロッド34によって第2の圧縮ピストン26に回動可能に連結されており、それらのシリンダーにおけるピストンは、それらのクランクスローの角方向オフセットとシリンダー、クランク及びピストンの幾何学的な関係とによって決定される時間的關係をもって往復する。

【0037】

もし望まれるなら、ピストンの運動とタイミングとを関係付ける代替のメカニズムが利用されてもよい。タイミングは、スカデリ特許の開示と同じ、あるいは、要望に応じて変えてもよい。クランクシャフトの回転方向と、下死点（BDC）位置の近くにおけるピストンの相対運動とが、図面でそれらの対応する部品と関連付けられた矢印によって指示されている。

【0038】

シリンダーヘッド22は、分割サイクル空気ハイブリッドエンジン10の所望の目的を達成するのに適した種々の通路、ポート及びバルブの全てを含んでいる。図示された第1の実施形態では、前に言及された特許のガス通路/圧力室がより大きな空気貯留器36に置き換えられている。空気貯留器36は、第2のシリンダー16の閉じられた端部に開口

10

20

30

40

50

する貯留器入口ポート 38 を介して、且つ、第 1 のシリンダー 14 の閉じられた端部に開口する貯留器出口ポート 40 を介してヘッド 22 に連結されている。スカデリ特許で実証された形式のより小さいガス通路とは反対に、空気貯留器 36 は圧縮ピストン 26 の複数の圧縮行程からの圧縮空気エネルギーを受け取って、そして貯留する大きさとされている。第 2 のシリンダー 16 はまた、従来の吸入ポート 42 と接続し、そして第 1 のシリンダー 14 は同じく従来の排気ポート 44 と接続する。

【 0 0 3 9 】

スカデリ特許におけるエンジンのバルブに類似している、シリンダーヘッド 22 でのバルブは、貯留器入口チェックバルブ 46 と、3 つのカム起動ポペットバルブ、すなわち、貯留器出口バルブ（すなわち、クロスオーバーバルブ）50、第 2 のシリンダーの吸気バルブ 52 及び第 1 のシリンダーの排気バルブ 54 とを含む。チェックバルブ 46 は、第 2 の（圧縮）シリンダー 16 から貯留器入口ポート 38 へのただ一方の圧縮空気の流れのみを許容する。貯留器出口バルブ 50 は、貯留器 36 から第 1 の（動力）シリンダー 14 への高圧空気の流れを許容すべく開けられる。

10

【 0 0 4 0 】

本エンジン 10 は、ソレノイドで起動され得る 2 つの追加のバルブを含む。これらは、シリンダーの吸入ポート 42 内の吸入制御バルブ 56 及び貯留器出口ポート 40 内の貯留器出口制御バルブ 58 を含んでいる。これらのバルブは、2 位置オン オフバルブであってもよいが、しかし、もし望むなら、スロットルバルブの如くに作動されるように、可変位置制御を含んでもよい。

20

【 0 0 4 1 】

ポペットバルブ 50、52、54 は、引き続き論じられるように、バルブを起動すべくそれぞれバルブ 50、52、54 に係合するカムロープ 66、68、70 を有するカムシャフト 60、62、64 のような、全ての適切な装置によって起動されてもよい。代わりに、バルブ 50、52 及び 54 と他のバルブ 46、56 及び 58 とも同様に、電子的、空気圧的、あるいは流体圧的に起動されてもよい。

【 0 0 4 2 】

点火プラグ 72 もまた、空気-燃料の充填物を不図示の着火制御装置によって正確な時期に着火するために、電極が燃焼室 25 の中に延在するという状態で、シリンダーヘッドに取り付けられている。エンジンがディーゼルエンジンとして作られて、そして、もし望むなら、点火プラグなしで作動され得るということが理解されるべきである。さらに、エンジン 10 は、水素あるいは天然ガスのような一般的な往復ピストンエンジンに適した如何なる燃料でも作動すべく設計されてもよい。

30

【 0 0 4 3 】

図面における図 2 ないし 6 は、図 1 のエンジン 10 の変形である種々の代替の実施形態を開示しており、以下に説明される。6 つの模範的な実施形態の全ての作動が、以降に説明されるであろう。

【 0 0 4 4 】

図 2 を参照するに、第 2 の実施形態のエンジン 74 が開示され、ここで、同一参照番号は同一の部分を示す。エンジン 74 は概ねエンジン 10 と同様であるが、小さい容積のクロスオーバー（すなわち、ガス）通路 76 が、一端部における、入口ポート 38 及び入口チェックバルブ 46 と、反対の端部における出口ポート 40 及び出口バルブ 50 との間で連結されているという点で、異なる。このクロスオーバー通路 76 は、第 2 のシリンダー 16 での圧縮室 27 と第 1 のシリンダー 14 での燃焼室 25 との間に延在して、そして先行のスカデリ特許におけるクロスオーバー通路に類似している。空気貯留器と反対に、このクロスオーバー通路 76 は、後の使用のために相当量の圧縮空気エネルギーを貯留する大きさとされていない。どちらかと言えば、通路 76 は、エンジン 74 の ICE モードの際に、圧縮されたガスの最も効率的な移送のために、実際に可能な限り小さく典型的には設計されている。

40

【 0 0 4 5 】

50

追加の変更例では、別個の空気貯留器 36 が貯留器ランナーすなわち貯留器通路 78 を介してクロスオーバー通路 76 に接続され、そして、クロスオーバー通路 76 を介して入口ポート 38 と出口ポート 40 に接続している。貯留器出口ソレノイド制御バルブ 58 は、出口ポート 40 と貯留器ランナー 78 との間の通路 76 に位置されている。バルブ 58 は、圧縮空気が最少の抵抗の通路に従い、そして主に通路 76 を通って燃焼室 25 の中に流れることを可能にするために、ICEモードの際に開いている。バルブ 58 は、貯留器 36 に圧縮空気を送り込むためにACモードの際に閉じられ、そして貯留器 36 から圧縮空気を取り出すためにPAPモードの際には開いていてもよい。

【0046】

今、図面の図3を参照するに、エンジン80の第3の実施形態が開示されており、それは図3で、第3の電磁バルブ82が付加されていることのみでエンジン74と異なっている。バルブ82は、所望のとき、空気貯留器36のクロスオーバー通路76との接続を断絶するために、ランナー78とクロスオーバー通路76との接合部でランナー78に位置されている。

10

【0047】

バルブ82を介して空気貯留器36を隔離することによって、全体的なエンジン80の性能は運転のICEモードの間にいっそう効果的に最適化され得る。例えば、ICEモードの間に全ての圧縮空気がクロスオーバー通路76を通して流され得る。したがって、クロスオーバー通路76は、空気貯留器との相互作用を伴わず最も効率的なガスの転送のために設計され得る。さらに、バルブ82は、PAPモードの間の部分負荷状態のための絞り用のバルブとして利用され得る。

20

【0048】

図4は、図3のエンジン80に類似している第4実施形態のエンジン84を示している。それは、ダイアフラム又は袋87とばね機構88との追加によって、圧力蓄圧器86へと空気貯留器を変換したことで異なっている。これらは、蓄圧器86に存在している空気を加圧して、そして、貯留器が空であるか、あるいは最大の制御圧力まで満たされている状態の間で、比較的一定の圧力に内容物を維持するべく作用する。

【0049】

図5は、少なくとも2つのシリンダー対90を有し、それぞれが図3のエンジン80と等しい第5実施形態の多気筒エンジン89を示している。エンジン89は、全てのシリンダー対のクロスオーバー通路76に連結された共通の供給源貯留器92を含むべく修正され、それぞれの貯留器ランナー78のそれぞれのクロスオーバー通路76との連通を制御する貯留器制御電磁バルブ82を備えている。

30

【0050】

図6は、図3のエンジン80に最も類似している第6実施形態のエンジン94を開示している。エンジン94は、空気貯留器36が、チェックバルブ46、電磁バルブ58及び出口バルブ50によって制御されたままであるクロスオーバー通路76との直接の連結から分離されているという点で異なる。空気貯留器36は、クロスオーバー通路76と並行して、貯留器を直接に第1のシリンダー14の燃焼室25及び第2のシリンダー16の圧縮室27にそれぞれ接続している第1及び第2の貯留器ランナー（すなわち通路）96、98、によって連結されている。第4及び第5のソレノイド制御バルブ100、102がそれぞれランナー96、98とシリンダー14、16との間の流れを制御する。

40

【0051】

本発明による分割サイクル空気ハイブリッドエンジンの説明された例示の実施形態の作動が、限定ではなく説明の目的で、今、論じられる。追加の方法及び変形は本発明の意図された範囲内に適切に入るべきであることが理解される。

【0052】

基本的に、本発明の分割サイクル空気ハイブリッドエンジンは、少なくとも3つのモード、内燃機関（ICE）モード、空気圧縮機（AC）モード及び予圧縮空気動力（PAP）モードで典型的に作動可能である。PAPモードは、好ましくは、予圧縮された空気と

50

燃料が、膨張行程の間に動力ピストンがその上死点位置に到達したすぐ後に混合され、そして、次に燃料/空気の混合気が、同じ膨張行程の間に動力ピストンを下方に駆動するべく燃焼される予圧縮燃焼空気動力（PCA）モードを含む。代わりに、PAPモードは、燃焼なしで膨張行程をもたすために予圧縮空気が利用される空気モータリング（AM）モード（ここで前に例示されたように）の種々の形式を含むことがあり得る。より詳細に論じられるように、本発明の分割サイクルの空気ハイブリッドエンジンは、別個の専用の圧縮及び動力シリンダーを有するから、3つのモード、ICE、AC及びPAPは、望むなら連続的あるいは並行して運行され得る。

【0053】

ICEモードは、基本的に前に言及されたスカデリ特許で開示されたエンジンの普通の作動モードである。通常のピストンエンジンのサイクルの吸入、圧縮、動力及び排気行程が、分割サイクルエンジンの圧縮及び動力シリンダーの間で分けられる。

【0054】

図1の実施形態を参照すると、スカデリの合衆国特許（特許文献1、特許文献2及び特許文献3）で説明されるように、分割サイクルエンジンは先行技術の分割サイクルエンジンによりも有利な構造的なパラメータを含んでいる。これらの利点の多くは、エンジン10のICEモードの以下の議論との関係で説明されるであろう。図1の空気貯留器36が、分離されたクロスオーバー（又はガス）通路76と引続く図2ないし6の空気貯留器36との両方の組合された機能を遂行することを指摘することは重要である。

【0055】

ICEモードでは、吸入ソレノイドバルブ56、58が開いたままである。吸気行程では吸気バルブ52が開き、圧縮ピストンが下方に動くにつれ、圧縮室27に空気を引き入れる。圧縮行程では吸気バルブ52が閉じ、そしてピストン26が上昇して空気を圧縮し、そしてそれをチェックバルブ46と入口ポート38を介して空気貯留器36に圧送する。

【0056】

動力ピストン24は、クランクシャフトの回転角の実質的に0度よりも大きい位相角31だけ圧縮ピストン26を先行する。ここに規定されるように位相角31は、動力ピストン24がその上死点（TDC）位置に到達した後に圧縮ピストン26がそのTDC位置に到達するために、クランクシャフト18が回転しなければならないクランク角（CA）回転の度である。図1に示された特定の実施形態では、第1及び第2のクランクスロー28及び30の間の角度の大きさが位相角31に等しい。好ましくは、この位相角は10から40度CA、より好ましくは20から30度CAの間である。位相角31は、圧縮ピストン26がそのTDC位置に向かって上昇し、動力ピストンがそのTDC位置から下降するとき、ほぼ等しい圧縮空気質量が空気貯留器36に、かつ、空気貯留器36から移されるように、大きさが定められている（引続く図2ないし図6において、ほぼ等しい圧縮空気質量がガス通路76に、かつ、ガス通路76から移される）。

【0057】

動力行程では、出口（又はクロスオーバー）バルブ50が動力ピストン24のTDCで一般的に開いている。好ましくは、出口バルブ50は動力ピストン24のTDCの前の10から0度（CA）までの範囲内、より好ましくは、動力ピストン24のTDCの前の7から3度（CA）までの範囲内で開く。出口バルブ50は、好ましくは、動力ピストン24のTDCの後の10から40度CAの範囲内で閉じられ、そして、より好ましくは、動力ピストンのTDCの後の20から30度CAの範囲内で閉じる。

【0058】

動力ピストン24は、燃焼着火位置に向かってそのTDC位置から下降し、そしてその位置は一般的にTDCの後の5から40度CAまでの範囲内、より好ましくは、TDCの後の10から30度CAまでの範囲内である。燃料は、少なくとも2つの方法によって噴射され、そして圧縮空気と混合されてもよい。すなわち、出口バルブ50の直ぐ上流の空気貯留器36内へ（ポート燃料噴射）、あるいは、動力シリンダー14へ直接（直接噴射

10

20

30

40

50

)である。動力ピストン24がその燃焼着火位置に到達すると、燃料/空気混合気は点火プラグ72(あるいは、もしディーゼルエンジンであるなら圧縮着火)によって火をつけられ、ピストン24をBDCへ押し下げ、動力をクランクシャフト18に送出する。燃焼着火が起こる圧力は、着火(又は点火)条件圧力である。

【0059】

排気行程では、排気バルブ54が開き、そしてクロスオーバーバルブ50が閉じられる。動力ピストン24がBDCからTDCに上方に動くにつれて、使用済みの排気ガスは排気ポート44を通して燃焼室25から押し出される。

【0060】

動力行程と排気行程とが固定の位相角31の分、進められることを除き、エンジン内の圧力/容積サイクルのための吸入行程及び圧縮行程は、サイクルの動力行程と排気行程と同じクランクシャフト回転の間に起こる。かくて、新しい圧力/容積サイクルが、従来の4行程エンジンにおけるように2回転での代わりに、エンジンクランクシャフトの各回転で完了される。しかしながら、入口バルブ46と出口バルブ50は、全部の4行程サイクルの間、空気貯留器36内のガス圧力を着火(又は点火)条件圧力以上に維持する。

【0061】

スカデリの分割サイクルと先行技術との間の基本的な相違の1つは、動力シリンダー内の着火が実質的に上死点後(すなわち、上死点後(ATDC)5度より大きく、より好ましくは10度より大きい)に起こるというパラメータと組合されたオートサイクルの全ての4行程の間にガス通路での圧力が点火条件圧力以上に維持されるというパラメータである。これは、燃焼事象(すなわち、火炎速度)が非常に速い(24度CA以下で起こる)、そしてNOxエミッションの排出が非常に低い(従来のエンジンより50から80パーセント少い)という状態を設定している。先行技術に見いだされないもう1つのスカデリ分割サイクルの特異な様相は、動力シリンダー及び圧縮シリンダーの中央線がクランクシャフト軸線からオフセットされているということである。これは、ピストンスカートのシリンダー壁への摩擦が実質的に低減されるのを可能にする。これらの3つの有利な特徴(ガス通路内での点火条件圧力の維持、上死点後の着火、及びオフセット)の全ては、スカデリ特許で開示されクレームされている。

【0062】

上記のパラメータに加えて、いくつかの他のパラメータも同じくスカデリ特許で特定されており、それらはエンジン効率に重大な効果を有する。これらのパラメータは、

1. 圧縮比及び膨張比を2.6対1以上、好ましくは、4.0対1以上、より好ましくは、8.0対1以上に維持する
2. クロスオーバーバルブ持続時間(バルブ50を開きかつ閉じるのに必要なクランク角(CA)の量)が6.9度以下、好ましくは、5.0度より小さく、より好ましくは、3.5度より小さい
3. クロスオーバーバルブ50は、燃焼が動力シリンダーで開始された後、小さい割合の時間で開かれるべきである。

【0063】

エンジン10によって駆動される車両の制動の間に、エンジンは空気圧縮機(AC)モードでの運転に切り替えられる。燃料噴射は停止され、そして電磁バルブ58が閉じられ、出口ポート40を通しての空気の流れを妨げ、そして、動力ピストン24からの動力送出を停止して、かくて、動力ピストン24をアイドルモードに置く。しかしながら、圧縮ピストンは、動いている車両の慣性によって駆動されて作動を継続し、そして空気貯留器36に圧縮空気を送り込み続ける。ポンプ作用は、効果的に車両を遅くするか、あるいは制動し、そして、貯留器の空気圧が増大するにつれて、制動作用はますます効果的になる。貯留器内で増加した圧力は、PAPモードで後の使用のために維持される。

【0064】

ACモードでの間、動力ピストン24でのアイドルリング損失を減らすために、排気バルブ54は開けられて保持されてもよい。さらに、動力ピストンは、バルブタイミング及び

10

20

30

40

50

引き込み作動、さらに空気貯留器内への空気の圧縮を変えることによるような、種々の方法で制動効果を増大すべく、用いられてもよい。

代わりに（空気貯留器をきれいに保つために）、ピストン 24 は、下降行程で空気を引き入れ、上昇行程でそれを圧縮し、上死点（TDC）の近くで排気バルブ 54 を開いて圧縮空気を放出して、そしてそのエネルギーを放散する、従来の圧縮制動として用いられ得る。これは、制動力を増やし、そしてブレーキ摩耗を減らし得るが、しかし、PCA 又は AM モードでの圧縮空気からのエネルギーの回収を制限するであろう。

#### 【0065】

今だに、図 1 を参照すると、好ましい作動の第 3 のモードは、事前の AC 運転から、概して ICE 運転で起こるよりも高い圧力で、貯留器 36 内に蓄えられている圧縮空気を有する予圧縮燃焼空気（PCA）である。エンジンは、少なくとも遅くなり、そして加速される準備ができています。PCA モードを実行するために、出口電磁バルブ 58 が開かれ、そして火花点火と燃料噴射機能が再び活性化される。また、圧縮ピストンは吸気バルブ 52 と吸入電磁バルブ 56 の両者を開いて保持することによってアイドルにされ、この結果、圧縮ピストン 26 は抵抗なしで自由に動き、空気は圧縮されずに、貯留器 36 に追加されない。

10

#### 【0066】

もしも、バルブ 52 が独立して調節可能でないのであれば、圧縮ピストン 26 は閉じるための電磁バルブ 56 によって同じくアイドルモードに置かれ得る。このようにして、圧縮ピストンはシリンダー内に捕えられたガスを交互に圧縮及び膨張させる。捕えられたガスの圧縮と膨張は、ピストンによってクランクシャフトになされる負及び正の仕事を交替にする。負及び正の仕事はおよそ等しいので、このモードで作動しているピストンによってクランクシャフトにされた正味の仕事は無視し得る。圧縮ピストンをアイドルモードに置くまだもう 1 つの方法は、圧縮ピストン 26 をクランクシャフト 18 から作動的に非連結にすることによって、圧縮ピストン 26 が往復運動をするのを阻止することである。上記の圧縮ピストンのアイドルモードの例のいずれにおいても、クランクシャフトにされた正味の負の仕事の全量は無視し得る。

20

#### 【0067】

動力ピストン 24 の TDC のすぐ後、あるいは直前には、ICE 運転のように、貯留器出口バルブ 50 が開き、貯留器 36 から燃焼室への（好ましくは、制御された、そして加えられた燃料と共に）圧縮空気の充填を強制する。TDC の後の 5 から 40 度 CA までの範囲内、そして好ましくは、TDC の後の 10 から 20 度 CA までの範囲内で燃料は急速に着火され、動力行程で燃焼し、クランクシャフトに動力を与える。排気生成物は排気上昇行程で排出され、そしてサイクルは繰り返される。

30

#### 【0068】

車両が加速され、そして標準的な運転に戻ると、貯められていた高圧空気は、圧力が標準的な作動圧力に低下するまで、動力シリンダー 14 での燃焼のために用いられ続け、そしてエンジンは完全な ICE 運転に戻される。しかしながら、圧縮機ピストン 26 が極めて少ないエネルギーを用いてアイドルしている間に、制動からの圧縮エネルギーが PCA 動力サイクルに戻されるので、PCA モードでの運転は可能な限り長く作動効率を増大させる。かくて、車両の制動圧縮エネルギーは PCA 動力モードにおいて圧縮エネルギーを提供するために使われる。

40

#### 【0069】

もしエンジンが停止されると、貯えられていた圧縮エネルギーは、エンジン、望むなら車両を、最小の速度が到達されるまで、スタートさせるために用いられ得、そこで、エンジンは ICE 運転に戻されてもよい。しかしながら、バックアップ用の電気式のスターターが望まれるかもしれない。

#### 【0070】

再度、図 2 を参照すると、エンジン 72 の作動はエンジン 10（図 1）のそれに類似している。しかしながら、シリンダー間の流れのために小さい容積のクロスオーバー通路 7

50



6を使用することが、ICE運転の間に、空気貯留器36を介しての流れをほぼ回避して、そして、逆にエンジン性能に悪影響を与え得る、ガス通路76内での望ましくない圧力変動を潜在的に減少させる。

【0071】

図3の実施形態においては、クロスオーバー通路76との貯留器の連結部における電磁バルブ82の付加が、貯留器内により高い又はより低い圧力を維持するために、貯留器を切り離すことを可能とし、同時に、より小さいクロスオーバー通路76は分割サイクルエンジンの標準的なICEエンジン運転において急速な圧力変化を伴って作動することができる。

【0072】

図4において、空気貯留器の蓄圧器86との置き換えは、燃焼室に配送される空気充填量を、主に、出口バルブ50の開き時間のみを制御することによって制御する際に用いるために、比較的一定の圧力で広範囲な空気容積の収容を可能にする。

【0073】

図5のような普通の空気貯留器、あるいは蓄圧器を使用すれば、製造コストを減らすことができる。図5には、ガス通路に直接に連結されて普通の空気貯留器が示されているけれども、当業者は、他の方法で分割サイクルエンジンに連結されるべく、空気貯留器が形成され得ることを認識するであろう。例えば、普通の空気貯留器は、図1のようにガス通路の一体の部分であるか、あるいは、図6のようにガス通路に並行に連結されてもよい。

【0074】

図6の実施形態は、クロスオーバー通路76での圧力に対する空気貯留器36の作用をさらに切り離して、そしてACモード又はPCAモードからのICEモードにおける運転のより完全な分離を可能としている。

【0075】

図1ないし6を総じて参照するに、本発明の際立った利点は、分割サイクルエンジン10、74、80、84、89及び94を利用している空気ハイブリッドシステムが、対にされた圧縮シリンダー16と動力シリンダー14に亘り、単一のシリンダーから逐次得られる各作動モードに制限されるよりむしろ、同時に(あるいは並行して)種々の作動モード(ICE、AC及びPAP)で機能するという点である。この並行モード能力は、分割サイクル空気ハイブリッドシステムについて、追加の能力及び拡大された用途を本来的に提供する。

【0076】

さて、例として図3を参照するに、部分負荷の状態において、エンジン80は、ACモードにおいて連続的に空気貯留器を充填しつつ、ICEモードで同時に作動することができる。すなわち、空気の全充填は吸気行程において、空気が圧縮されガス通路76に圧送される圧縮シリンダー16に入るべく行われ得る。しかしながら、部分負荷状態の下では、空気充填の一部だけがICEモードを作動させるのに要求される。したがって、充填量の一部だけが動力シリンダー14に送られる一方、充填量の残りは、完全に充填された状態に保つべく空気貯留器36へと流れが変えられ得る。このようにして、分割サイクル空気ハイブリッドシステムは、部分負荷状態の下で、それらの空気貯留器を連続的に充填する能力を有している。

【0077】

さらに、ほぼ同じで方法で、排気ガスからの廃棄エネルギーが、圧縮空気エネルギーとして空気貯留器36に貯えられるべく、直接に又はターボチャージャーを介して、分割サイクル空気ハイブリッドエンジン80の吸気中に再循環され得る。有利なことに、部分負荷状態の下での作動中に、排気ガスエネルギーを回収するこの技術は、同じく静止した用途、例えば、定置の発電機にもまた利用され得る。

【0078】

本発明がある特定の実施形態を参照して説明されたけれども、多数の変更が開示された本発明の概念の趣旨及び範囲内でなされ得ることは理解されるべきである。したがって、

10

20

30

40

50

本発明は説明された実施形態に限定されず、請求項の言語によって規定される全範囲を有することが意図されている。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明による、空気貯留器と制御バルブを有する分割サイクル空気ハイブリッドエンジンの第1の実施形態を示す概略図である。

【図2】図1と同様の図であるが、空気貯留器に連結された別のクロスオーバー（ガス）通路と追加された制御バルブを備える第2の実施形態を図示している。

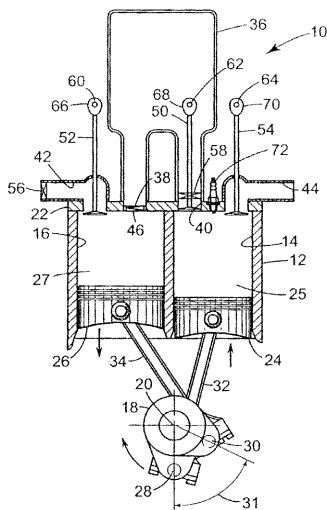
【図3】図2と同様の図であるが、追加された貯留器制御バルブを備える第3の実施形態を図示している。

【図4】図3と同様の図であるが、空気貯留器内に一定圧蓄圧器を含む第4の実施形態を図示している。

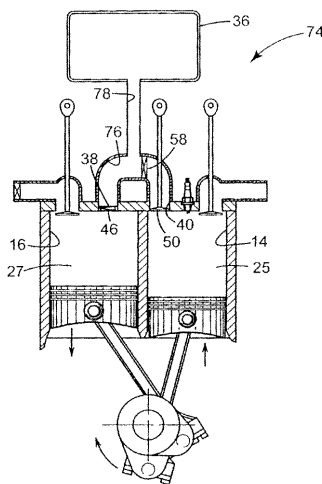
【図5】図3と同様の図であるが、複数のシリンダー対のための共通の貯留器を有する第5の実施形態を図示している。

【図6】図3と同様の図であるが、クロスオーバー通路と並行し、シリンダー間で別々にバルブ制御される貯留器を有する第6の実施形態を図示している。

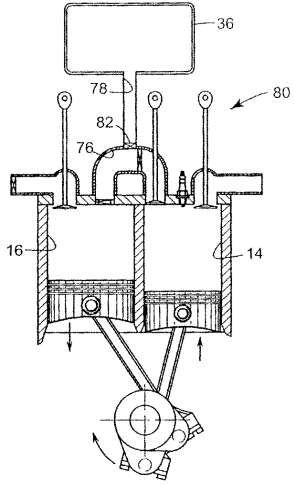
【図1】



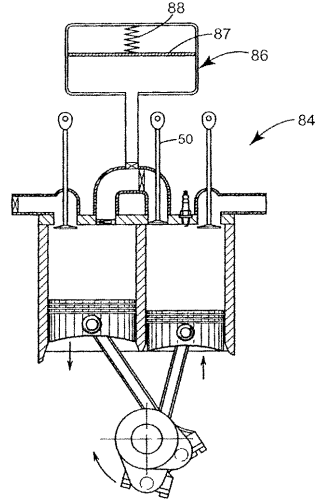
【図2】



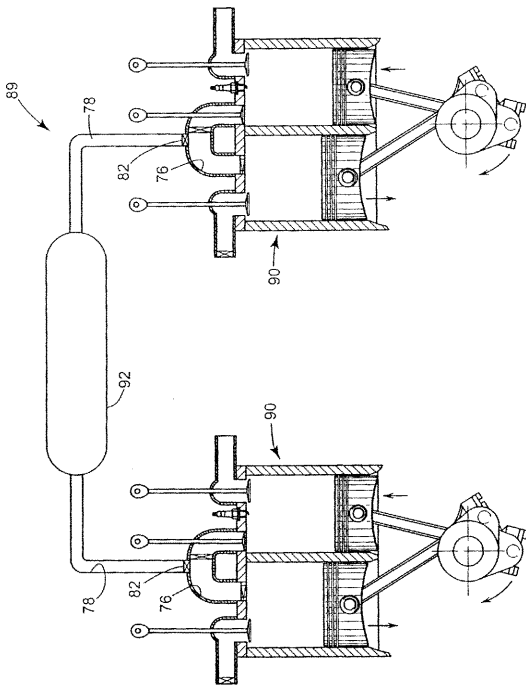
【図3】



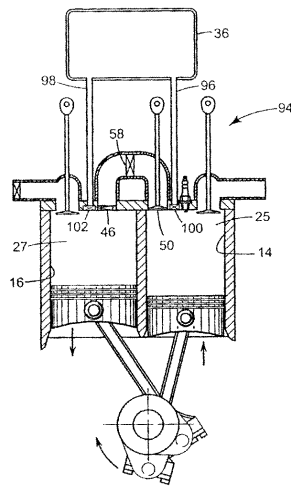
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 スティーブン ピー . スクデリ  
アメリカ合衆国 01085 マサチューセッツ州 ウェストフィールド シェイカー ロード  
1023

審査官 出口 昌哉

(56)参考文献 特表昭57 - 501740 (JP, A)  
米国特許第04696158 (US, A)  
米国特許第6543225 (US, B2)  
米国特許第6609371 (US, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F02B 75/18

F02P 5/15

F04B 41/04