

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4333549号  
(P4333549)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年7月3日(2009.7.3)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>FO2D 41/14 (2006.01)</b>	FO2D 41/14 330Z
<b>FO2D 41/02 (2006.01)</b>	FO2D 41/02 375
<b>FO2D 41/38 (2006.01)</b>	FO2D 41/38 A
<b>FO2D 45/00 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 320Z
<b>FO2M 37/00 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 364K

請求項の数 3 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-302429 (P2004-302429)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成16年10月18日(2004.10.18)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2006-112371 (P2006-112371A)	(74) 代理人	110000947 特許業務法人あーく特許事務所
(43) 公開日	平成18年4月27日(2006.4.27)	(74) 代理人	100075502 弁理士 倉内 義朗
審査請求日	平成18年11月28日(2006.11.28)	(74) 代理人	100122024 弁理士 國富 豪
		(72) 発明者	野村 光宏 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	井上 靖通 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃料噴射制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直噴内燃機関において実燃圧が目標燃圧になるように高圧燃料ポンプの吐出量を、積分項を含む制御動作でフィードバック制御する内燃機関の燃料噴射制御装置であって、

前記目標燃圧と実燃圧との偏差が所定値以上であるときには、前記フィードバック制御の積分項の更新を停止する積分項更新制御手段と、前記目標燃圧と実燃圧との偏差に基づいて前記高圧燃料ポンプのフィードバック制御の制御量であるポンプデューティを算出する算出手段とを備え、前記積分項更新制御手段は、前記目標燃圧と実燃圧との偏差が所定値以上であると判定した後、前記算出手段で算出されたポンプデューティに応じた前記高圧燃料ポンプによる吐出が完了してから前記フィードバック制御の積分項の更新を復帰することを特徴とする内燃機関の燃料噴射制御装置。

10

【請求項2】

請求項1記載の内燃機関の燃料噴射制御装置において、

前記積分項更新制御手段は、前記目標燃圧の変化量または内燃機関の負荷率の変化量が所定値以上であるときに、前記フィードバック制御の積分項の更新を停止することを特徴とする内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項3】

請求項1または2記載の内燃機関の燃料噴射制御装置において、

前記積分項更新制御手段は、前記ポンプデューティが0%または100%のときに、前記フィードバック制御の積分項の更新を禁止することを特徴とする内燃機関の燃料噴射制

20

御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼室に燃料を直接噴射する直噴内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、燃焼室に燃料を直接噴射する筒内直噴内燃機関においては、燃料噴射弁に供給する燃料を高圧燃料ポンプで加圧して、燃料圧力を燃焼室内の圧力よりも高くすることにより燃料噴射を行うことが可能な値（目標燃圧）まで上昇させるようにしている。

10

【0003】

このような燃料圧力の制御は、燃料配管内の実際の燃料圧力（以下、実燃圧という）と目標燃圧との偏差に基づいて算出される制御量に応じて、その実燃圧が目標燃圧に近づくように高圧燃料ポンプの吐出量（ポンプデューティ）をフィードバック制御することによって行われる。また、高圧燃料ポンプの駆動制御に用いられる上記制御量は、目標燃圧と実燃圧との偏差に応じて更新される積分項、及び、実燃圧と目標燃圧との偏差を「0」にすべく増減する比例項等から算出される。

【0004】

このような高圧燃料ポンプのフィードバック制御において、内燃機関が高回転で運転され、高圧燃料ポンプの吐出量制御の算出周期よりも吐出行程の周期が短くなるときには燃圧のオーバーシュートが発生する。これを解消する方法として、高圧燃料ポンプの吐出行程の周期が短くなる高回転時にフィードバックゲインを小さくすることで、実燃圧のオーバーシュートを防止する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

20

【0005】

また、直噴内燃機関の燃料噴射制御において、内燃機関の始動時など、要求される燃料噴射量が多いにも関わらず燃料圧力が低い状態のときには、高圧燃料ポンプの燃料吐出量を最大値近傍の値にして燃料圧力を速やかに目標燃圧まで上昇させている。このとき、燃料圧力を上昇させるべく積分項を大きくしても、燃料吐出量が増加しないことから燃料圧力が速やかに上昇せずに積分項が誤って過度に大きい値にされてしまう。この積分項は実燃圧が目標燃圧を超えて上昇した後に低下し始めるが、こうした積分項の低下はゆっくりであるため、積分項が誤って過度に大きくなってしまい、実燃圧が目標燃圧に達した後に、高圧燃料ポンプの燃料吐出量を制御するための制御量は、要求される値に対して燃料吐出量を多くする側にずれてしまう。その結果、燃圧が目標燃圧を超えて上昇するオーバーシュートが発生し、内燃機関の燃焼状態が悪化するなどの不具合が生じる。

30

【0006】

このような問題を解消する方法として、高圧燃料ポンプの吐出量が最大値近傍のときには積分項の更新を禁止することで、積分項が誤って燃料吐出量を多くする側に過度に変化することを回避し、オーバーシュートの発生を抑制する方法が提案されている（例えば、特許文献2参照。）。

【0007】

さらに、高圧燃料ポンプのフィードバック制御において、燃圧制御の応答性を良好に維持する方法として、燃料カット中で実燃圧が目標燃圧よりも高いときにはフィードバック制御の積分項の更新を禁止する方法が提案されている（例えば、特許文献3参照。）。

40

【特許文献1】特開2000-282927号公報

【特許文献2】特開2001-263144号公報

【特許文献3】特開2000-205018号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、内燃機関の燃料噴射制御においては、目標燃圧の変化量が急激に変化して目

50

標燃圧と実燃圧との偏差が過渡的に大きくなった場合、フィードバック制御の〔比例項〕+〔積分項〕で実燃圧を目標燃圧に対して追従させている。しかしながら、目標燃圧と実燃圧からポンプデューティの算出をしても、実際に高圧燃料ポンプが駆動して燃料を吐出するまでに遅れがあり、その遅れの間次のポンプデューティ算出のタイミングがきてしまうと、積分項は遅れの間で成長してしまう。その結果として、実燃圧が目標燃圧を超えて上昇するオーバーシュートが発生し、内燃機関の燃焼状態が悪化するという問題が発生する。

#### 【0009】

また、直噴内燃機関においては、高圧燃料ポンプの吐出行程の周期よりも燃料噴射のサイクルの方が短くなるように設定されており、このため、目標燃圧が一定であっても、負荷の変動により実燃圧が大きく低下した場合、次のポンプデューティ算出のときに負荷の変化（実燃圧の低下）が組み込まれないので、この場合も、実燃圧と目標燃圧とのずれが増大してしまい、フィードバック制御の積分項が成長してオーバーシュートが発生する。

#### 【0010】

このような目標燃圧や負荷が過渡的に変化したときに発生するオーバーシュートについては、上記した特許文献1～3では考慮されておらず、これら特許文献に記載されている方法、例えば高回転時にフィードバックゲインを小さくする方法や、高圧燃料ポンプの吐出量が最大値近傍のとき、あるいは、燃料カット中で実燃圧が目標燃圧よりも高いときには積分項の更新を禁止する方法では解消することはできない。

#### 【0011】

なお、直噴内燃機関の燃料噴射制御においては、ポンプデューティが0%未満になったり、ポンプデューティが100%よりも大きくなることを防止するために、上下限ガードによりポンプデューティをガードするという処理（例えば、特許文献2参照。）が行われているが、このような上下限ガード処理においては、ポンプデューティがガードされている場合であっても、フィードバック制御の積分項が更新されているため、ポンプデューティDTが $0\% < DT < 100\%$ になったときに燃圧のオーバーシュートが発生していた。

#### 【0012】

本発明は、以上のようなポンプデューティの算出から燃料吐出までに遅れがある状況で目標燃圧と実燃圧との偏差が過渡的に大きくなったときの問題を解消するためになされたもので、例えば目標燃圧または負荷率などが過渡的に変化した場合であっても、フィードバック制御の積分項が無駄に更新されることを防ぐことができ、これによって燃圧オーバーシュートを抑制することが可能な内燃機関の燃料噴射制御装置を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本発明は、直噴内燃機関において実燃圧が目標燃圧になるように高圧燃料ポンプの吐出量を、積分項を含む制御動作でフィードバック制御する内燃機関の燃料噴射制御装置において、前記目標燃圧と実燃圧との偏差が所定値以上であるときには、フィードバック制御の積分項の更新を停止する積分項更新制御手段と、前記目標燃圧と実燃圧との偏差に基づいて前記高圧燃料ポンプのフィードバック制御の制御量であるポンプデューティを算出する算出手段とを備え、前記積分項更新制御手段は、前記目標燃圧と実燃圧との偏差が所定値以上であると判定した後、前記算出手段で算出されたポンプデューティに応じた前記高圧燃料ポンプによる吐出が完了してから前記フィードバック制御の積分項の更新を復帰する（つまり、フィードバック制御の積分項の更新復帰は、フィードバック制御の制御量であるポンプデューティの算出から燃料吐出までの遅れを考慮し、燃料吐出が積分項により制御可能となったときに行う）ことを特徴としている。より具体的には、目標燃圧の変化量または内燃機関の負荷率の変化量が所定値以上であるときに、フィードバック制御の積分項の更新を停止することを特徴としている。

#### 【0014】

本発明によれば、目標燃圧または負荷率の急激な変化などにより、目標燃圧と実燃圧と

10

20

30

40

50

の偏差が所定値以上となる過渡的な変化が生じたときには、フィードバック制御の積分項の更新を停止しているため、目標燃圧または負荷率などが過渡的に変化した場合であっても、積分項が無駄に更新されることを防ぐことができ、燃圧オーバーシュートを抑制することができる。

【0016】

本発明において、ポンプデューティが0%または100%のときに、フィードバック制御の積分項の更新を禁止するようにしてもよい。このような構成を採用すると、上述した上下限ガード処理にてポンプデューティがガードされている場合において、ポンプデューティがガードの上限値(100%)または下限値(0%)に張り付いているときには、積分項の無駄な更新が抑制されるので、燃圧オーバーシュートを小さくすることができる。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、実燃圧が目標燃圧になるように高圧燃料ポンプの吐出量をフィードバック制御するにあたり、目標燃圧と実燃圧との偏差が所定値以上となる過渡的な変化が生じたときには、フィードバック制御の積分項の更新を停止しているため、ポンプデューティの算出から燃料吐出までに遅れがある状況で目標燃圧と実燃圧との偏差が過渡的に変化したときに発生する積分項成長の問題を解消することができ、燃圧オーバーシュートを的確に抑制することができる。その結果、目標燃圧と実燃圧との偏差が過渡的に大きくなった場合であっても、内燃機関の燃焼状態を良好に維持することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0018】

以下、本発明を直噴型多気筒(4気筒)ガソリンエンジンに適用した例を図1~図3に基づいて説明する。

【0019】

- エンジン -

本発明を適用するエンジンの構造を図2に示す。なお、図2にはエンジンの1気筒の構成のみを示している。

【0020】

図2に示すエンジン1は、燃焼室10を形成するピストン11及び出力軸であるクランクシャフト13を備えている。ピストン11はコネクティングロッド12を介してクランクシャフト13に連結されており、ピストン11の往復運動がコネクティングロッド12によってクランクシャフト13の回転へと変換される。

30

【0021】

クランクシャフト13には、外周面に複数の突起14a・・14aを有するシグナルロータ14が取り付けられている。シグナルロータ14の側方近傍にはクランクポジションセンサ15が配置されている。クランクポジションセンサ15は、クランクシャフト13が回転する際にシグナルロータ14の突起14aに対応するパルス状の信号を出力する。

【0022】

エンジン1の燃焼室10には吸気通路2と排気通路3が接続されている。吸気通路2と燃焼室10との間に吸気弁21が設けられており、この吸気弁21を開閉駆動することにより、吸気通路2と燃焼室10とが連通または遮断される。また、排気通路3と燃焼室10との間に排気弁31が設けられており、この排気弁31を開閉駆動することにより、排気通路3と燃焼室10とが連通または遮断される。これら吸気弁21及び排気弁31の開閉駆動は、クランクシャフト13の回転が伝達される吸気カムシャフト22及び排気カムシャフト32の各回転によって行われる。

40

【0023】

吸気カムシャフト22には突起22aが形成されている。また、吸気カムシャフト22の側方近傍にはカムポジションセンサ23が配置されている。カムポジションセンサ23は、吸気カムシャフト22の回転に伴って上記突起22aがカムポジションセンサ23の近傍を通過する毎に検出信号を出力する。

50

## 【 0 0 2 4 】

吸気通路 2 の上流部分にはエンジン 1 の吸入空気量を調整するためのスロットルバルブ 2 4 が配置されている。スロットルバルブ 2 4 はスロットルモータ 2 5 によって駆動される。スロットルバルブ 2 4 の開度は、自動車の室内に設けられたアクセルペダル 2 6 の踏込操作に応じてスロットルモータ 2 5 を駆動制御することにより調整される。なお、アクセルペダル 2 6 の踏み込み量（アクセル踏込量）はアクセルポジションセンサ 2 7 によって検出される。さらに、吸気通路 2 には、スロットルバルブ 2 4 の下流側に吸気通路 2 内の圧力（吸気圧）を検出するバキュームセンサ 2 8 が配置されている。

## 【 0 0 2 5 】

そして、エンジン 1 には、燃焼室 1 0 内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁 4 が各気筒ごとに設けられている。各気筒毎の燃料噴射弁 4 には、後述する燃料供給装置 1 0 0 によって高圧燃料が供給され、その各燃料噴射弁 4 から燃料を燃焼室 1 0 内に直接噴射することにより、燃焼室 1 0 内で空気と燃料とが混合された混合気が形成され、その混合気が燃焼室 1 0 内で燃焼される。この混合気の燃焼室 1 0 内での燃焼によりピストン 1 1 が往復運動してクランクシャフト 1 3 が回転する。

## 【 0 0 2 6 】

- 燃料供給装置 -

図 1 は燃料供給装置の構造を模式的に示す図である。

## 【 0 0 2 7 】

この例の燃料供給装置 1 0 0 は、燃料タンク 1 0 1 から燃料を送り出すフィードポンプ 1 0 2 と、そのフィードポンプ 1 0 2 によって送り出された燃料を加圧して各気筒（4 気筒）の燃料噴射弁 4 ・ ・ 4 に向けて吐出する高圧燃料ポンプ 1 0 3 とを備えている。

## 【 0 0 2 8 】

高圧燃料ポンプ 1 0 3 は、シリンダ 1 3 0、プランジャ 1 3 1、加圧室 1 3 2 及び電磁スピル弁 1 3 3 を備えている。プランジャ 1 3 1 は、排気カムシャフト 3 2 に取り付けられたカム 3 2 1 の回転によって駆動され、シリンダ 1 3 0 内を往復移動する。このプランジャ 1 3 1 の往復移動により加圧室 1 3 2 内の容積が増大または縮小する。

## 【 0 0 2 9 】

加圧室 1 3 2 はプランジャ 1 3 1 及びシリンダ 1 3 0 によって区画されている。加圧室 1 3 2 は、低圧燃料通路 1 0 4 を介してフィードポンプ 1 0 2 に連通しており、また、高圧燃料通路 1 0 5 を介してデリバリパイプ 1 0 6 内に連通している。デリバリパイプ 1 0 6 には燃料噴射弁 4 ・ ・ 4 が接続されているとともに、パイプ内の燃料圧力（実燃圧）を検出する燃圧センサ 1 6 1 が配置されている。

## 【 0 0 3 0 】

なお、低圧燃料通路 1 0 4 には、フィルタ 1 4 1 及びプレッシャレギュレータ 1 4 2 が設けられている。また、高圧燃料通路 1 0 5 には、高圧燃料ポンプ 1 0 3 から吐出された燃料が逆流することを阻止するための逆止弁 1 5 1 が設けられている。

## 【 0 0 3 1 】

高圧燃料ポンプ 1 0 3 には、低圧燃料通路 1 0 4 と加圧室 1 3 2 との間を連通または遮断する電磁スピル弁 1 3 3 が設けられている。電磁スピル弁 1 3 3 は電磁ソレノイド 1 3 3 a を備えており、その電磁ソレノイド 1 3 3 a への通電を制御することにより電磁スピル弁 1 3 3 が開閉動作する。電磁スピル弁 1 3 3 は、電磁ソレノイド 1 3 3 a への通電が停止されているときには圧縮コイルばね 1 3 3 b の弾性力により開弁する。この電磁スピル弁 1 3 3 の開閉動作を図 3 を参照しながら具体的に説明する。

## 【 0 0 3 2 】

まず、電磁ソレノイド 1 3 3 a に対する通電が停止された状態のときには、電磁スピル弁 1 3 3 が圧縮コイルばね 1 3 3 b の弾性力によって開弁し、低圧燃料通路 1 0 4 と加圧室 1 3 2 とが連通した状態になる。この状態において、加圧室 1 3 2 の容積が増大する方向にプランジャ 1 3 1 が移動するとき（吸入行程）には、フィードポンプ 1 0 2 から送り出された燃料が低圧燃料通路 1 0 4 を介して加圧室 1 3 2 内に吸入される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

一方、加圧室 1 3 2 の容積が収縮する方向にプランジャ 1 3 1 が移動するとき（吐出行程）において、電磁ソレノイド 1 3 3 a への通電により電磁スピル弁 1 3 3 が圧縮コイルばね 1 3 3 b の弾性力に抗して閉弁すると、低圧燃料通路 1 0 4 と加圧室 1 3 2 との間が遮断され、加圧室 1 3 2 内の燃料が高圧燃料通路 1 0 5 を通じてデリバリパイプ 1 0 6 内に吐出される。

## 【 0 0 3 4 】

そして、高圧燃料ポンプ 1 0 3 における燃料吐出量の調整は、電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁開始時期を制御し、吐出行程での電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁期間を調整することによって行われる。すなわち、電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁開始時期を早めて閉弁期間を長くすると燃料吐出量が増加し、電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁開始時期を遅らせて閉弁期間を短くすると燃料吐出量が減少するようになる。このように、高圧燃料ポンプ 1 0 3 の燃料吐出量を調整することにより、デリバリパイプ 1 0 6 内の燃料圧力が制御される。

10

## 【 0 0 3 5 】

ここで、高圧燃料ポンプ 1 0 3 の燃料吐出量（電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁開始時期）を制御するための制御量であるポンプデューティ D T について説明する。

## 【 0 0 3 6 】

ポンプデューティ D T は、0 ~ 1 0 0 % という値の間で変化する値であって、電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁期間に対応する排気カムシャフト 3 2 のカム 3 2 1 のカム角度に関係した値である。

20

## 【 0 0 3 7 】

具体的には、カム 3 2 1 のカム角度に関して、図 3 に示すように、電磁スピル弁 1 3 3 の最大閉弁期間に対応したカム角度（最大カム角度）を  $\theta_0$  とし、その最大閉弁期間の目標燃圧に対応するカム角度（目標カム角度）を  $\theta_{target}$  とすると、ポンプデューティ D T は、最大カム角度  $\theta_0$  に対する目標カム角度  $\theta_{target}$  の割合（ $D T = \theta_{target} / \theta_0$ ）で表される。従って、ポンプデューティ D T は、目標とする電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁期間（閉弁開始時期）が最大閉弁期間に近づくほど 1 0 0 % に近い値となり、目標とする閉弁期間が「0」に近づくほど 0 % に近い値となる。

## 【 0 0 3 8 】

そして、ポンプデューティ D T が 1 0 0 % に近づくほど、ポンプデューティ D T に基づいて調整される電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁開始時期は早められ、電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁期間は長くなる。その結果、高圧燃料ポンプ 1 0 3 の燃料吐出量が増加して実燃圧が上昇するようになる。また、ポンプデューティ D T が 0 % に近づくほど、ポンプデューティ D T に基づいて調整される電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁開始時期は遅らされ、電磁スピル弁 1 3 3 の閉弁期間は短くなる。その結果、高圧燃料ポンプ 1 0 3 の燃料吐出量が減少して実燃圧が低下するようになる。

30

## 【 0 0 3 9 】

- 燃料噴射制御装置 -

図 4 は、本発明の燃料噴射制御装置に制御系の一例を示すブロック図である。

## 【 0 0 4 0 】

この例の燃料噴射制御装置は、エンジン 1 の運転状態を制御するための E C U（電子制御ユニット）5 を備えている。E C U 5 は、C P U 5 1、R O M 5 2、R A M 5 3 及びバックアップ R A M 5 4 などを備えている。

40

## 【 0 0 4 1 】

R O M 5 2 は、各種制御プログラムや、それら各種制御プログラムを実行する際に参照されるマップ等が記憶されている。C P U 5 1 は、R O M 5 2 に記憶された各種制御プログラムやマップに基づいて演算処理を実行する。

## 【 0 0 4 2 】

R A M 5 3 は、C P U 5 1 での演算結果や各センサから入力されたデータ等を一時的に記憶するメモリであり、バックアップ R A M 5 4 は、エンジン 1 の停止時にその保存すべ

50

きデータ等を記憶する不揮発性のメモリである。そして、ROM 52、CPU 51、RAM 53及びバックアップRAM 54は、バス57を介して互いに接続されるとともに、外部入力回路55及び外部出力回路56と接続されている。

【0043】

外部入力回路55には、クランクポジションセンサ15、カムポジションセンサ23、アクセルポジションセンサ27、バキュームセンサ28及び燃圧センサ161等が接続されている。一方、外部出力回路56には、燃料噴射弁4及び電磁スビル弁133等が接続されている。

【0044】

ECU5は、エンジン回転数NE及び負荷率KL等に基づいて、燃料噴射弁4から噴射される燃料の量を制御するのに用いられる最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ を算出する。

10

【0045】

ここで、エンジン回転数NEは、クランクポジションセンサ15の検出信号から求められる。また、負荷率KLは、エンジン1の最大機関負荷に対する現在の負荷割合を示す値であって、エンジン1の吸入空気量に対応するパラメータとエンジン回転数NEとから算出される。なお、吸入空気量に対応するパラメータとしては、バキュームセンサ28の検出信号から求められる吸気圧PMや、アクセルポジションセンサ27の検出信号から求められるアクセル踏込量ACCP等が挙げられる。

【0046】

そして、ECU5は、上記演算にて算出された最終燃料噴射量 $Q_{fin}$ に基づいて燃料噴射弁4を駆動制御し、燃料噴射弁4から噴射される燃料の量を制御する。燃料噴射弁4から噴射される燃料の量(燃料噴射量)は、デリバリパイプ106内の燃料圧力(燃圧)と燃料噴射時間によって定まるため、燃料噴射量を適正にするためには上記燃圧を適正な値に維持する必要がある。これを達成するために、ECU5は、燃圧センサ161の検出信号から求められる実燃圧Pが機関運転状態に応じて設定される目標燃圧 $P_0$ に近づくように、高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量をフィードバック制御して燃圧を適正值に維持する。なお、高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量は、後述するポンプデューティDTに基づいて電磁スビル弁133の閉弁期間(閉弁開始時期)を調整することによってフィードバック制御される。

20

【0047】

- ポンプデューティ算出 -

次に、ECU5において実行するポンプデューティDTの算出手順を、図5に示すフローチャートを参照しながら説明する。このポンプデューティ算出ルーチンは、所定時間毎の時間割り込み処理にて実行される。

30

【0048】

まず、ポンプデューティDTは、ステップS104の処理により下記の式(1)に基づいて算出される。

【0049】

$$DT = FF + DT_p + DT_i \cdots (1)$$

ここで、FF：フィードフォワード項、 $DT_p$ ：比例項、 $DT_i$ ：積分項である。

40

【0050】

式(1)において、フィードフォワード項FFは、要求される燃料噴射量に見合った量の燃料を予めデリバリパイプ106に供給し、機関過渡時等においても速やかに燃圧Pを目標燃圧 $P_0$ へと近づけるためのものである。このフィードフォワード項FFはステップS101の処理で算出される。

【0051】

また、式(1)において、比例項 $DT_p$ は、実燃圧Pを目標燃圧 $P_0$ に近づけるためのものである。積分項 $DT_i$ は、燃料漏れや高圧燃料ポンプ103の個体差等に起因するポンプデューティDTのばらつきを抑制するためのものである。比例項 $DT_p$ は、ステップS102の処理で算出され、積分項 $DT_i$ はステップS103の処理で算出される。

50

## 【 0 0 5 2 】

ECU5は、式(1)を用いて算出したポンプデューティDTに基づいて、電磁スピル弁133の電磁ソレノイド133aに対する通電開始時期すなわち電磁スピル弁133の閉弁開始時期を制御する。このようにして電磁スピル弁133の閉弁開始時期が制御されることにより、電磁スピル弁133の閉弁期間が変化して高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量が調整され、燃圧Pが目標燃圧P0に近づくように変化する。

## 【 0 0 5 3 】

次に、ポンプデューティ算出ルーチンの手順をステップ毎に説明する。

## 【 0 0 5 4 】

ステップS101の処理において、ECU5は、最終燃料噴射量Qfin及びエンジン回転数NE等の機関運転状態に基づいてフィードフォワード項FFを算出する。このフィードフォワード項FFは、要求される燃料噴射量が多くなるほど大きい値となり、ポンプデューティDTを100%側、すなわち高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量を多くする側へと変化させる。

10

## 【 0 0 5 5 】

ステップS102の処理において、ECU5は、実燃圧P及び目標燃圧P0等に基づいて下記の式(2)を用いて比例項DTpを算出する。

## 【 0 0 5 6 】

$$DTp = K1 \cdot (P0 - P) \cdot \dots \quad (2)$$

ここで、K1：係数である。

20

## 【 0 0 5 7 】

式(2)から分かるように、実燃圧Pが目標燃圧P0よりも小さい値であって、その両者の差[P0 - P]が大きい値になるほど、比例項DTpは大きい値になり、ポンプデューティDTを100%側すなわち高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量を多くする側へと変化させる。逆に、実燃圧Pが目標燃圧P0よりも大きい値であって、その両者の差[P0 - P]が小さい値になるほど、比例項DTpは小さい値になり、ポンプデューティDTを0%側すなわち高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量を少なくする側へと変化させる。

## 【 0 0 5 8 】

ステップS103の処理において、ECU5は積分項DTiの算出を行う。積分項DTiは、例えば下記の式(3)を用いて、前回の積分項DTi、実燃圧P、及び目標燃圧P0に基づいて算出される。

30

## 【 0 0 5 9 】

$$DTi = DTi + K2 \cdot (P0 - P) \cdot \dots \quad (3)$$

ここで、K2：係数である。

## 【 0 0 6 0 】

式(3)から分かるように、実燃圧Pが目標燃圧P0よりも小さい値である間は、その両者の差[P0 - P]に対応した値が所定周期毎に積分項DTiに加算される。その結果、積分項DTiは、徐々に大きい値へと更新され、ポンプデューティDTを徐々に100%側(高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量を多くする側)へと変化させる。逆に、燃圧Pが目標燃圧P0よりも大きい値である間は、その両者の差[P0 - P]に対応した値が所定周期毎に積分項DTiから減算される。その結果、積分項DTiは、徐々に小さい値に更新され、ポンプデューティDTを徐々に0%側(高圧燃料ポンプ103の燃料吐出量を少なくする側)へと変化させる。

40

## 【 0 0 6 1 】

ステップS104の処理において、ECU5は上記式(1)を用いてポンプデューティDTを算出する。さらに、ステップS105の処理において、ECU5は、ポンプデューティDTが0%未満になったり、100%よりも大きくなったりしないように、上下限ガード処理を実行する。その後、ECU5は、ポンプデューティ算出ルーチンを一旦終了する。

## 【 0 0 6 2 】

50

- 積分項更新判定制御 -

次に、積分項更新判定制御について説明する。

【 0 0 6 3 】

まず、エンジン 1 の燃料噴射制御においては、目標燃圧  $P_0$  の変化量が急激に変化して目標燃圧  $P_0$  と実燃圧  $P$  との偏差が過渡的に大きくなった場合、フィードバック制御の [ 比例項 ] + [ 積分項 ] で実燃圧  $P$  を目標燃圧  $P_0$  に対して追従させている。しかし、目標燃圧  $P_0$  と実燃圧  $P$  とからポンプデューティ  $DT$  の算出をしても、実際に高圧燃料ポンプ 103 が駆動して燃料を吐出するまでに遅れがあり、その遅れの間次のポンプデューティ算出のタイミングがきてしまうと、フィードバック制御の積分項  $DT_i$  が成長してしまう。

10

【 0 0 6 4 】

例えば、図 3 に示すように、ポンプデューティ  $DT$  を  $T_1$ 、 $T_2 \dots$  の計算タイミングで算出しているとすると、計算タイミング  $T_1$  で算出されたポンプデューティ  $DT$  での吐出は、ポンプ  $TD C 1$  (高圧燃料ポンプ 103 のピストン上死点) で完了するので、計算タイミング  $T_1$  でのポンプデューティ  $DT$  の算出から実際の燃料吐出までには遅れがある。このため、例えば、計算タイミング  $T_1$  の直後の  $t_1$  の時点で、スロットルバルブ 24 の開度が変化して目標燃圧  $P_0$  が過渡的に大きくなったとすると、次の計算タイミング  $T_2$  がポンプ  $TD C 1$  の前であるので、その計算タイミング  $T_2$  の算出時には実燃圧  $P$  が上昇しておらず、実燃圧  $P$  と目標燃圧  $P_0$  とのずれが増大してしまい、フィードバック制御の積分項  $DT_i$  が成長する。その結果として、実燃圧  $P$  が目標燃圧  $P_0$  を超えて上昇するオーバーシュートが発生してエンジン 1 の燃焼状態が悪化する。

20

【 0 0 6 5 】

また、高圧燃料ポンプ 103 の吐出行程の周期よりも燃料噴射のサイクルの方が短くなるように設定されており、このため、目標燃圧  $P_0$  が一定であっても、負荷の変動により燃圧が大きく低下する場合があります。その燃圧の低下が、例えば、図 3 の計算タイミング  $T_1$  の直後の  $t_1$  の時点で発生すると、計算タイミング  $T_2$  でのポンプデューティ  $DT$  の算出に負荷の変化 (燃圧の低下) が組み込まれないので、この場合も、実燃圧  $P$  と目標燃圧  $P_0$  とのずれが増大してしまい、フィードバック制御の積分項  $DT_i$  が成長してオーバーシュートが発生する。

【 0 0 6 6 】

そこで、この実施形態では、目標燃圧  $P_0$  または負荷率  $KL$  が過渡的に変化したときに、フィードバック制御の積分項  $DT_i$  が無駄に更新されることを防止することで、オーバーシュートを抑制してエンジン 1 の燃焼状態を良好に維持する。

30

【 0 0 6 7 】

その具体的な制御の一例を図 6 のフローチャートを参照しながら説明する。この図 6 に示す積分項更新判定制御ルーチンは、図 5 に示したポンプデューティ算出ルーチンにおいてステップ  $S 1 0 3$  (積分項  $DT_i$  の算出) に進む毎に実行される。

【 0 0 6 8 】

積分項更新判定制御ルーチンにおいて、ステップ  $S 2 0 3$  の処理により、上記の式 (3) に基づいて積分項  $DT_i$  が算出 (更新) される。また、ステップ  $S 2 0 1$  及びステップ  $S 2 0 2$  の処理では、式 (3) に基づく積分項  $DT_i$  の更新を停止すべきか否かが判定される。

40

【 0 0 6 9 】

この例の積分項更新判定制御ルーチンにおいて、ECU 5 は、ステップ  $S 2 0 1$  の処理において、目標燃圧  $P_0$  の過渡変化量 ( $d l p r r e q$ ) が、目標燃圧変化量大判定値 ( $D L P R H$ ) 以上 [ 条件  $J 1 : d l p r r e q \geq D L P R H$  ] である否か、または、負荷率  $KL$  の過渡変化量 ( $d l k l f w d$ ) が負荷率変化量大判定値 ( $D L K L H$ ) 以上 [ 条件  $J 2 : d l k l f w d \geq D L K L H$  ] であるか否かを判定する。

【 0 0 7 0 】

ステップ  $S 2 0 1$  での判定が否定判定であるとき、つまり、目標燃圧  $P_0$  の過渡変化量

50

( $d1preq$ ) が目標燃圧変化量大判定値 ( $DLPRH$ ) 未満であり、かつ、負荷率  $KL$  の過渡変化量 ( $d1klfwd$ ) が負荷率変化量大判定値 ( $DLKLH$ ) 未満であるときにはステップ  $S203$  に進み、上記の式 (3) に基づいて積分項  $DTi$  を更新する。その後、 $ECU5$  は、この積分項更新判定制御ルーチンを一旦終了して処理をポンプデューティ算出ルーチン (図 5) に戻す。

【0071】

ステップ  $S201$  での判定が肯定判定つまり [ $d1preq$   $DLPRH$ ] または [ $d1klfwd$   $DLKLH$ ] であるときにはステップ  $S202$  に進む。ステップ  $S202$  においては、 [ $d1preq$   $DLPRH$ ] と判定した後、または、 [ $d1klfwd$   $DLKLH$ ] と判定した後に、算出したポンプデューティ  $DT$  に応じた吐出が完了したか否かを判定する。

10

【0072】

このステップ  $S202$  の判定が肯定判定であるときには、ステップ  $S203$  に進み、上記の式 (3) に基づいて積分項  $DTi$  を更新する。その後、 $ECU5$  は、この積分項更新判定制御ルーチンを一旦終了して処理をポンプデューティ算出ルーチン (図 4) に戻す。

【0073】

一方、ステップ  $S202$  の判定が否定判定であるときには、 $ECU5$  は、積分項  $DTi$  の更新を行うことなく、積分項更新判定制御ルーチンを一旦終了して処理をポンプデューティ算出ルーチン (図 5) に戻す。

【0074】

20

以上のステップ  $S201$  ~ ステップ  $S203$  の処理により、目標燃圧  $P0$  または負荷率  $KL$  に過渡的な変化が発生したときには、フィードバック制御の積分項  $DTi$  の更新が、目標燃圧  $P0$  または負荷率  $KL$  に過渡的な変化が発生した状態のときに算出されたポンプデューティ  $DT$  に応じた燃料吐出が完了するまで停止されるので、目標燃圧  $P0$  または負荷率  $KL$  が過渡的に変化したとき、つまり目標燃圧  $P0$  と実燃圧  $P$  との偏差が過渡的に大きくなったときには、積分項  $DTi$  が無駄に更新されることを防ぐことができ、燃圧オーバーシュートを抑制することができる。

【0075】

ここで、この例の積分項更新制御において、積分項更新を復帰するタイミングは、図 3 において、例えば計算タイミング  $T1$  の直後の  $t1$  の時点で、目標燃圧  $P0$  (または負荷率  $KL$ ) が過渡的に大きくなったとすると、その目標燃圧  $P0$  (または負荷率  $KL$ ) の過渡的な変化は、計算タイミング  $T2$  において組み込まれることになるので、その計算タイミング  $T2$  で算出されたポンプデューティ  $DT$  が反映された吐出が完了した後のタイミングとなるが、計算タイミング  $T3$  のときには、計算タイミング  $T2$  で算出されたポンプデューティ  $DT$  が反映された吐出 (ポンプ  $TDc2$  の吐出) が完了していないので、次の計算タイミング  $T4$  において積分項  $DTi$  の更新が復帰されることになる。

30

【0076】

また、積分項更新を停止する判定条件 (ステップ  $S201$  の判定処理に用いる条件) である、 $J1$ : 目標燃圧変化量大判定値 ( $DLPRH$ )、または、 $J2$ : 負荷率変化量大判定値 ( $DLKLH$ ) については、例えば、目標燃圧  $P0$  または負荷率  $KL$  に過渡的な変化があったときに、積分項  $DTi$  で追従した場合には、実燃圧  $P$  が目標燃圧  $P0$  に達した後において必ずオーバーシュートが発生する値 (目標燃圧  $P0$  の過渡的な変化値または負荷率  $KL$  の過渡的な変化値) を、予め計算もしくは実験等により調べておき、その結果に基づいてオーバーシュートを抑制することが可能な閾値を判定値 (例えば  $DLPRH = 4 MPa$ 、例えば  $DLKLH = 50\%$ ) として採用すればよい。

40

【0077】

- 積分項更新判定制御の他の例 -

次に、積分項更新判定制御の他の例を図 7 のフローチャートを参照しながら説明する。

【0078】

この図 7 に示す積分項更新判定制御ルーチンは、図 5 に示したポンプデューティ算出ル

50

ーチンにおいてステップ S 1 0 3 ( 積分項 D T i の算出 ) に進む毎に実行される。

【 0 0 7 9 】

この例の積分項更新判定制御ルーチンにおいて、ステップ S 3 0 5 の処理により、上記の式 ( 3 ) に基づいて積分項 D T i が算出 ( 更新 ) される。また、ステップ S 3 0 1 ~ ステップ S 3 0 4 の処理では、式 ( 3 ) に基づく積分項 D T i の更新を停止すべきか否かが判定される。

【 0 0 8 0 】

この例の積分項更新判定制御ルーチンにおいて、ステップ S 3 0 1 及びステップ S 3 0 2 の各処理は、前記した図 6 のフローチャートのステップ S 2 0 1 及びステップ S 2 0 2 と基本的に同じ処理であり、ステップ S 3 0 1 の判定が否定判定である場合、すなわち、  
10  
目標燃圧 P 0 の過渡変化量 ( d l p r r e q ) が目標燃圧変化量大判定値 ( D L P R H ) 未満であり、かつ、負荷率 K L の過渡変化量 ( d l k l f w d ) が負荷率変化量大判定値 ( D L K L H ) 未満であるときにはステップ S 3 0 3 に進む。

【 0 0 8 1 】

また、ステップ S 3 0 1 及びステップ S 3 0 2 の判定がいずれも肯定判定である場合、すなわち、[ d l p r r e q D L P R H ] または [ d l k l f w d D L K L H ] であると判定し、かつ、その判定を行った後に算出したポンプデューティ D T に応じた吐出が完了した後に、ステップ S 3 0 3 に進む。なお、ステップ S 3 0 2 の判定が否定判定であるときには、E C U 5 は、積分項 D T i の更新を行うことなく、積分項更新判定制御ルーチンを一旦終了して処理をポンプデューティ算出ルーチン ( 図 5 ) に戻す。  
20

【 0 0 8 2 】

ステップ S 3 0 3 の処理において、E C U 5 は、ポンプデューティ D T が 0 % または 1 0 0 % であるか否かを判定し、続いて、ステップ S 3 0 4 の処理においてポンプデューティ D T が [ 0 % < D T < 1 0 0 % ] であるか否かを判定する。

【 0 0 8 3 】

これらステップ S 3 0 3 及びステップ S 3 0 4 の判定がいずれも肯定判定である場合、ステップ S 3 0 5 に進む。また、ステップ S 3 0 3 の判定が否定判定である場合、ステップ S 3 0 5 に進む。ステップ S 3 0 5 の処理において、E C U 5 は、上記の式 ( 3 ) に基づいて積分項 D T i を更新する。その後、E C U 5 は、この積分項更新判定制御ルーチンを一旦終了して処理をポンプデューティ算出ルーチン ( 図 5 ) に戻す。  
30

【 0 0 8 4 】

一方、ステップ S 3 0 3 の判定が肯定判定であり、かつ、ステップ S 3 0 4 の判定が否定判定である場合、E C U 5 は、積分項 D T i の更新を行うことなく、積分項更新判定制御ルーチンを一旦終了して処理をポンプデューティ算出ルーチン ( 図 5 ) に戻す。

【 0 0 8 5 】

以上の図 7 に示す積分項更新制御処理によれば、目標燃圧 P 0 または負荷率 K L に過渡的な変化が発生したときには、積分項 D T i の更新が、目標燃圧 P 0 または負荷率 K L に過渡的な変化が発生した状態のときに算出されたポンプデューティ D T に応じた燃料吐出が完了するまで停止されるので、目標燃圧 P 0 または負荷が過渡的 K L に変化した場合であっても、積分項 D T i が無駄に更新されることを防ぐことができ、燃圧オーバーシュートを抑制することができる。  
40

【 0 0 8 6 】

しかも、ポンプデューティ D T が 0 % または 1 0 0 % であるときには、積分項 D T i の更新が必ず禁止されるので、ポンプデューティ D T の上下限ガード処理 ( ポンプデューティ算出ルーチン ( 図 5 ) におけるステップ S 1 0 5 の処理 ) を行っている場合において、ポンプデューティ D T がガードの上限値 ( 1 0 0 % ) または下限値 ( 0 % ) に張り付いているときには、フィードバック制御の積分項 D T i の無駄な更新が抑制されるので、ポンプデューティ D T が 0 % < D T < 1 0 0 % になったときの燃圧オーバーシュートを小さくすることができる。

【 0 0 8 7 】

なお、以上の実施形態では、本発明を筒内直噴４気筒ガソリンエンジンに適用した例を示したが、本発明はこれに限られることなく、例えば筒内直噴６気筒ガソリンエンジンなど他の任意の気筒数のガソリンエンジンにも適用できる。また、ガソリンエンジンに限られることなく、ディーゼルエンジンなどの他の内燃機関の燃料噴射制御にも本発明を適用することは可能である。

【産業上の利用可能性】

【００８８】

本発明は、燃焼室に燃料を直接噴射する直噴内燃機関の燃料噴射制御において、ポンプデューティの算出から燃料吐出までに遅れがある状況で、目標燃圧や負荷率が過渡的に変化したときに発生する積分項の成長の問題を解消して、燃圧オーバーシュートを抑制するの

10

【図面の簡単な説明】

【００８９】

【図１】本発明の燃料噴射制御装置を適用するエンジンの燃料供給装置の一例を示す概略構成図である。

【図２】筒内直噴ガソリンエンジンの概略構成図である。

【図３】電磁スピル弁の開閉動作及びポンプデューティの計算タイミング等を示すタイミングチャートである。

【図４】本発明の燃料噴射制御装置に制御系の一例を示すブロック図である。

【図５】ポンプデューティの算出手順を示すフローチャートである。

20

【図６】積分項更新判定制御の処理内容の一例を示すフローチャートである。

【図７】積分項更新判定制御の処理内容の他の例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

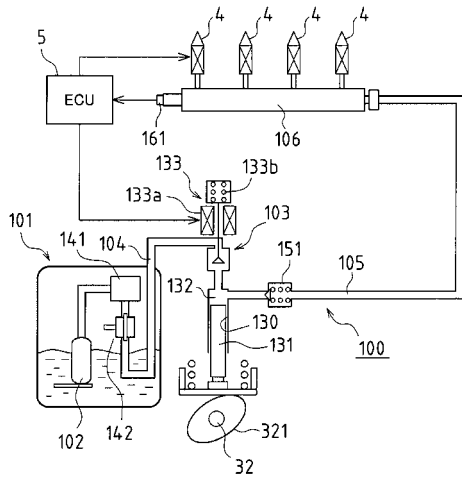
【００９０】

- １ エンジン（内燃機関）
- １０ 燃焼室
- ２ 吸気通路
- ２１ 吸気弁
- ２２ 吸気カムシャフト
- ３ 排気通路
- ３１ 排気弁
- ３２ 排気カムシャフト
- ３２１ カム
- ４ 燃料噴射弁
- ５ ＥＣＵ
- １００ 燃料供給装置
- １０１ 燃料タンク
- １０２ フィードポンプ
- １０３ 高圧燃料ポンプ
- １３０ シリンダ
- １３１ プランジャ
- １３２ 加圧室
- １３３ 電磁スピル弁
- １３３ a 電磁ソレノイド
- １３３ b 圧縮コイルばね
- １０４ 低圧燃料通路
- １０５ 高圧燃料通路
- １０６ デリバリパイプ
- １６１ 燃圧センサ

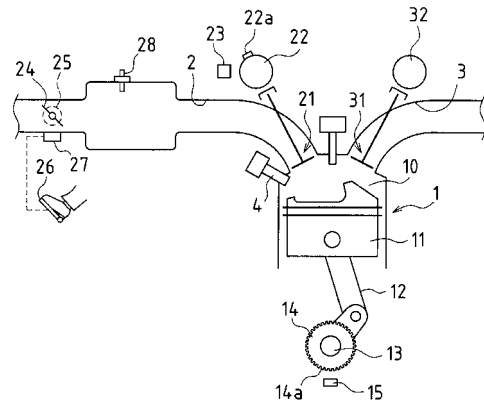
30

40

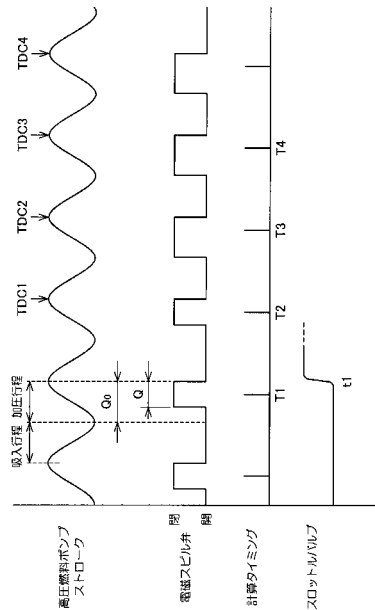
【図1】



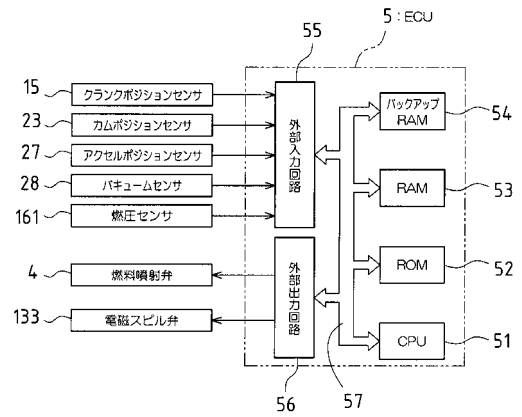
【図2】



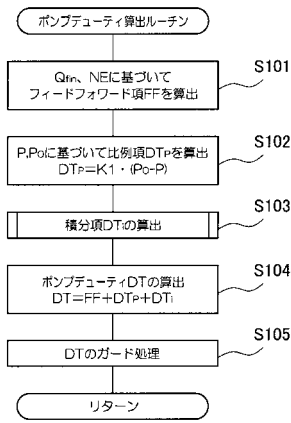
【図3】



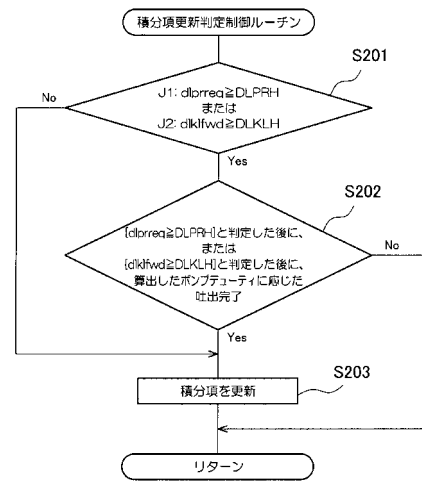
【図4】



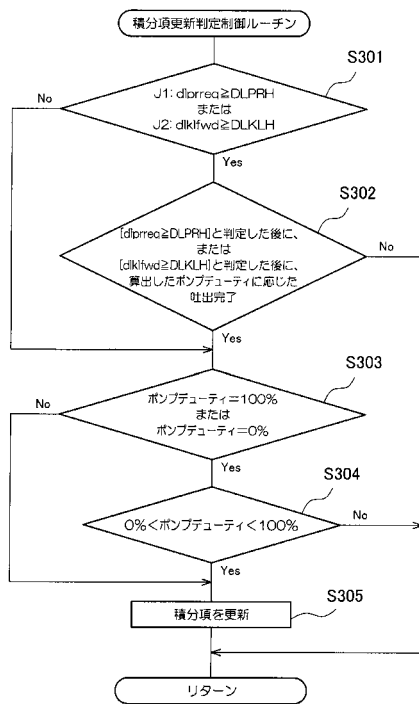
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>F 0 2 M 51/02</i>	<i>(2006.01)</i>	F 0 2 M 37/00		C
<i>F 0 2 M 55/02</i>	<i>(2006.01)</i>	F 0 2 M 51/02		S
<i>F 0 2 M 59/20</i>	<i>(2006.01)</i>	F 0 2 M 55/02	3 5 0 E	
		F 0 2 M 59/20		D

審査官 寺川 ゆりか

(56)参考文献 特開2003-307149(JP,A)  
特開平06-137199(JP,A)  
特開2001-263144(JP,A)  
特開2000-205018(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 D	4 1 / 1 4
F 0 2 D	4 1 / 0 2
F 0 2 D	4 1 / 3 8
F 0 2 D	4 5 / 0 0
F 0 2 M	3 7 / 0 0
F 0 2 M	5 1 / 0 2
F 0 2 M	5 5 / 0 2
F 0 2 M	5 9 / 2 0