

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7612349号
(P7612349)

(45)発行日 令和7年1月14日(2025.1.14)

(24)登録日 令和6年12月27日(2024.12.27)

(51)国際特許分類		F I	
F 0 2 M	51/00 (2006.01)	F 0 2 M	51/00 A
F 0 2 D	45/00 (2006.01)	F 0 2 D	45/00 3 7 2
F 0 4 B	49/10 (2006.01)	F 0 4 B	49/10 3 1 1
F 0 4 B	49/06 (2006.01)	F 0 4 B	49/06 3 2 1 Z
請求項の数 12 外国語出願 (全16頁)			
(21)出願番号	特願2020-122574(P2020-122574)	(73)特許権者	523058504
(22)出願日	令和2年7月17日(2020.7.17)		マレツリ ヨーロッパ ソチエタ ペル ア
(65)公開番号	特開2021-17889(P2021-17889A)		ツィオニ
(43)公開日	令和3年2月15日(2021.2.15)		イタリア国, 2 0 0 1 1 - コルベッタ
審査請求日	令和5年6月21日(2023.6.21)		(ミラノ), ピアーレ アルド ボルレッ
(31)優先権主張番号	102019000012300		ティ 6 1 / 6 3
(32)優先日	令和1年7月18日(2019.7.18)	(74)代理人	100099759
(33)優先権主張国・地域又は機関	イタリア(IT)		弁理士 青木 篤
		(74)代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74)代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74)代理人	100114018
			弁理士 南山 知広
		(74)代理人	100153729
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 直接噴射システムのための高圧燃料ポンプを制御する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

コモンレール(3)を有する熱機関(1)の直接噴射システム用の燃料ポンプ(4)を制御する方法であって、

高圧燃料ポンプ(4)によって供給される燃料の最小流量閾値(Q_{MIN})を決定するステップと、

前記コモンレール(3)内で所望の圧力(P_{TARGET})を得るために、前記高圧燃料ポンプ(4)によって前記コモンレール(3)に瞬時に供給される目標燃料流量(M_{ref})を計算するステップと、

前記目標燃料流量(M_{ref})と前記最小流量閾値(Q_{MIN})とを比較するステップと、

前記目標燃料流量(M_{ref})と前記最小流量閾値(Q_{MIN})との比較に基づいて前記高圧燃料ポンプ(4)を制御するステップと、

を備える方法において、

前記最小流量閾値(Q_{MIN})を決定するステップは以下のサブステップ、すなわち、

前記コモンレール(3)内の圧力(P_{RAIL})と前記熱機関(1)の速度(n)とに基づいて第1の寄与要素(Q_{MIN-COLD})と第2の寄与要素(Q_{MIN-HOT})とを決定するサブステップであって、前記第1の寄与要素(Q_{MIN-COLD})は、前記コモンレール(3)内の前記圧力(P_{RAIL})及び前記熱機関(1)の速度(n)の与えられた値に関するキャビテーション現象の発生からかけ離れた低温条件下でポンピングされる流体の最小流量閾値であり、前記第2の寄与要素(Q_{MIN-HOT})は、前記コモンレール(3)内の前記圧力(

10

20

P_{RAIL}) 及び前記熱機関 (1) の速度 (n) の与えられた値に関するキャビテーション現象の発生に近い高温条件下でポンピングされる流体の最小流量閾値である、サブステップと、

前記高圧燃料ポンプ (4) の温度 (T_{PUMP}) と前記高圧燃料ポンプ (4) の入口圧力 (P_{LOW}) とに基づいて係数 (K) を決定するサブステップであって、前記係数 (K) は、キャビテーション現象の発生条件に対する前記高圧燃料ポンプ (4) の接近性を表す、サブステップと、

前記第 1 の寄与要素 (Q_{MIN-COLD})、第 2 の寄与要素 (Q_{MIN-HOT}) 及び前記係数 (K) に基づいて前記最小流量閾値 (Q_{MIN}) を決定するサブステップと、

を備えることを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

前記コモンレール (3) 内の圧力 (P_{RAIL}) 及び噴射された燃料の量 (Q_{F-INJ}) に基づいてエネルギー効率を上げるための第 3 の寄与要素 (Q_{EEff}) を決定するステップと、

前記高圧燃料ポンプ (4) の損傷リスクの可能性を減らすために、前記コモンレール (3) 内の圧力 (P_{RAIL}) 及び前記熱機関 (1) の速度 (n) に基づいて第 4 の寄与要素 (Q_{DAM}) を決定するステップと、

前記第 3 の寄与要素 (Q_{EEff}) 及び第 4 の寄与要素 (Q_{DAM}) のうちの最大値に対応する、前記最小流量閾値 (Q_{MIN}) を決定するステップと、

を更に備える、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

前記第 3 の寄与要素 (Q_{EEff}) は、前記熱機関 (1) を備えた車両に対して選択された運転モード (DV) に応じて決定され、複数の可能な位置のうちのハンドレバーの位置に応じて決定される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の寄与要素 (Q_{MIN-COLD}) と、前記第 2 の寄与要素 (Q_{MIN-HOT}) と、前記係数 (K) とに基づいて、前記高圧燃料ポンプ (4) においてポンピング段階中に生成された温度変動を抑えるための第 5 の寄与要素 (Q_{TEMP}) を決定するステップと、

前記第 5 の寄与要素 (Q_{TEMP})、前記第 3 の寄与要素 (Q_{EEff})、前記第 4 の寄与要素 (Q_{DAM}) のうちの最大値に対応する、前記最小流量閾値 (Q_{MIN}) を決定するステップと、

30

を更に備え、

前記第 5 の寄与要素 (Q_{TEMP}) は、以下のように計算され、すなわち、

【数 1】

$$Q_{TEMP} = (1 - K) \times Q_{MIN-COLD} + K \times Q_{MIN-HOT} \quad [1]$$

ここで、

Q_{TEMP} 第 5 の寄与要素、

K 係数、

40

Q_{MIN-COLD} 第 1 の寄与要素、

Q_{MIN-HOT} 第 2 の寄与要素

である、

請求項 2 又は 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記目標燃料流量 (M_{ref}) が前記最小流量閾値 (Q_{MIN}) よりも大きい場合にのみ、前記目標燃料流量 (M_{ref}) を供給するように、前記高圧燃料ポンプ (4) を制御するステップと、

前記目標燃料流量 (M_{ref}) が前記最小流量閾値 (Q_{MIN}) よりも小さい場合に、燃料を供給しないように、前記高圧燃料ポンプ (4) を制御するステップと、

50

を備える、請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記最小流量閾値（ Q_{MIN} ）を決定するステップは、以下のサブステップを含む、すなわち、

エネルギー指標（ I ）を計算するステップであって、前記エネルギー指標（ I ）は、圧力センサ（11）によってリアルタイムに検出された前記コモンレール（3）内の圧力（ P_{RAIL} ）に関する信号の乱れの強さに基づいて、前記高圧燃料ポンプ（4）内のキャビテーション現象の発生に対する接近性、または該接近性の欠如を示し、前記乱れは観測時間窓内の積分によって評価される、ステップと、

前記エネルギー指標（ I ）が第 1 の閾値を超えた場合に、第 2 の量（ Q_{MIN} ）だけ前記最小流量閾値（ Q_{MIN} ）を増加させるステップと、

を備える、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記コモンレール（3）内の所望の圧力（ P_{TARGET} ）を第 1 の量（ P_{TARGET} ）によって、及び前記エネルギー指標（ I ）が第 1 の閾値を超えた場合に第 1 の時間間隔だけ減少させる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 の量（ P_{TARGET} ）が、少なくとも 1 MPa に等しく、前記エネルギー指標（ I ）と前記第 1 の閾値との差に依存しない、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 2 の量（ Q_{MIN} ）が、少なくとも 20 mg に等しく、前記エネルギー指標（ I ）と前記第 1 の閾値との差に依存しない、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記目標燃料流量（ M_{ref} ）が供給される場合の前記エネルギー指標（ I_1 ）が次のように計算され、すなわち、

【数 2】

$$I_1 = \int_{t_1}^{t_2} (P_{TARGET} - P_{RAIL})^2 dt \quad [2]$$

ここで、

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

P_{RAIL} コモンレール（3）の実圧、

P_{TARGET} コモンレール（3）内の目標圧力、

である、請求項 6 ~ 9 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記目標燃料流量（ M_{ref} ）が供給される場合の前記エネルギー指標（ I_2 ）が次のように計算され、すなわち、

【数 3】

$$I_2 = \int_{t_1}^{t_2} (P_{RAIL-M} - P_{RAIL})^2 dt \quad [3]$$

ここで、

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

P_{RAIL} コモンレール（3）の実圧、

P_{RAIL-M} コモンレール（3）および観測窓内の実際の平均圧力、

である、請求項 6 ~ 9 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記エネルギー指標（ I_3 ）が次のように計算され、すなわち、

【数 4】

$$I_3 = \int_{t_1}^{t_2} (INT_M - INT)^2 dt \quad [4]$$

ここで、

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

INT 圧力制御の閉ループの積分成分の値、

INT_M 観測窓内の圧力制御の閉ループの積分成分の平均値、

である、請求項 6 ～ 9 の何れか一項に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

この特許出願は、2019年7月18日に出願されたイタリア特許出願番号102019000012300号明細書からの優先権を主張し、その開示の全体は参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明は、直接噴射システム用の燃料ポンプを制御する方法に関する。好ましくは(必ずしもそうではないが)、制御方法は、ガソリンまたは同様の燃料と共に作動する火花点火内燃機関における直接噴射システムに使用される。

20

【背景技術】

【0003】

公知のように、燃料 - この特定のケースにおいてガソリン - 直接噴射システムは、内燃機関用コモンレール式であり、複数の噴射器と、加圧された燃料を噴射器に供給するコモンレールと、コモンレールに燃料を供給し、かつ流量調整装置を備える高圧ポンプと、コモンレール内部の燃料圧力を内燃機関の運転条件によって時間的に変化する所望の値に等しくさせる制御ユニットと、燃料をタンクから供給ダクトによって高圧ポンプに供給する低圧ポンプと、を備えている。

【0004】

30

制御ユニットは、高圧ポンプの流量を制御するように流量調整装置に結合され、その結果、コモンレールには、コモンレール内に所望の圧力を有するのに必要な燃料の量が瞬時に供給され、特に、制御ユニットは、フィードバック変数としてコモンレール内の燃料圧力の値を使用するフィードバック制御によって高圧ポンプの流量を調整する。

【0005】

高圧ポンプの作動サイクルは、3つの段階を実質的に備える、それは、実質的に、高圧ポンプのポンプ室に流入する燃料の通路を可能にする吸気段階、それぞれの吸気バルブが開いた状態に保たれている間に、ポンプ室から低圧回路に向かって流出する燃料の通路がある還流段階、およびそれぞれの吸気バルブが閉じている間に、ポンプ室内の燃料圧力が、ポンプ室からコモンレールに向かって流出する燃料流を生じさせるような値に達するポンピング段階である。

40

【0006】

実験では、ポンピング段階の間、高圧ポンプの温度の顕著な上昇があることを示された。特に、20～60MPaの圧力上昇がある場合、高圧ポンプの複数のポイントでは温度変化量が30～50の範囲になるが、60～80MPaの圧力上昇がある場合、温度変化量は80の範囲ではるかに有意な値が想定される。30～50の範囲の温度変化は、すでにキャピテーションの問題につながる可能性がある。これにより、高圧ポンプが不安定になり、信頼性がほとんどなくなる。つまり、コモンレール内部の所望の圧力に達するために必要な燃料量で、コモンレールが瞬時に供給されることを確認することができなくなる。

50

【 0 0 0 7 】

この現象は、高圧ポンプが全負荷で作動しない場合、すなわち、コモンレール内部で所望の圧力を持ち、高圧ポンプによって供給されるために必要な燃料量が、高圧ポンプによって供給され得る最大流量よりも低い場合に、悪化することが証明されている。高圧ポンプが全負荷で作動する場合（すなわち、コモンレールの内側で所望の圧力を有し、高圧ポンプによって供給される必要のある燃料量が、高圧ポンプによって供給され得る最大流量に等しい場合）、ポンピング段階中に発生する熱は、高圧ポンプから流出する燃料流量を通して除去され、ポンピング段階中に発生する熱の除去は、高圧ポンプの燃料の流量に比例する。

【 0 0 0 8 】

さらに、高圧ポンプが全負荷で作動しないが、部分負荷では、高圧ポンプの作動は、特にエネルギー効率の点で負の効果があり、潜在的な損傷リスクがあるという特徴がある。

【 0 0 0 9 】

特に、圧縮段階中に使用されるエネルギー（およびその結果として発生する熱）は、それぞれの吸気バルブによって捕捉される燃料の質量（調整された燃料流量と死容積の両方を考慮する）に比例するのに対して、除去される熱は、送達される唯一の流量に比例する（死容積は高圧ポンプから流れ出ず、明らかに熱は分散できないため）。その結果、送出される流量が小さいほど、熱過負荷が大きくなる。システムによって燃料に伝達される有用なエネルギーは、供給される唯一の流量にも比例する。

【 0 0 1 0 】

一方、高圧ポンプの潜在的な損傷リスクが懸念される限り、上死点から離れ、かつ高圧ポンプの下死点から離れた吸気バルブを閉じること、すなわち、ポンプのピストンの速度がゼロ以外であり、内燃機関が高速で作動するときに、吸気バルブを閉じすることは、迅速かつ重大な圧力上昇を導き、これが、結果として、潜在的な損傷リスクを伴う機械的振動を引き起こす。

【 0 0 1 1 】

キャビテーション現象の発生あるいは高圧ポンプの損傷を避けるために、長年にわたって複数の解決策が示唆された。それは、特に、ポンピング段階中の高圧ポンプの温度上昇を制限することを目的としている。

【 0 0 1 2 】

例えば、キャビテーション問題を解決するためには、高圧ポンプに流入する燃料の圧力を上げることが可能であるが、この解決策はエネルギー効率の面で負効果にも影響される。あるいは、高圧ポンプには燃料再循環回路を設けることができる。この燃料再循環回路は、燃料部分をポンプ室からタンクに移送する排水ダクトを設けることにより、ポンピング段階中に発生する熱が、高圧ポンプから流出する燃料の流量を通して廃棄される。しかし、この技術的解決策は、噴射システムの全体的な寸法に関して著しい欠点を有し、経済的観点からも不利である。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 3 】

したがって、本発明の目的は、直接噴射システム用の燃料ポンプを制御する方法であって、前記した欠点を受けず、特に実施が容易で経済的であることにあり、燃料ポンプを制御する方法を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、添付の請求項に係る直接噴射システム用の燃料ポンプを制御する方法が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明を、その非限定的な実施形態を示す添付図面を参照して説明する。

10

20

30

40

50

【図 1】図 1 は、燃料直接噴射システムの模式図であり、より明確にするために、いくつかの詳細が除去されている図である。

【図 2】図 2 は、本発明による方法の動作論理の第 1 の変形例を示すブロック図である。

【図 3】図 3 は、本発明による方法の動作論理の第 2 の変形例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図 1 において、符号 1 は、全体として、内燃熱機関用のコモンレール式の燃料、特にガソリンを燃料とする燃料直接噴射システムを示す。

【0017】

直接噴射システム 1 は、複数の噴射器 2 と、噴射器 2 に圧力をかけて燃料を供給するコモンレール 3 と、給送ダクト 5 によってコモンレール 3 に燃料を供給し、流量調整装置 6 を備える高圧ポンプ 4 と、コモンレール 3 内部の燃料圧力を所望の値に等しくさせる電子制御ユニット 7 と、一般に内燃機関の運転条件によって時間的に変化する所望の値になるようにすると共に、給送ダクト 10 によってタンク 9 から高圧ポンプ 4 に燃料を供給する低圧ポンプ 8 と、を備えている。

【0018】

電子制御ユニット 7 は、コモンレール 3 内に所望の圧力を有するのに必要な燃料の量を瞬時にコモンレール 3 に供給するために、高圧ポンプ 4 の流量を制御するように流量調整装置 6 に接続している。さらに、電子制御ユニット 7 は、コモンレール 3 の燃料圧力 P_{RAIL} をリアルタイムに検出する圧力センサ 11 に接続されている。

【0019】

以下、高圧ポンプ 4 を制御するために電子制御ユニット 7 によって実施される方法について説明する。

【0020】

この方法は、図 2 に従って、高圧ポンプ 4 の作動サイクル毎に、ポンピングされるべき燃料の最小閾値 Q_{MIN} を決定することを伴う。

【0021】

最小閾値 Q_{MIN} は、基本的に、圧力センサ 11 によって検出されるコモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} 、高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} 、高圧ポンプ 4 の入口圧力 P_{LOW} 、熱機関 1 の速度 n 、及び内燃機関負荷 C などの複数のパラメータに基づいて決定される。

【0022】

高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} は、高圧ポンプ 4 ($T_{PUMP-SENSOR}$) に収容された専用の温度センサによって検出することも、推定モデル ($T_{PUMP-VIRTUAL}$) によって推定することもできる。

【0023】

より詳しくは、電子制御ユニット 7 の内部には、マップ低温データが記憶されており、これは、最小閾値 Q_{MIN} を決定するための (開ループ) 寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ を提供する。寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ は、低温条件、すなわち、コモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} および熱機関 1 の速度 n の所与の値に対するキャピテーション現象の発生から遠くかけ離れた条件下で、圧送される流体の最小閾値を表す。実際、マップ低温データは、入力として、コモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} と熱機関 1 の速度 n の値をそれぞれ受け取り、前記入力値に基づいて、寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ を提供する。

【0024】

同様に、電子制御ユニット内には、更にマップ高温データが記憶されており、これは、最小閾値 Q_{MIN} を決定するための (開ループ) 寄与要素 $Q_{MIN-HOT}$ を提供する。寄与要素 $Q_{MIN-HOT}$ は、高温条件下、すなわち、コモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} および熱機関 1 の速度 n の所与の値に対するキャピテーション現象の発生に近い条件下で、ポンピングされる流体の最小閾値を表す。

【0025】

最後に、電子制御ユニット 7 の内部にはマップ蒸気圧データが格納されており、これは

10

20

30

40

50

係数 K （百分率で表される）を提供し、これは最小閾値 Q_{MIN} を決定するためにも使用される。マップ蒸気圧データは、入力として、高圧ポンプ 4 の入口圧力 P_{LOW} （「低圧」として知られている）及び高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} の値をそれぞれ受け取り、後者は、高圧ポンプ 4 上に収容された温度センサによって検出される温度（ $T_{PUMP-VIRTUAL}$ ）又は推定モデルによって推定される温度（ $T_{PUMP-VIRTUAL}$ ）によって表現される。前記マップ蒸気圧データは、高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} に応じた燃料蒸気圧の曲線を含む。高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} および高圧ポンプ 4 の入口圧力 P_{LOW} に基づいて、マップ蒸気圧データは、高圧ポンプ 4 がキャビテーション現象の発生の条件からどれだけ離れているか、又はそれにどれだけ近づいているかを（百分率で）を表す係数 K を提供する。

【 0 0 2 6 】

10

したがって、最小閾値 Q_{MIN} は次のように計算される。

【 0 0 2 7 】

【数 1】

$$Q_{MIN} = (1 - K) \times Q_{MIN-COLD} + K \times Q_{MIN-HOT} \quad [1]$$

【 0 0 2 8 】

Q_{MIN} 最小閾値、

K 係数、

20

$Q_{MIN-COLD}$ 最小閾値の「低温」寄与要素、

$Q_{MIN-HOT}$ 最小閾値の「高温」寄与要素。

【 0 0 2 9 】

例えば、マップ蒸気圧データによって提供される 1 に等しい係数 K の値は、高圧ポンプ 4 がキャビテーション現象の発生に近い条件下で作動していることを示していることは明らかである。一方、マップ蒸気圧データによって提供される 0 又は 0.2 に等しい係数 K の値は、高圧ポンプ 4 がキャビテーション現象の発生から非常に遠い条件下で作動していることを示している。

【 0 0 3 0 】

更に、最小閾値 Q_{MIN} を決定するために、寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ を提供するマップ低温データの中と寄与要素 $Q_{MIN-HOT}$ を提供するマップ高温データの中の両方に、エネルギー効率を増加するための寄与要素と潜在的な損傷リスクを減少するための寄与要素の両方が含まれていることが指摘される。

30

【 0 0 3 1 】

換言すれば、寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ と $Q_{MIN-HOT}$ は、いずれも、高圧ポンプ 4 の温度変動を抑えるように決定され、同時に、エネルギー効率を増加させ、潜在的な損害リスクを減少させるように決定される。

【 0 0 3 2 】

好ましい実施形態によれば、この方法は、高圧ポンプ 4 のキャビテーション現象の発生に対する生じやすさ - 又はその欠如 - の指標を与えるエネルギー指標 I を決定することを含む。エネルギー指標 I は、好ましくは、圧力センサ 11 によってリアルタイムで検出されるコモンレール 3 の圧力 P_{RAIL} に関する信号の乱れの強さに基づく。この乱れは、以下に詳述するように、時刻 t_1 と t_2 の間の観測時間窓内の整数によって評価される。

40

【 0 0 3 3 】

第 1 の変形例によれば、エネルギー指標 I_1 は以下のように表される。

【 0 0 3 4 】

【数 2】

$$I_1 = \int_{t_1}^{t_2} (P_{TARGET} - P_{RAIL})^2 dt \quad [2]$$

50

【 0 0 3 5 】

第 2 の変形例によれば、エネルギー指標 I_2 は以下のように表される。

【 0 0 3 6 】

【 数 3 】

$$I_2 = \int_{t_1}^{t_2} (P_{RAIL-M} - P_{RAIL})^2 dt \quad [3]$$

【 0 0 3 7 】

第 3 の変形例によれば、エネルギー指標 I_3 は以下のように表される。

10

【 0 0 3 8 】

【 数 4 】

$$I_3 = \int_{t_1}^{t_2} (INT_M - INT)^2 dt \quad [4]$$

【 0 0 3 9 】

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

P_{RAIL} コモンレール 3 の実圧、

P_{TARGET} コモンレール 3 内の目標圧力、

20

P_{RAIL-M} コモンレール 3 および観測窓内の実際の平均圧力、

INT 圧力制御の閉ループの積分成分の値、

INT_M 観測窓内の圧力制御の閉ループの積分成分の平均値。

【 0 0 4 0 】

インデックス I_1 と I_2 は、目標燃料流量 M_{ref} が「通常の」動作条件下（非活性化なし）で供給されるとき（以下に詳述するように）、明確に計算される。

【 0 0 4 1 】

エネルギー指標 I は、方法を最適化することを目的とした適応機能を得るために電子制御ユニット 7 の内部で使用されるので、種々の生産ばらつきを有する高圧ポンプ 4 に適応させることができる。

30

【 0 0 4 2 】

特に、適応機能は、電子制御ユニット 7 の内部に閾値を記憶することを伴う。閾値は、好ましくは、負荷（すなわち、噴射燃料量 Q_{F-INJ} ）に基づいて可変である。閾値は、熱機関の速度 n に基づいても可変であることが好ましい。さらに、閾値は、噴射器 2 によって噴射される燃料の量 Q_{F-INJ} と高圧ポンプ 4 の実際の燃料流量との差に基づいて可変である。

【 0 0 4 3 】

閾値は、好ましくは、実験的設定段階で決定される。負荷、熱機関の速度 n 、目標圧力 P_{TARGET} の静止条件下で、閾値をエネルギー指標 I と連続的に比較される。

【 0 0 4 4 】

40

閾値は、エネルギー指標 I が閾値を超えると、これは、高圧ポンプ 4 が、キャビテーション現象の発生に近い（発生しやすい）条件下で作動していることを示すように決定される。したがって、電子制御ユニット 7 は、エネルギー指標 I が閾値を超えたことを検出すると、最小閾値 Q_{MIN} を量 Q_{MIN} だけ増加させ、コモンレール 3 内の目標圧力 P_{TARGET} を量 P_{TARGET} だけ減少させるように設計され、且つ所定の時間に関して設計する。

【 0 0 4 5 】

好適な変形例によれば、量 P_{TARGET} は、少なくとも 1 MPa（量 P_{TARGET} はエネルギー指標 I とそれぞれの閾値との差に依存しない）に等しい。エネルギー指標 I がそれぞれの閾値より大きいままの場合、量 P_{TARGET} は 2 MPa に増加する。エネルギー指標 I がそれぞれの閾値より小さい値に戻らない限り、量 P_{TARGET} は 1 MPa 増加する。

50

【 0 0 4 6 】

したがって、このときの最小閾値 Q_{MIN} は次のように算出される。

【 0 0 4 7 】

【 数 5 】

$$Q_{MIN} = (1 - K) \times Q_{MIN-COLD} + K \times Q_{MIN-HOT} + \Delta Q_{MIN} \quad [5]$$

【 0 0 4 8 】

Q_{MIN} 最小閾値、

K 係数、

$Q_{MIN-COLD}$ 最小閾値の「低温」寄与要素、

$Q_{MIN-HOT}$ 最小閾値の「高温」寄与要素、

Q_{MIN} 量。

【 0 0 4 9 】

好ましくは、量 Q_{MIN} は可変であり、少なくとも 20 mg (量 Q_{MIN} はエネルギー指標 I とそれぞれの閾値との差に依存しない) に等しい。エネルギー指標 I がそれぞれの閾値より大きいままの場合、量 Q_{MIN} は 40 mg まで増加する。エネルギー指標 I がそれぞれの閾値より小さい値に達しない限り、量 Q_{MIN} は 20 mg 増加する。

【 0 0 5 0 】

一旦、最小閾値 Q_{MIN} が計算されると、この方法は、高圧ポンプ 4 内のポンピング段階中に生成される温度変動を含め、エネルギー効率を増加させ、潜在的な損傷リスクを減少させるように、前記最小閾値 Q_{MIN} に基づいて高圧ポンプ 4 を制御することを伴う。

【 0 0 5 1 】

図 3 に示されるさらなる変形によれば、本方法は、上述の説明に従って、高圧ポンプ 4 内のポンピング段階中に生成される温度変動を抑えるために寄与要素 Q_{TEMP} を計算することを伴う。

【 0 0 5 2 】

より詳しくは、電子制御ユニット 7 の内部には、寄与要素 Q_{TEMP} を決定するために (開ループ) 寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ を提供するマップ低温データが記憶されている。寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ は、低温条件、すなわち、コモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} および熱機関 1 の速度 n の所与の値に対するキャビテーション現象の発生から遠く離れた条件下で、圧送される流体の最小閾値を表す。実際、マップ低温データは、入力として、コモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} と熱機関 1 の速度 n の値をそれぞれ受け取り、前記入力値に基づいて、寄与要素 $Q_{MIN-COLD}$ を提供する。

【 0 0 5 3 】

同様に、電子制御ユニット内には、さらなるマップ高温データが記憶されており、それは寄与要素 Q_{TEMP} を決定するための (開ループ) 寄与要素 $Q_{MIN-HOT}$ を提供する。寄与要素 $Q_{MIN-HOT}$ は、高温条件下、すなわち、コモンレール 3 の圧力 P_{RAIL} および熱機関 1 の速度 n の所与の値に対するキャビテーション現象の発生に近い条件下でポンピングされる流体の最小閾値を表す。

【 0 0 5 4 】

最後に、電子制御ユニット 7 の内部には、マップ蒸気圧データが格納されており、このマップデータは、(百分率で表される) 係数 K を提供し、寄与要素 Q_{TEMP} を決定するためにも使用される。マップ蒸気圧データは、入力として、高圧ポンプ 4 の入口圧力 P_{LOW} (「低压」として知られている) 及び高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} の値をそれぞれ受け取り、後者は、高圧ポンプ 4 上に収容された温度センサによって検出される温度 ($T_{PUMP-SENSOR}$) 又は推定モデルによって推定される温度 ($T_{PUMP-VIRTUAL}$) によって表現される。前記マップ蒸気圧データは、高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} に応じた燃料蒸気圧の曲線を含む。高圧ポンプ 4 の温度 T_{PUMP} および高圧ポンプ 4 の入口圧力 P_{LOW} に基づいて、マップ蒸気圧データは、高圧ポンプ 4 がキャビテーション現象の発生の条件からどれだけ離れて

10

20

30

40

50

いるか、またはそれにどれだけ近づいているかを（百分率で）を表す係数 K を提供する。

【 0 0 5 5 】

したがって、寄与要素 Q_{TEMP} は次のように計算される。

【 0 0 5 6 】

【数 6】

$$Q_{TEMP} = (1 - K) \times Q_{MIN-COLD} + K \times Q_{MIN-HOT} \quad [6]$$

【 0 0 5 7 】

Q_{TEMP} 高圧ポンプ 4 内のポンピング段階中に発生する温度変動を抑えるための寄与要素、

10

K 係数、

$Q_{MIN-COLD}$ 最小閾値の「低音」寄与要素、

$Q_{MIN-HOT}$ 最小閾値の「高温」寄与要素。

【 0 0 5 8 】

また、寄与要素 Q_{TEMP} は次のように計算される。

【 0 0 5 9 】

【数 7】

$$Q_{TEMP} = (1 - K) \times Q_{MIN-COLD} + K \times Q_{MIN-HOT} + \Delta Q_{MIN} \quad [7]$$

20

【 0 0 6 0 】

Q_{TEMP} 高圧ポンプ 4 内のポンピング段階中に発生する温度変動を抑えることへの寄与要素、

K 係数、

$Q_{MIN-COLD}$ 最小閾値の「低温」寄与要素、

$Q_{MIN-HOT}$ 最小閾値の「高音」寄与要素、

Q_{MIN} 量。

【 0 0 6 1 】

ここで、量 Q_{MIN} は、上述の意味を有し、可変であり、少なくとも 20 mg （量 Q_{MIN} はエネルギー指標 I とそれぞれの閾値との差に依存しない）に等しい。エネルギー指標 I がそれぞれの閾値より大きいままの場合、量 Q_{MIN} は 40 mg まで増加する。エネルギー指標 I がそれぞれの閾値より小さい値に達しない限り、量 Q_{MIN} は 20 mg 増加する。

30

【 0 0 6 2 】

さらに、この方法は、エネルギー効率を高めるための寄与要素 Q_{EEff} と潜在的な損傷リスクを低減するためのさらなる寄与要素 Q_{DAM} を計算することを含む。

【 0 0 6 3 】

より詳しくは、電子制御ユニット 7 の内部にはマップデータが記憶され、マップデータは最小閾値 Q_{MIN} を決定するためにエネルギー効率を上げる（開ループ）寄与要素 Q_{EEff} を提供する。寄与要素 Q_{EEff} は、コモンレール 3 の圧力 P_{RAIL} と噴射器 2 によって噴射される燃料の量 Q_{F-INJ} の所定の値に関してエネルギー効率を最適化するために、ポンピングされる流体の量を表す。実際、マップデータは、入力として、コモンレール 3 内の圧力 P_{RAIL} の値と、噴射器 2 によって噴射されるエネルギー量 Q_{F-INJ} の値とをそれぞれ受け取り、前記入力値に基づいて、寄与要素 Q_{EEff} を提供する。

40

【 0 0 6 4 】

寄与要素 Q_{EEff} は、好ましくは、熱機関 1 を備えた車両の運転者によって選択された運転モード DV に基づいて決定される。有利なことに、寄与要素 Q_{EEff} は、複数の可能な運転／操作モード DV の中からドライバによって選択される運転／操作モード DV を識別するハンドレバーの位置に応じて決定（計量）される。例えば、可能な運転／操作モード D

50

Vは、スポーツ運転／操作モードDV（性能を強化する）、通常運転／操作モードDV、エコ運転／操作モードDV（消費の低減を高める）などからなる。可能な各運転／操作モードDVは、負荷に対応する（予備設定段階で決定）。

【0065】

さらに、電子制御ユニット7の内部には、最小閾値 Q_{MIN} を決定するために潜在的な損害の危険性を低減する（開ループ）寄与要素 Q_{DAM} を提供するマップデータが記憶されている。寄与要素 Q_{DAM} は、コモンレール3内の圧力 P_{RAIL} および熱機関1の速度 n の所与の値に対する潜在的損傷リスクを減少させるために、ポンピングされる流体の最小量を表す。実際、マップデータは、入力として、コモンレール3内の圧力 P_{RAIL} と熱機関1の速度 n の値をそれぞれ受け取り、前記入力値に基づいて、寄与要素 Q_{DAM} を提供する。

10

【0066】

最後に、最小閾値 Q_{MIN} が計算される。好ましくは、最小閾値 Q_{MIN} は、高压ポンプ4内のポンピング段階中に生成される温度変動を抑えるための寄与要素 Q_{TEMP} 、エネルギー効率を増加させるための寄与要素 Q_{EEff} および潜在的損傷リスクを減少させるための寄与要素 Q_{DAM} のうちで最も大きいものに対応する。あるいは、最小閾値 Q_{MIN} は、高压ポンプ4内のポンピング段階中に発生する温度変動、エネルギー効率を増加させる寄与要素 Q_{EEff} および潜在的損傷リスクを減少させる寄与要素 Q_{DAM} を含むための寄与要素 Q_{TEMP} の秤量平均に対応する。

【0067】

したがって、この方法は、コモンレール3の内側に所望の圧力を有するように、高压ポンプ4によってコモンレール3に供給される目標燃料流量 M_{ref} を瞬時に計算することを必要とする。

20

【0068】

次いで、電子制御ユニット7は、目標燃料流量 M_{ref} を最小閾値 Q_{min} と比較するように設計される。

【0069】

目標燃料流量 M_{ref} が最低閾値 Q_{min} より大きい（または等しい）場合、高压ポンプ4は、目標燃料流量 M_{ref} を送出するように制御される。逆に、目標燃料流量 M_{ref} が最小閾値 Q_{min} より小さい場合には、高压ポンプ4は、高压ポンプ4のアイドル運転サイクルを実行する。換言すれば、目標燃料流量 M_{ref} が最小閾値 Q_{min} より小さい場合には、高压ポンプ4は作動しない。

30

【0070】

制御ユニット7は、高压ポンプ4の流量を調節して、最小閾値 Q_{min} より大きい目標燃料流量 M_{ref} を処理するように設計される。換言すれば、制御ユニット7は、動作サイクルの交代を制御するように設計されており、この場合、高压ポンプ4は、最小閾値 Q_{min} よりも大きい目標燃料流量 M_{ref} と、アイドル動作サイクルとを処理する。

【0071】

したがって、電子制御ユニット7は、フィードバック変数として、好ましくは圧力センサ11によってリアルタイムで検出される、コモンレール3内部の所望の圧力を使用するフィードバック制御と、高压ポンプ4によってコモンレール3に瞬時に供給される目標燃料流量 M_{ref} と上述した数式[1]又は[5]に従って計算される最小閾値 Q_{MIN} の比較とによって、高压ポンプ4を作動サイクル毎に制御するように構成されている。

40

【0072】

高压ポンプ4を制御するために電子制御ユニット7によって実施され、これまで説明された方法は、幾つかの利点を有する。

【0073】

特に費用面では有利であるにもかかわらず、実施も容易で安価である。特に、上述した方法は、電子制御ユニット7のための過大な計算負荷を伴わず、同時に、製造業者がキャビテーション現象の発生を回避し、高压ポンプ4の損傷を回避し、高压ポンプ4内のポンピング段階中に発生する温度変動を抑えとともに、コモンレール3内の燃料圧力の目標

50

値を維持することを可能にする。

なお、本発明の態様（構成）として以下に示すものがある。

[態様 1]

コモンレール（3）を有する熱機関（1）の直接噴射システム用の燃料ポンプ（4）を制御する方法であって、

高圧ポンプ（4）によって供給される燃料の最小閾値（ Q_{MIN} 、 Q_{TEMP} ）を決定するステップと、

前記コモンレール（3）内で所望の圧力（ P_{TARGET} ）を得るために、前記高圧ポンプ（4）によって前記コモンレール（3）に瞬時に供給される目標燃料流量（ M_{ref} ）を計算するステップと、

前記目標燃料流量（ M_{ref} ）と前記最小閾値（ Q_{MIN} 、 Q_{TEMP} ）とを比較するステップと、
前記目標燃料流量（ M_{ref} ）と前記最小閾値（ Q_{MIN} 、 Q_{TEMP} ）との比較に基づいて前記高圧ポンプ（4）を制御するステップと、

を備える方法において、

前記最小閾値（ Q_{MIN} 、 Q_{TEMP} ）を決定するステップは以下のサブステップ、すなわち、
前記コモンレール（3）内の圧力（ P_{RAIL} ）と前記熱機関（1）の速度（ n ）とに基づいて第1の寄与要素（ $Q_{MIN-COLD}$ ）と第2の寄与要素（ $Q_{MIN-HOT}$ ）とを決定するステップであって、前記第1の寄与要素（ $Q_{MIN-COLD}$ ）は、前記コモンレール（3）内の前記圧力（ P_{RAIL} ）及び前記熱機関（1）の速度（ n ）の与えられた値に関するキャビテーション現象の発生からかけ離れた低温条件下でポンピングされる流体の最小閾値であり、
前記第2の寄与要素（ $Q_{MIN-HOT}$ ）は、前記コモンレール（3）内の前記圧力（ P_{RAIL} ）及び前記熱機関（1）の速度（ n ）の与えられた値に関するキャビテーション現象の発生に近い高温条件下でポンピングされる流体の最小閾値である、ステップと、

前記高圧ポンプ（4）の温度（ T_{PUMP} ）と前記高圧ポンプ（4）の入口圧力（ P_{LOW} ）とに基づいて係数（ K ）を決定するステップであって、前記係数（ K ）は、キャビテーション現象の発生条件に対する前記高圧ポンプ（4）の接近性を表す、ステップと、

前記第1の寄与要素（ $Q_{MIN-COLD}$ ）、第2の寄与要素（ $Q_{MIN-HOT}$ ）及び前記係数（ K ）に基づいて前記最小閾値（ Q_{MIN} 、 Q_{TEMP} ）を決定するステップと、

を備えることを特徴とする方法。

[態様 2]

前記コモンレール（3）内の圧力（ P_{RAIL} ）及び噴射された燃料の量（ Q_{F-INJ} ）に基づいてエネルギー効率を上げるための第3の寄与要素（ Q_{EEff} ）を決定するステップと、

前記高圧ポンプ（4）の損傷リスクの可能性を減らすために、前記コモンレール（3）内の圧力（ P_{RAIL} ）及び前記熱機関（1）の速度（ n ）に基づいて第4の寄与要素（ Q_{DAM} ）を決定するステップと、

前記第3の寄与要素（ Q_{EEff} ）及び第4の寄与要素（ Q_{DAM} ）に基づいて、前記最小閾値（ Q_{MIN} ）を決定するステップと、

を更に備える、態様 1 に記載の方法。

[態様 3]

前記第3の寄与要素（ Q_{EEff} ）は、前記熱機関（1）を備えた車両に対して選択された運転モード（ DV ）に応じて決定され、好ましくは、複数の可能な位置のうちのハンドレバーの位置に応じて決定される、態様 2 に記載の方法。

[態様 4]

前記第1の寄与要素（ $Q_{MIN-COLD}$ ）と、前記第2の寄与要素（ $Q_{MIN-HOT}$ ）と、前記係数（ K ）とに基づいて、前記高圧ポンプ（4）においてポンピング段階中に生成された温度変動を抑えるための第5の寄与要素（ Q_{TEMP} ）を決定するステップと、

前記第5の寄与要素（ Q_{TEMP} ）と、前記第3の寄与要素（ Q_{EEff} ）と、前記第4の寄与要素（ Q_{DAM} ）との比較に基づいて、前記最小閾値（ Q_{MIN} ）を決定するステップと、

を更に備える、態様 2 又は 3 に記載の方法。

[態様 5]

前記第 5 の寄与要素 (Q_{TEMP}) は、以下のように計算され、すなわち、

$$Q_{TEMP} = (1 - K) \times Q_{MIN-COLD} + K \times Q_{MIN-HOT} \quad [6]$$

ここで、

Q_{TEMP} 第 5 の寄与要素、

K 係数、

$Q_{MIN-COLD}$ 第 1 の寄与要素、

$Q_{MIN-HOT}$ 第 2 の寄与要素

である、態様 4 に記載の方法。

[態様 6]

前記最小閾値 (Q_{MIN}) は、前記第 5 の寄与要素 (Q_{TEMP})、前記第 3 の寄与要素 (Q_{EFF}) および前記第 4 の寄与要素 (Q_{DAM}) のうちの最大値に対応する、態様 4 又は 5 に記載の方法。

[態様 7]

前記目標燃料流量 (M_{ref}) が前記最小閾値 (Q_{MIN} , Q_{TEMP}) よりも大きい場合にのみ、前記目標燃料流量 (M_{ref}) を供給するように、前記高圧ポンプ (4) を制御するステップと、

前記目標燃料流量 (M_{ref}) が前記最小閾値 (Q_{MIN} , Q_{TEMP}) よりも小さい場合に、燃料を供給しないように、前記高圧ポンプ (4) を制御するステップと、
を備える、態様 1 ~ 6 の何れか一項に記載の方法。

[態様 8]

前記最小閾値 (Q_{MIN} , Q_{TEMP}) を決定するステップは、以下のサブステップを含む、すなわち、

エネルギー指標 (I) を計算するステップであって、前記エネルギー指標 (I) は、圧力センサ (11) によってリアルタイムに検出された前記コモンレール (3) 内の圧力 (P_{RAIL}) に関する信号の乱れの強さに基づいて、前記高圧ポンプ (4) 内のキャビテーション現象の発生に対する接近性、またはその欠如を示し、前記乱れは観測時間窓内の積分によって評価される、ステップと、

前記エネルギー指標 (I) に基づいて前記最小閾値 (Q_{MIN} , Q_{TEMP}) を計算するステップと、

を備える、態様 1 ~ 7 の何れか一項に記載の方法。

[態様 9]

前記コモンレール (3) 内の所望の圧力 (P_{TARGET}) を第 1 の量 (P_{TARGET}) によって、及び前記エネルギー指標 (I) が第 1 の閾値を超えた場合に第 1 の時間間隔だけ減少させる、態様 8 に記載の方法。

[態様 10]

前記第 1 の量 (P_{TARGET}) が、少なくとも 1 MPa に等しく、好ましくは、前記エネルギー指標 (I) と前記第 1 の閾値との差に依存しない、態様 9 に記載の方法。

[態様 11]

前記エネルギー指標 (I) が第 1 の閾値を超えた場合に、第 2 の量 (Q_{MIN}) だけ前記最小閾値 (Q_{MIN} , Q_{TEMP}) を増加させるステップを更に備える、態様 8 ~ 10 の何れか一項に記載の方法。

[態様 12]

前記第 2 の量 (Q_{MIN}) が、少なくとも 20 mg に等しく、好ましくは、前記エネルギー指標 (I) と前記第 1 の閾値との差に依存しない、態様 11 に記載の方法。

[態様 13]

前記目標燃料流量 (M_{ref}) が供給される場合の前記エネルギー指標 (I_1) が次のように計算され、すなわち、

10

20

30

40

50

$$I_1 = \int_{t_1}^{t_2} (P_{TARGET} - P_{RAIL})^2 dt \quad [2]$$

ここで、

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

P_{RAIL} コモンレール (3) の実圧、

P_{TARGET} コモンレール (3) 内の目標圧力、

である、態様 8 ~ 1 2 の何れか一項に記載の方法。

10

[態様 1 4]

前記目標燃料流量 (M_{ref}) が供給される場合の前記エネルギー指標 (I_2) が次のように計算され、すなわち、

$$I_2 = \int_{t_1}^{t_2} (P_{RAIL-M} - P_{RAIL})^2 dt \quad [3]$$

ここで、

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

P_{RAIL} コモンレール (3) の実圧、

P_{RAIL-M} コモンレール (3) および観測窓内の実際の平均圧力、

である、態様 8 ~ 1 2 の何れか一項に記載の方法。

20

[態様 1 5]

前記エネルギー指標 (I_3) が次のように計算され、すなわち、

$$I_3 = \int_{t_1}^{t_2} (INT_M - INT)^2 dt \quad [4]$$

ここで、

t_1 、 t_2 観測時間窓を定義する時間、

INT 圧力制御の閉ループの積分成分の値、

INT_M 観測窓内の圧力制御の閉ループの積分成分の平均値、

である、態様 8 ~ 1 2 の何れか一項に記載の方法。

30

40

50

【図面】

【図 1】

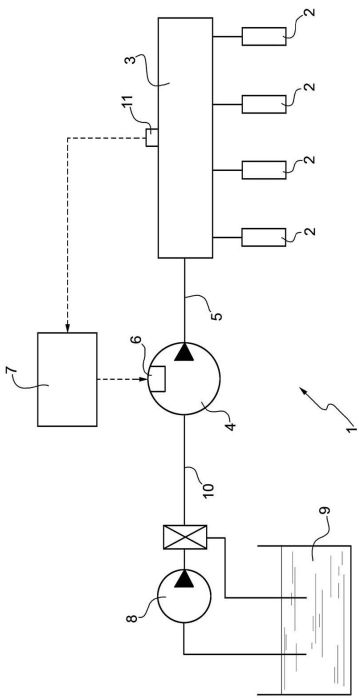


FIG.1

【図 2】

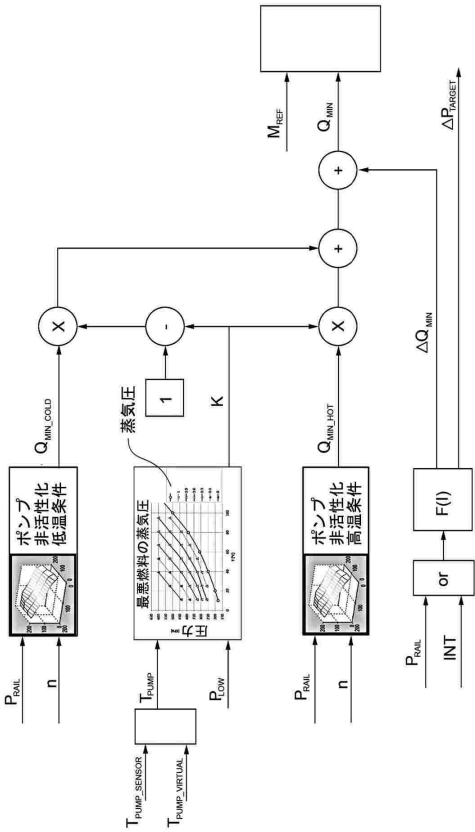


FIG.2

【図 3】

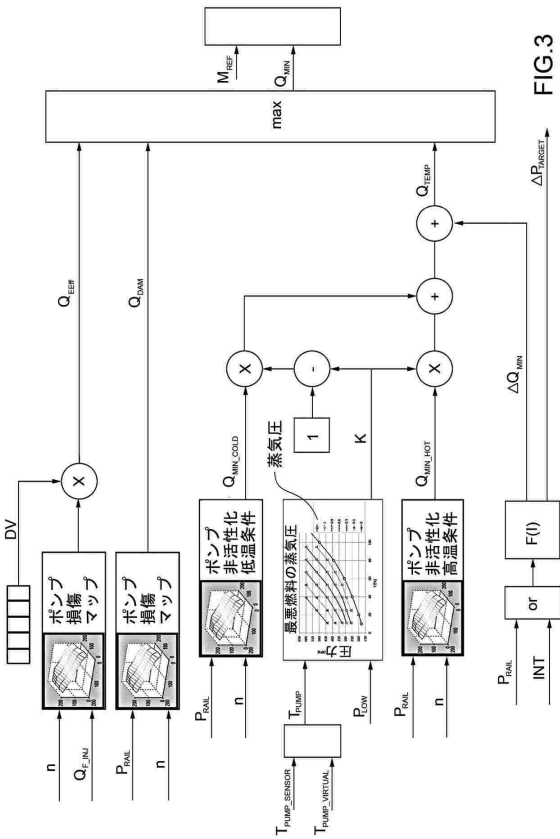


FIG.3

10

20

30

40

50

フロントページの続き

弁理士 森本 有一

(72)発明者 マルコ パロット

イタリア国, 4 0 1 3 8 ボローニャ, ビア スパルタコ, 3 1

(72)発明者 マッテオ デ チェーザレ

イタリア国, 7 1 0 1 7 トッレマッジョーレ(フォッジア), ビア メンターナ, 1 7 4

(72)発明者 マルコ モレッリ

イタリア国, 0 5 0 2 3 バスキ(テルニ), ビア イタリア, 9

(72)発明者 ジョバンニ プローディ

イタリア国, 4 0 1 3 7 ボローニャ, ビア シエベルンガ, 2 2

(72)発明者 トンマーゾ カルデッリニ

イタリア国, 2 0 0 1 1 コルベッタ(ミラノ), ビアーレ アルド ボルレッティ, 6 1 / 6 3 ,
チノオ マレッリ ヨーロッパ ソチエタ ペル アルツィオニ

審査官 鶴江 陽介

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 7 / 1 3 8 2 7 0 (W O , A 1)

特開 2 0 1 8 - 0 2 1 5 4 1 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 7 6 7 1 1 (U S , A 1)

独国特許出願公開第 1 0 2 0 1 7 2 0 7 1 5 3 (D E , A 1)

中国特許出願公開第 1 0 1 1 7 5 9 1 6 (C N , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

F 0 2 M 5 1 / 0 0 - 6 3 / 0 2

F 0 2 D 4 1 / 3 2 - 4 5 / 0 0

F 0 4 B 4 9 / 0 6 - 4 9 / 1 0