

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-105237
(P2019-105237A)

(43) 公開日 令和1年6月27日(2019.6.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2M 37/08 (2006.01)	FO2M 37/08 C	3G066
FO2M 59/02 (2006.01)	FO2M 37/08 B	
FO2M 59/20 (2006.01)	FO2M 59/02	
	FO2M 59/20 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 46 頁)

(21) 出願番号 特願2017-238769 (P2017-238769)
(22) 出願日 平成29年12月13日 (2017.12.13)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100105957
弁理士 恩田 誠
(74) 代理人 100068755
弁理士 恩田 博宣
(72) 発明者 岡村 誠士
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社 内
Fターム(参考) 3G066 AA02 AD01 BA63 CA01U CE22
DC04 DC05 DC11 DC15 DC18
DC24

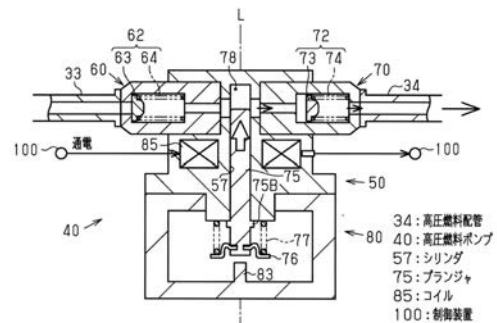
(54) 【発明の名称】 燃料ポンプの制御装置

(57) 【要約】

【課題】燃料配管における燃料圧力の制御性の向上に貢献できる燃料ポンプの制御装置を提供する。

【解決手段】燃料ポンプの制御装置100は、シリンダ57と、可動子としてのプランジャ75と、電動アクチュエータとしてのコイル85を備え、コイル85への通電制御を通じてプランジャ75が往復動することによって燃料の吸引及び燃料の吐出を行い、内燃機関の燃料噴射弁が連結されている高圧燃料配管34に燃料を供給する電動式の高圧燃料ポンプ40に適用される。燃料ポンプの制御装置100は、燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで前記燃料ポンプから燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を実行するとともに、噴射間吐出制御の実行中には、燃料噴射弁からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34への燃料の吐出回数の比率である吐出比率を、内燃機関の運転状態に応じて変更する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

シリンダと、

前記シリンダ内を摺動可能に設けられている可動子と、

前記可動子を移動させるための電動アクチュエータとを備え、

前記電動アクチュエータへの通電制御を通じて前記可動子が往復動することによって燃料の吸引及び燃料の吐出を行い、内燃機関の気筒内に配置されている燃料噴射弁が連結される燃料配管に燃料を供給する電動式の燃料ポンプに適用され、

前記燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで前記燃料ポンプから燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を実行するとともに、

前記噴射間吐出制御の実行中には、前記燃料噴射弁からの燃料の噴射回数に対する前記燃料ポンプから前記燃料配管への燃料の吐出回数の比率である吐出比率を、前記内燃機関の運転状態に応じて変更する

燃料ポンプの制御装置。

10

【請求項 2】

前記内燃機関の回転速度が高いときには、該回転速度が低いときに比して、前記吐出比率を小さくし、

又は、

前記燃料噴射弁における燃料の噴射間隔が短いときには、該噴射間隔が長いときに比して、前記吐出比率を小さくする

20

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項 3】

前記燃料ポンプからの燃料吐出量の目標値である目標吐出量が多いときには、該目標吐出量が少ないときに比して前記吐出比率を高くする

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項 4】

前記噴射間吐出制御の実行中には、前記吐出比率を 1 よりも高い値にする

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項 5】

前記噴射間吐出制御の実行中には、前記吐出比率を 1 よりも低い値にする

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

30

【請求項 6】

前記吐出比率の上限を、前記燃料噴射弁において燃料噴射を実行してから次に燃料噴射を実行するまでの燃料の噴射間隔に基づいて制限する

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項 7】

前記燃料ポンプから前記燃料配管への燃料吐出量の目標値である目標吐出量に基づいて前記吐出比率を変更する

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項 8】

前記目標吐出量を、前記内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して多くなるように算出し、且つ前記内燃機関の回転速度が高いときには該回転速度が低いときに比して多くなるように算出する

請求項 7 に記載の燃料ポンプの制御装置。

40

【請求項 9】

前記吐出比率を、前記内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して高い値にする

請求項 1 に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項 10】

前記燃料噴射弁において燃料噴射を実行してから次に燃料噴射を実行するまでの燃料の

50

噴射間隔が前記燃料ポンプから燃料を1回吐出する際に必要となる時間である必要時間以上である場合には前記噴射間吐出制御を実行し、

前記噴射間隔が前記必要時間よりも短い場合には燃料の吐出を固定の周期で繰り返し行う個別制御を実行する

請求項1に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項11】

前記噴射間吐出制御では、前記燃料噴射弁における燃料噴射期間に重ならないように燃料吐出を実行するタイミングを設定する

請求項1に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項12】

前記噴射間吐出制御では、前記燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射の終了後からN+1回目の燃料噴射が開始されるまでの間に前記燃料ポンプからの燃料吐出を実行する

請求項1に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項13】

前記噴射間吐出制御では、前記燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射の開始後からN+1回目の燃料噴射が終了するまでの間であって、前記N回目の燃料噴射及び前記N+1回目の燃料噴射のいずれか一方の噴射期間と重なるように前記燃料ポンプからの燃料吐出を実行する

請求項1に記載の燃料ポンプの制御装置。

【請求項14】

前記噴射間吐出制御の実行中には、前記燃料配管の目標燃圧と実際の燃圧との差が所定値未満であるときには、前記燃料ポンプからの前記燃料配管への燃料の吐出を行わず、前記差が所定値以上となったときには、次に燃料噴射が開始されるまでの間に前記燃料ポンプからの前記燃料配管への燃料の吐出を行う

請求項1に記載の燃料ポンプの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料ポンプの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1に記載の内燃機関は、気筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁と、燃料噴射弁が連結されている燃料配管と、燃料配管に燃料を供給する燃料ポンプとを有している。燃料ポンプは、シリンダ内に配置された棒状のプランジャを有している。プランジャは、磁性体素材によって構成されている。プランジャは、燃料ポンプに設けられている付勢ばねによってシリンダの一方側へ常時付勢されている。燃料ポンプは、プランジャを励磁するためのコイルを有している。燃料ポンプにおいてコイルが通電されると、該コイルの周囲に発生する磁界によってプランジャが励磁される。プランジャが励磁されると、該プランジャは付勢ばねの付勢力に抗して上記一方側とは反対の他方側に移動する。コイルへの通電が停止されるとプランジャの励磁が解除され、プランジャが付勢ばねの付勢力に応じて一方側に移動する。このように、燃料ポンプでは、プランジャがシリンダ内を一方側及び他方側との間で往復動する。燃料ポンプは、プランジャが一往復する度に、燃料を吸引する吸引機能と、吸引した燃料を加圧して吐出する吐出機能とを果たす。

【0003】

特許文献1に記載の燃料ポンプの制御装置では、内燃機関の回転速度が所定範囲内であるときには、燃料ポンプの駆動開始タイミングを、燃料噴射弁による燃料噴射の開始タイミングよりも少し早めに設定し、燃料噴射弁による燃料の噴射期間と、燃料ポンプからの燃料の吐出期間とを重ねるようにしている。これにより、燃料噴射弁から燃料が噴射されている間における燃料配管内の燃料圧力の変動を抑えるようにしている。

【0004】

10

20

30

40

50

また、特許文献2に記載の燃料ポンプの制御装置では、燃料噴射弁からの燃料噴射量が所定範囲内であるときには、燃料噴射弁の駆動周期と燃料ポンプの駆動周期とを同じにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004 52596号公報

【特許文献2】米国特許出願公開第2009/0217910号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

特許文献1に記載の燃料ポンプの制御装置では、内燃機関の回転速度が所定範囲内であるときに燃料噴射弁からの1回の燃料噴射に合わせて燃料ポンプから1回の燃料吐出を行うことで燃料を燃料配管に供給する。また、特許文献2に記載の燃料ポンプの制御装置では、燃料噴射弁からの燃料噴射量が所定範囲内であるときに燃料噴射弁からの1回の燃料噴射に合わせて燃料ポンプから1回の燃料吐出を行うことで燃料を燃料配管に供給する。これらの構成では、燃料噴射弁からの燃料噴射量に対して十分な量の燃料を燃料配管に供給できるようにするために燃料ポンプから1回に吐出可能な燃料の最大量を大きく設計する必要がある。一方で、内燃機関の小型化の要望に伴って燃料ポンプについても小型化が望まれている。このように小型の燃料ポンプでは、燃料ポンプから1回に吐出可能な燃料の最大量が少なくなる。そのため、小型の燃料ポンプについて特許文献1及び2に記載の燃料ポンプの制御装置を適用した場合、燃料ポンプからの1回の燃料吐出量が燃料噴射弁からの1回の燃料噴射量に足りず、燃料配管に十分な量の燃料を供給することができないおそれがある。

20

【0007】

また、特許文献1に記載の燃料ポンプの制御装置において内燃機関の回転速度が上記所定範囲外であるときや、特許文献2に記載の燃料ポンプの制御装置において燃料噴射弁からの燃料噴射量が上記所定範囲外であるときには、燃料噴射弁からの燃料噴射のタイミングを考慮せずに、予め設定した所定の周期で燃料ポンプの吐出を行う。こうした場合には、燃料噴射のタイミングに対する燃料吐出のタイミングが変動しやすくなる。燃料の噴射期間と燃料の吐出期間とが重なった場合と、これらの期間が重ならない場合とでは、燃料の噴射期間における燃料配管内の燃料圧力の変化度合いが異なる。燃料の噴射制御では、噴射期間における燃料圧力の変化度合いを考慮して燃料の噴射時間等を設定することが望ましいが、燃料噴射のタイミングに対する燃料吐出のタイミングが変動することで、噴射期間における燃料圧力の推定が困難になることもある。内燃機関の気筒内に配置された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁から噴射される高圧の燃料を蓄圧する燃料配管と、該燃料配管に燃料を吐出する燃料ポンプとを備える直噴エンジンにあっては、高圧の燃料を噴射するために、噴射期間における燃料圧力の変動によって空燃比のばらつきが許容範囲を超えてしまうおそれもある。そのため、このように高圧の燃料を気筒内に噴射する直噴エンジンにおいては、空燃比のばらつきを許容範囲内に抑える上で、噴射期間における燃料圧力の制御性を向上させることが望ましい。これらの点については特許文献1及び2には開示がなく、燃料配管における燃料圧力の制御性の向上を図る上では、改善の余地がある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するための燃料ポンプの制御装置は、シリンダと、前記シリンダ内を摺動可能に設けられている可動子と、前記可動子を移動させるための電動アクチュエータとを備え、前記電動アクチュエータへの通電制御を通じて前記可動子が往復動することによって燃料の吸引及び燃料の吐出を行い、内燃機関の気筒内に配置されている燃料噴射弁が連結されている燃料配管に燃料を供給する電動式の燃料ポンプに適用され、前記燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで前記燃料

40

50

ポンプから燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を実行するとともに、前記噴射間吐出制御の実行中には、前記燃料噴射弁からの燃料の噴射回数に対する前記燃料ポンプから前記燃料配管への燃料の吐出回数の比率である吐出比率を、前記内燃機関の運転状態に応じて変更する。

【0009】

上記構成では、燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで燃料ポンプから燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を実行する。これにより、燃料噴射弁からの燃料噴射に追従させて燃料ポンプから燃料吐出を行うことができる。また、噴射間吐出制御を実行しているときには、燃料噴射弁からの燃料の噴射回数に対する燃料ポンプから燃料配管への燃料の吐出回数の比率を、内燃機関の運転状態に応じて変更する。すなわち、この吐出比率が1よりも小さい場合、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に燃料ポンプからの燃料吐出が1回も行われない場合を含む。また、吐出比率が1以上である場合、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に燃料ポンプからの燃料吐出が2回以上行われる場合を含む。内燃機関の運転状態は燃料噴射量に相関することから、内燃機関の運転状態に応じて吐出比率を変更することで、燃料噴射量に合わせた量の燃料を燃料配管に供給することが可能になる。また、噴射間吐出制御により、燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングにおいて燃料吐出が実行される。そのため、燃料噴射のタイミングに対する燃料吐出のタイミングの変動を抑えることができ、こうした変動に起因した燃料の噴射期間における燃料圧力の変化度合いのばらつきを抑えることができる。したがって、上記構成によれば、燃料配管における燃料圧力の制御性の向上に貢献できる。

10

20

【0010】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記内燃機関の回転速度が高いときには、該回転速度が低いときに比して、前記吐出比率を小さくし、又は、前記燃料噴射弁における燃料の噴射間隔が短いときには、該噴射間隔が長いときに比して、前記吐出比率を小さくすることが望ましい。

【0011】

燃料ポンプから燃料を1回吐出する際には相応の時間が必要となる。上記構成では、内燃機関の回転速度が高いときには、該回転速度が低いときに比して、吐出比率を小さくする。内燃機関の回転速度が低いときには、燃料噴射弁からの燃料の噴射間隔が長くなる傾向にある。又、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間の燃料の噴射間隔が短いときには、該噴射間隔が長いときに比して、上記吐出比率を小さくする。吐出比率を小さくすることで燃料の噴射間隔内における燃料の吐出回数を少なくすることができる。そのため、こうした構成によれば、限られた期間である燃料の噴射間隔内で燃料の吐出回数を実現可能な値に設定しつつ、噴射間隔が長いときには燃料噴射弁からの1回の燃料噴射に対して燃料ポンプから複数回の燃料吐出を行うことも可能になる。これにより、燃料配管における燃料圧力を制御する際に燃料ポンプの駆動を適切にできる。

30

【0012】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記燃料ポンプからの燃料吐出量の目標値である目標吐出量が多いときには、該目標吐出量が少ないときに比して前記吐出比率を高くすることが望ましい。

40

【0013】

上記構成では、吐出比率を、燃料の吐出量の目標値である目標吐出量が多いときには、該目標吐出量が少ない時に比して高くする。例えば燃料ポンプから1回に吐出可能な燃料の最大量よりも目標吐出量が多い場合、該最大量よりも目標吐出量が少ない場合に比して吐出比率を高くすることで、燃料噴射弁からの1回の燃料噴射に対して燃料ポンプから複数回の燃料吐出を行うことができる。目標吐出量は燃料噴射量に相関することから、目標吐出量が多いときには、該目標吐出量が少ないときに比して吐出比率を高くすることで、

50

燃料噴射量に合わせた量の燃料を燃料配管に供給することが可能になる。

【0014】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記噴射間吐出制御の実行中には、前記吐出比率を1よりも高い値にすることが望ましい。

上記構成によれば、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に燃料ポンプから複数回の燃料吐出を行うことができる。そのため、燃料ポンプの最大吐出量をより少なく設定することが可能となり、その最大吐出量に合致するようにより小型の燃料ポンプを選択することもできる。

【0015】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記噴射間吐出制御の実行中には、前記吐出比率を1よりも低い値にすることが望ましい。

上記構成によれば、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間の燃料ポンプからの燃料吐出の回数を1回よりも少なくすることができる。すなわち、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に燃料ポンプからの燃料吐出が1回も行われなくすることができる。そのため、燃料ポンプの駆動を停止させることも可能になり、燃料ポンプの駆動を常に継続する場合に比して、燃料ポンプの駆動頻度を低下させることができる。したがって、電力消費を抑えることにも貢献できる。

【0016】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記吐出比率の上限を、前記燃料噴射弁において燃料噴射を実行してから次に燃料噴射を実行するまでの燃料の噴射間隔に基づいて制限することが望ましい。

【0017】

燃料ポンプから燃料を1回吐出する際には相応の時間が必要となる。上記構成では、燃料噴射弁からの燃料の噴射回数に対する燃料ポンプから燃料配管への燃料の吐出回数の比率である吐出比率の上限を、燃料噴射弁において燃料噴射を実行してから次に燃料噴射を実行するまでの噴射間隔に基づいて制限している。そのため、燃料ポンプから燃料を吐出する際に必要となる時間が、燃料噴射弁からの燃料の噴射間隔よりも長くなることを抑えることができる。したがって、限られた期間である燃料の噴射間隔内で燃料の吐出回数が実現不可能な値に設定されることを抑えることができ、燃料ポンプの駆動を適切にできる。

【0018】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記燃料ポンプから前記燃料配管への燃料吐出量の目標値である目標吐出量に基づいて前記吐出比率を変更することが望ましい。

上記構成では、目標吐出量に基づいて吐出比率を変更する。そのため、例えば燃料ポンプから1回に吐出可能な燃料の最大量よりも目標吐出量が多い場合、吐出比率を高い値に設定し、燃料噴射弁からの1回の燃料噴射に対して燃料ポンプから複数回の燃料吐出を行うことで目標吐出量分の燃料を燃料配管に供給することが可能になる。したがって、上記構成によれば、目標吐出量に見合った吐出比率の設定制御を実現することができる。

【0019】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記目標吐出量を、前記内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して多くなるように算出し、且つ前記内燃機関の回転速度が高いときには該回転速度が低いときに比して多くなるように算出することが望ましい。

【0020】

内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して燃料噴射弁からの1回の燃料噴射量が多くなる。また、内燃機関の回転速度が高いときには燃料の噴射間隔が短くなることから、該回転速度が低いときに比して燃料配管における燃料圧力を高く設定する必要がある。したがって、上記構成のように、燃料ポンプの目標吐出量を、内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して多くなるように算出し、且つ内燃機関の回転速度が高いときには該回転速度が低いときに比して多くなるように算出することで、燃料配管

10

20

30

40

50

における燃料の圧力を適切に制御することができる。

【0021】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記吐出比率を、前記内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して高い値にすることが望ましい。

内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して燃料噴射弁からの1回の燃料噴射量が多くなる。燃料ポンプから1回に吐出される燃料の最大量は予め求めることができることから、吐出比率を、内燃機関の負荷が高いときには該負荷が低いときに比して高い値にする、すなわち燃料配管から噴射される燃料の量が多いときには該燃料の量が少ないときに比して高い値にすることで、燃料配管における燃料の圧力を適切に制御することができる。

10

【0022】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記燃料噴射弁において燃料噴射を実行してから次に燃料噴射を実行するまでの燃料の噴射間隔が前記燃料ポンプから燃料を1回吐出する際に必要となる時間である必要時間以上である場合には前記噴射間吐出制御を実行し、前記噴射間隔が前記必要時間よりも短い場合には燃料の吐出を固定の周期で繰り返し行う個別制御を実行することが望ましい。

【0023】

上記構成では、燃料噴射弁における燃料の噴射間隔が燃料ポンプから燃料を1回吐出する際に必要となる時間である必要時間以上である場合には噴射間吐出制御を実行する。これにより、燃料の噴射間隔内において燃料ポンプからの燃料吐出を完了することができる。N回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで燃料吐出が実行される。そのため、燃料配管における燃料圧力の制御性を担保できる。

20

【0024】

一方で、上記噴射間隔が上記必要時間よりも短い場合には、燃料噴射弁における燃料の噴射間隔内において燃料ポンプからの燃料吐出を完了することができない。この場合には、燃料噴射のタイミングに関係なく燃料の吐出を固定の周期で繰り返し実行する個別制御を実行する。個別制御では、燃料噴射弁からの燃料噴射のタイミングを考慮することなく、燃料ポンプから繰り返し燃料を吐出する。

【0025】

このように、上記構成によれば、燃料の噴射間隔が必要時間よりも短い場合、噴射間吐出制御から個別制御に切り替えることで、燃料噴射量に対する燃料吐出量の確保を優先することも可能になる。

30

【0026】

また、上記燃料ポンプの制御装置の前記噴射間吐出制御では、前記燃料噴射弁における燃料噴射期間に重ならないように燃料吐出を実行するタイミングを設定することが望ましい。

【0027】

上記構成では、燃料噴射弁による燃料噴射が行われているときには、燃料ポンプから燃料の吐出が行われない。そのため、燃料ポンプから燃料吐出が行われることによる燃料配管内の燃料圧力の変動の影響が燃料噴射に生じ難い。したがって、燃料配管への燃料供給のタイミングを適切にできる。

40

【0028】

また、上記燃料ポンプの制御装置の前記噴射間吐出制御では、前記燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射の終了後からN+1回目の燃料噴射が開始されるまでの間に前記燃料ポンプからの燃料吐出を実行することが望ましい。

【0029】

上記構成では、燃料噴射弁における燃料噴射期間に重ならないように燃料吐出を実行する。そのため、燃料噴射弁による燃料噴射が行われているときには、燃料ポンプから燃料の吐出が行われないようにすることができる。したがって、上記構成によれば、燃料噴射弁におけるN回目の燃料噴射期間及びN+1回目の燃料噴射期間の少なくとも一方に重な

50

るように燃料吐出を実行する場合に比して、燃料ポンプから燃料吐出が行われることによる燃料配管内の燃料圧力の変動の影響を燃料噴射に生じ難くすることができる。

【0030】

また、上記燃料ポンプの制御装置の前記噴射間吐出制御では、前記燃料噴射弁からのN回目の燃料噴射の開始後からN+1回目の燃料噴射が終了するまでの間であって、前記N回目の燃料噴射及び前記N+1回目の燃料噴射のいずれか一方の噴射期間と重なるように前記燃料ポンプからの燃料吐出を実行することが望ましい。

【0031】

上記構成では、燃料噴射弁におけるN回目の燃料噴射期間またはN+1回目の燃料噴射期間に重ならないように燃料吐出を実行する。そのため、燃料噴射弁におけるN回目の燃料噴射期間及びN+1回目の燃料噴射期間の双方に重なるように燃料吐出を実行する場合に比して、燃料ポンプから燃料吐出が行われることによる燃料配管内の燃料圧力の変動の影響を燃料噴射に生じ難くすることができる。

【0032】

また、上記燃料ポンプの制御装置では、前記噴射間吐出制御の実行中には、前記燃料配管の目標燃圧と実際の燃圧との差が所定値未満であるときには、前記燃料ポンプからの前記燃料配管への燃料の吐出を行わず、前記差が所定値以上となったときには、次に燃料噴射が開始されるまでの間に前記燃料ポンプからの前記燃料配管への燃料の吐出を行う。

【0033】

上記構成では、噴射間吐出制御を実行しているときには、燃料配管の目標燃圧と実際の燃圧との差が所定値未満であるときには、燃料ポンプからの燃料配管への燃料の吐出を行わない。そのため、燃料噴射弁から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に燃料ポンプからの燃料吐出が1回も行われなかった場合を含む吐出態様を実現することができ、燃料噴射弁からの燃料の噴射回数に対する燃料ポンプから燃料配管への燃料の吐出回数の比率を1よりも小さくすることができる。一方で、燃料配管の目標燃圧と実際の燃圧との差が所定値以上となったときには、次に燃料噴射が開始されるまでの間に燃料ポンプからの燃料配管への燃料の吐出を行う。このように燃料噴射量に応じて燃料の吐出の実行可否を判断することにより、燃料噴射量に合わせた燃料吐出の実行を可能にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】第1実施形態の燃料ポンプの制御装置を備える内燃機関の構成を示す模式図。

【図2】高圧燃料ポンプの断面図。

【図3】高圧燃料ポンプにおける燃料吐出時の状態を示す断面図。

【図4】高圧燃料ポンプにおける燃料吸引時の状態を示す断面図。

【図5】制御装置の機能ブロック図。

【図6】(a)~(d)は、噴射間吐出制御における各パラメータの推移を模式的に示すタイミングチャート。

【図7】第2実施形態の燃料ポンプの制御装置における一部の機能ブロック図。

【図8】(a)~(e)は、噴射間吐出制御における各パラメータの推移を模式的に示すタイミングチャート。

【図9】第3実施形態の燃料ポンプの制御装置における一部の機能ブロック図。

【図10】負荷と吐出比率との関係の一例を示すマップ。

【図11】(a)~(c)は、噴射間吐出制御における各パラメータの推移を模式的に示すタイミングチャート。

【図12】第4実施形態の燃料ポンプの制御装置における機能ブロック図。

【図13】(a)~(d)は、噴射間吐出制御における各パラメータの推移を模式的に示すタイミングチャート。

【図14】(a)及び(b)は、個別制御における各パラメータの推移を模式的に示すタイミングチャート。

10

20

30

40

50

【図 15】負荷及び機関回転速度と、目標吐出量との関係の一例を示すマップ。

【図 16】機関回転速度と吐出比率との関係の一例を示すマップ。

【図 17】噴射間隔と吐出比率との関係の一例を示すマップ。

【図 18】目標吐出量と吐出比率との関係の一例を示すマップ。

【発明を実施するための形態】

【0035】

(第1実施形態)

燃料ポンプの制御装置の第1実施形態について、図1～図6を参照して説明する。

図1に示すように、車両に搭載されている内燃機関10の機関本体11には、4つの気筒(第1気筒#1～第4気筒#4)が形成されている。機関本体11には吸気通路12が連結されている。吸気通路12は、吸気マニホールド13と、吸気マニホールド13の吸気上流側の端部に接続されている吸気管14とを含む。吸気マニホールド13は、吸気管14が連結されているサージタンク13Aと、サージタンク13Aの吸気下流側に設けられている吸気導入部13Bと、吸気導入部13Bの吸気下流側に設けられている吸気分岐部13Cとからなる。サージタンク13Aは、吸気管14や吸気導入部13Bよりも通路断面積が大きい。吸気分岐部13Cは、吸気下流側の端部が4つに分岐していて、分岐した端部の各々が別々の気筒に接続されている。吸気管14には、スロットルバルブ21が設けられている。スロットルバルブ21の開度が制御されることにより、吸気通路12を流れる吸気の流量が制御される。吸気管14から吸気マニホールド13に流れた空気は、各気筒#1～#4に供給される。吸気管14には、スロットルバルブ21よりも吸気上流側に吸気通路12を流れる吸気の流量を検出するエアフローメータ90が設けられている。

【0036】

機関本体11には、複数の燃料噴射弁15が設けられている。燃料噴射弁15は、複数の気筒毎に1つずつ設けられている。燃料噴射弁15は、気筒内に配置され、該気筒に燃料を噴射する。また、各気筒#1～#4には点火プラグ16がそれぞれ設けられている。各気筒#1～#4では、吸気通路12から導入された吸気と、燃料噴射弁15から噴射された燃料とが混合して混合気生成される。なお、混合気における吸気と燃料との質量比を空燃比という。混合気は、点火プラグ16によって着火されて燃焼する。

【0037】

機関本体11には排気通路17が連結されている。排気通路17は、排気マニホールド18と、排気マニホールド18の排気下流側の端部に接続されている排気管19とを含む。排気マニホールド18は、機関本体11に連結されている排気分岐部18Aと、排気分岐部18Aの排気下流側に設けられている排気合流部18Bとからなる。排気分岐部18Aは、排気上流側の端部が4つに分岐していて、分岐した端部の各々が別々の気筒に接続されている。各気筒#1～#4において、混合気の燃焼により生じた排気は、排気マニホールド18に排出される。排気通路17には、排気管19に配置されて排気を浄化する触媒20が設けられている。また、排気管19には、触媒20よりも排気上流側に空燃比センサ91が配置されている。空燃比センサ91は、排気通路17を流れる排気の酸素濃度、すなわち、燃焼した混合気空燃比に応じた電気信号を出力する。

【0038】

内燃機関10には、機関本体11に設けられている燃料噴射弁15に燃料を供給するための燃料供給装置30が設けられている。燃料供給装置30は、燃料が貯留されている燃料タンク31を有している。燃料タンク31の内部には、低圧燃料ポンプ32が配置されている。低圧燃料ポンプ32には、低圧燃料配管33の一端が連結されている。低圧燃料ポンプ32は、電動式の燃料ポンプであって、燃料タンク31内の燃料を汲み上げて低圧燃料配管33に吐出する。低圧燃料配管33の他端には、高圧燃料ポンプ40が連結されている。高圧燃料ポンプ40には、高圧燃料配管34が連結されている。高圧燃料配管34は、高圧燃料ポンプ40に連結されている吐出配管34Aと、該吐出配管34Aに接続されている導出配管34Bとからなる。導出配管34Bには、各燃料噴射弁15が連結さ

れている。低圧燃料ポンプ32から低圧燃料配管33に吐出された燃料は、高圧燃料ポンプ40に吸引される。高圧燃料ポンプ40では、吸引した燃料を加圧して吐出配管34Aに吐出する。吐出配管34Aに吐出された燃料は導出配管34Bに供給され、燃料噴射弁15から気筒内に噴射される。高圧燃料配管34において、導出配管34Bにおける吐出配管34A側の端部には、圧力センサ92が設けられている。圧力センサ92は、高圧燃料配管34内の燃料圧力Prを検出する。また、高圧燃料配管34において、導出配管34Bにおける吐出配管34Aとは反対側の端部には、燃料温度センサ93が設けられている。燃料温度センサ93は、高圧燃料配管34内の燃料の温度を検出する。

【0039】

図2に示すように、高圧燃料ポンプ40は、燃料を吸引して加圧するポンプ部50と、ポンプ部50が連結されているケース部80とを有している。

ケース部80は、箱状に形成されている。ケース部80は、円板状に形成されている下壁81と、該下壁81の周縁から立設されている周側壁82とを有している。下壁81の中央部分には、ケース部80の内域側に突出した円柱状の突出部83が設けられている。周側壁82は、下壁81の周縁の全周に亘って連続して設けられていて、円筒形状に形成されている。周側壁82の上端は上壁84によって繋がっている。上壁84は、円板状に形成されていて、その中央部分に貫通孔84Aが形成されている。

【0040】

ポンプ部50は、上壁84の上端面に固定されているハウジング51を有している。ハウジング51は、円柱状に形成されている本体部52と、本体部52と上壁84との間に配置されているフランジ部55と、フランジ部55から立設されている挿通部56とからなる。フランジ部55は、本体部52よりも拡径されていて、上壁84と当接している。挿通部56は、フランジ部55から貫通孔84Aを貫通して、ケース部80の内域まで延びている。挿通部56は、その外径が貫通孔84Aの内径と同じである。そのため、挿通部56の外周面は、上壁84の貫通孔84Aの内周面と当接している。ハウジング51には、シリンダ57が形成されている。シリンダ57は、挿通部56の一端面(図2の下端面)から本体部52の内部まで延びている。以下では、シリンダ57の中心軸Lの延伸方向(図2の上下方向)を単に軸方向という。

【0041】

本体部52には、上記軸方向と直交する直交方向(図2の左右方向)に延びていて、シリンダ57と連通している第1直交孔53及び第2直交孔54が形成されている。第1直交孔53と第2直交孔54とは、シリンダ57から互いに反対方向に延びている。第1直交孔53は、シリンダ57と連通している第1小径部53Aと、第1小径部53Aから本体部52の側周面まで延びて開口している第1大径部53Bとを有している。第1大径部53Bには、吸入弁60が挿入されて嵌合している。

【0042】

吸入弁60は、円柱形状に形成されていて、本体部52から突出した状態で組付けられている。吸入弁60には、上記直交方向に貫通して延びている吸入通路61が形成されている。吸入通路61は、第1小径部53Aに接続されている第1吸入路61Aと、第1吸入路61Aに接続されていて、第1吸入路61Aよりも拡径されている第2吸入路61Bと、第2吸入路61Bに接続されていて、第1吸入路61Aと直径が同じである第3吸入路61Cとからなる。第2吸入路61Bには、第1逆止弁62が配置されている。第1逆止弁62は、第1弁体63と、該第1弁体63を第3吸入路61C側に付勢する第1ばね64とからなる。第1弁体63は、第3吸入路61C側(図2の左側)の端面に当接している第1付勢部63Aと、第1付勢部63Aの中央部から第1吸入路61A側(図2の右側)に膨出している第1膨出部63Bとからなる。第1膨出部63Bは、半球状に形成されている。第1ばね64は、一端が第2吸入路61Bにおける第1吸入路61A側の端面に当接し、他端が第1弁体63の第1付勢部63Aに当接している。吸入弁60には低圧燃料配管33が連結されていて、第3吸入路61Cには低圧燃料配管33から燃料が供給される。

10

20

30

40

50

【0043】

第2直交孔54は、シリンダ57と連通している第2小径部54Aと、第2小径部54Aから本体部52の側周面まで延びて開口している第2大径部54Bとを有している。第2大径部54Bには、吐出弁70が挿入されて嵌合している。吐出弁70は、円柱形状に形成されていて、本体部52から突出した状態で組付けられている。吐出弁70と吸入弁60とは、上記直交方向に延びる同一軸上に並んで配置されている。吐出弁70には、上記直交方向に貫通して延びている吐出通路71が形成されている。吐出通路71は、第2小径部54Aに接続されている第1吐出路71Aと、第1吐出路71Aに接続されていて、第1吐出路71Aよりも拡径されている第2吐出路71Bと、第2吐出路71Bに接続されていて、第1吐出路71Aと直径が同じである第3吐出路71Cとからなる。第2吐出路71Bには、第2逆止弁72が配置されている。

10

【0044】

第2逆止弁72は、第2弁体73と、該第2弁体73を第1吐出路71A側に付勢する第2ばね74とからなる。第2弁体73は、第1吐出路71A側(図2の左側)の端面に当接している第2付勢部73Aと、第2付勢部73Aの中央部から第3吐出路71C側(図2の右側)に膨出している第2膨出部73Bとからなる。第2膨出部73Bは、半球状に形成されている。第2ばね74は、一端が第2吐出路71Bにおける第3吐出路71C側の端面に当接し、他端が第2弁体73の第2付勢部73Aに当接している。吐出弁70には高圧燃料配管34が連結されている。

20

【0045】

ポンプ部50は、シリンダ57に挿通され、該シリンダ57内を摺動可能な可動子としてのプランジャ75を有している。プランジャ75は、磁性素材によって構成されている。プランジャ75は、円柱棒状に形成されていて、その一端部(図2の上端部)が挿通部56側からシリンダ57に挿通されている。プランジャ75の他端部は、ケース部80の内域に配置されている。プランジャ75の他端部には、凹条75Aが形成されている。凹条75Aは、周方向全周に亘って延びている。そのため、プランジャ75は、凹条75Aが形成されている部分が部分的に縮径されたようになっている。凹条75Aには、円環板状の台座76が連結されている。台座76は、凹条75Aに挿通されている中央部76Aと、該中央部76Aから径方向外側に湾曲して延びている湾曲部76Bと、湾曲部76Bから径方向外側に平板状に延びている平板部76Cとからなる。平板部76Cとハウジング51の挿通部56との間には、圧縮ばね77が配置されている。圧縮ばね77は、台座76をハウジング51から離間する方向、すなわち、プランジャ75をシリンダ57から引き抜く方向(図2の下方)に付勢している。プランジャ75の他端面は、圧縮ばね77の付勢力によって、ケース部80の突出部83の上端面に押し付けられている。プランジャ75の他端部には、凹条75Aよりも一端側に凸条75Bが形成されている。凸条75Bは、周方向全周に亘って延びている。そのため、プランジャ75は、凸条75Bが形成されている部分が部分的に拡径されたようになっている。凸条75Bの直径は、シリンダ57の直径よりも大きい。なお、シリンダ57、プランジャ75、第1小径部53A、第1吸入路61A、第2吸入路61B、第2小径部54A、及び第1吐出路71Aによって、ポンプ部50の加圧室78が構成されている。

30

40

【0046】

高圧燃料ポンプ40には、ハウジング51の本体部52に、シリンダ57の周囲を囲うようにコイル85が配置されている。コイル85は、通電されることにより、磁界を発生する。高圧燃料ポンプ40においてコイル85が通電されると、該コイル85の周囲に発生する磁界によってプランジャ75が励磁される。

【0047】

図3に白抜きの矢印で示すように、プランジャ75が励磁されると、該プランジャ75は圧縮ばね77の付勢力に抗して上記軸方向において一方側(図3の上側)に移動する。プランジャ75は、凸条75Bが挿通部56に当接するまで一方側に移動する。こうしてプランジャ75が移動したときには、ポンプ部50の加圧室78の容積が減少して該加圧

50

室 7 8 内の圧力が増大する。ポンプ部 5 0 の加圧室 7 8 には、後述するように燃料が供給されていることから、加圧室 7 8 の圧力が増大することで、ポンプ部 5 0 の吐出弁 7 0 が開弁する。すなわち、吐出弁 7 0 の第 2 弁体 7 3 には、開弁方向に加圧室 7 8 内の圧力が作用しており、閉弁方向に高圧燃料配管 3 4 内の圧力及び第 2 ばね 7 4 の付勢力が作用している。加圧室 7 8 内の圧力が増大して、第 2 弁体 7 3 を開弁方向に付勢する力が第 2 弁体 7 3 を閉弁方向に付勢する力よりも強くなると、第 2 弁体 7 3 が開弁する。第 2 弁体 7 3 が開弁すると、図 3 に実線の矢印で示すように、加圧室 7 8 から高圧燃料配管 3 4 に燃料が吐出される。なお、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 へ燃料が吐出される際には、吸入弁 6 0 は加圧室 7 8 内の圧力によって閉弁状態に保持される。一方で、コイル 8 5 への通電が停止されるとプランジャ 7 5 の励磁が解除される。

10

【 0 0 4 8 】

図 4 に白抜きの矢印で示すように、プランジャ 7 5 の励磁が解除されると、該プランジャ 7 5 は圧縮ばね 7 7 の付勢力によって、シリンダ 5 7 から引き抜かれるように上記軸方向において他方側（図 4 の下側）に移動する。プランジャ 7 5 は、その他端部が突出部 8 3 に当接するまで他方側に移動する。こうしてプランジャ 7 5 が移動したときには、ポンプ部 5 0 の加圧室 7 8 の容積が増大して該加圧室 7 8 内の圧力が低下する。ポンプ部 5 0 の吸入弁 6 0 の第 1 弁体 6 3 には、開弁方向に低圧燃料配管 3 3 内の圧力が作用しており、閉弁方向に加圧室 7 8 内の圧力及び第 1 ばね 6 4 の付勢力が作用している。加圧室 7 8 内の圧力が低下して、第 1 弁体 6 3 を閉弁方向に付勢する力が第 1 弁体 6 3 を開弁方向に付勢する力よりも弱くなると第 1 弁体 6 3 が開弁する。第 1 弁体 6 3 が開弁すると、図 4

20

【 0 0 4 9 】

このようにプランジャ 7 5 は、コイル 8 5 への通電状態に応じてシリンダ 5 7 内を上記軸方向における一方側及び他方側との間で往復動する。そのため、コイル 8 5 は、プランジャ 7 5 を移動させるための電動アクチュエータに相当する。高圧燃料ポンプ 4 0 は、プランジャ 7 5 が一往復する度に、燃料を吸引する吸引機能と、吸引した燃料を加圧して吐出する吐出機能とを果たす。また、燃料ポンプの本体部 5 2 には、コイル温度センサ 9 4 が設けられている。コイル温度センサ 9 4 は、コイル 8 5 の温度を検出する。

30

【 0 0 5 0 】

図 1 に示すように、燃料供給装置 3 0 は、燃料ポンプの制御装置 1 0 0 を有している。また、内燃機関 1 0 には、バッテリー 1 2 0 が設けられている。バッテリー 1 2 0 は、燃料ポンプの制御装置 1 0 0 等、内燃機関 1 0 の各部に電力を供給する。

【 0 0 5 1 】

制御装置 1 0 0 には、エアフローメータ 9 0、空燃比センサ 9 1、圧力センサ 9 2、燃料温度センサ 9 3、及びコイル温度センサ 9 4 からの出力信号が入力される。制御装置 1 0 0 には、内燃機関 1 0 のクランクシャフトの回転速度である機関回転速度 N E とクランクシャフトの回転位相であるクランク角 C A とを検出するクランク角センサ 9 5 の出力信号も入力される。また、制御装置 1 0 0 には、アクセルペダルの操作量であるアクセル操作量 A c c を検出するアクセルセンサ 9 6、及び車速 V を検出する車速センサ 9 7 などの各種のセンサからの出力信号も入力される。制御装置 1 0 0 は、CPU、ROM、および RAM を備えている。制御装置 1 0 0 は、ROM に記憶されたプログラムを CPU が実行することにより燃料噴射弁 1 5 の駆動、スロットルバルブ 2 1 の駆動、及び高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動を制御する。

40

【 0 0 5 2 】

図 5 に示すように、制御装置 1 0 0 は、機能部として、目標回転速度算出部 1 0 1、目標トルク算出部 1 0 2、目標燃圧算出部 1 0 3、燃圧偏差算出部 1 0 4、噴射フィードバック量算出部 1 0 5、要求燃料噴射量算出部 1 0 6、噴射時間算出部 1 0 7、噴射開始タイミング算出部 1 0 8、及び燃料噴射弁駆動部 1 0 9 を有している。また、制御装置 1 0

50

0 は、目標スロットル開度算出部 110、スロットル駆動部 111、及び噴射間吐出制御実行部 112 を有している。

【0053】

目標回転速度算出部 101 は、クランク角センサ 95 によって検出された機関回転速度 NE と、アクセルセンサ 96 によって検出されたアクセル操作量 Acc とに基づいて機関回転速度 NE の目標値である目標回転速度 NE_t を算出する。

【0054】

目標トルク算出部 102 は、車速センサ 97 によって検出された車速 V と、アクセルセンサ 96 によって検出されたアクセル操作量 Acc とに基づいて内燃機関 10 のクランクシャフトの軸トルクの目標値である目標トルク TQ_t を算出する。

10

【0055】

目標燃圧算出部 103 は、目標回転速度算出部 101 によって算出された目標回転速度 NE_t と、目標トルク算出部 102 によって算出された目標トルク TQ_t とに基づいて、高圧燃料配管 34 内の燃料圧力の目標値である目標燃圧 P_t を算出する。目標燃圧算出部 103 には、目標回転速度 NE_t 及び目標トルク TQ_t と、目標燃圧 P_t との関係を示すマップが記憶されている。このマップは、予め実験やシミュレーションによって求められている。目標燃圧 P_t は、目標回転速度 NE_t が高いときには該目標回転速度 NE_t が低いときに比して高くなるように算出される。また、目標燃圧 P_t は、目標トルク TQ_t が大きいときには該目標トルク TQ_t が小さいときに比して高くなるように算出される。

20

【0056】

燃圧偏差算出部 104 は、目標燃圧算出部 103 によって算出された目標燃圧 P_t から圧力センサ 92 によって検出された高圧燃料配管 34 内の燃料圧力 P_r を減算した差である燃圧偏差 $P (= P_t - P_r)$ を算出する。

【0057】

噴射フィードバック量算出部 105 は、空燃比センサ 91 によって検出された実際の空燃比を、空燃比の目標値である目標空燃比にフィードバック制御するための噴射フィードバック量 FAF を算出する。なお、目標空燃比は、内燃機関 10 の運転状態に基づいて制御装置 100 によって算出される。噴射フィードバック量算出部 105 は、目標空燃比から実際の空燃比を減算した値を入力とする比例要素、積分要素、および微分要素の各出力値の和として噴射フィードバック量 FAF を算出する。

30

【0058】

要求燃料噴射量算出部 106 は、各燃料噴射弁 15 から噴射される燃料量の各々の目標値である要求燃料噴射量 Q_t を算出する。要求燃料噴射量算出部 106 は、目標回転速度算出部 101 によって算出された目標回転速度 NE_t と、目標トルク算出部 102 によって算出された目標トルク TQ_t とに基づいてベース噴射量 Q_b を算出する。ベース噴射量 Q_b は、目標回転速度 NE_t が高いときには該目標回転速度 NE_t が低いときに比して多くなるように算出される。また、ベース噴射量 Q_b は、目標トルク TQ_t が大きいときには該目標トルク TQ_t が小さいときに比して多くなるように算出される。ベース噴射量 Q_b は、目標空燃比に対応した燃料噴射量として算出される。要求燃料噴射量算出部 106 は、ベース噴射量 Q_b に噴射フィードバック量算出部 105 によって算出された噴射フィードバック量 FAF を乗算することで、要求燃料噴射量 Q_t を算出する。

40

【0059】

噴射時間算出部 107 は、要求燃料噴射量算出部 106 によって算出された要求燃料噴射量 Q_t と、圧力センサ 92 によって検出された燃料圧力 P_r とに基づいて、各燃料噴射弁 15 における燃料噴射の実行時間である噴射時間 F_i を算出する。

【0060】

噴射開始タイミング算出部 108 は、要求燃料噴射量算出部 106 によって算出された要求燃料噴射量 Q_t と、噴射時間算出部 107 によって算出された噴射時間 F_i と、クランク角センサ 95 によって検出された機関回転速度 NE とに基づいて各燃料噴射弁 15 から燃料噴射を開始するタイミングである噴射開始タイミング F_s を算出する。燃料噴射弁

50

15における各々の噴射開始タイミング F_s は、該燃料噴射弁15が配置されている気筒の点火タイミングまでに要求燃料噴射量 Q_t 分の燃料噴射が完了するように算出される。

【0061】

燃料噴射弁駆動部109は、クランク角センサ95によって検出されたクランク角 CA に基づき各燃料噴射弁15を駆動する。燃料噴射弁駆動部109は、噴射開始タイミング算出部108によって算出された各々の燃料噴射弁15の噴射開始タイミング F_s において、該燃料噴射弁15からの燃料噴射が開始されるように燃料噴射弁15の駆動を制御する。燃料噴射弁駆動部109は、燃料噴射を開始してから、噴射時間算出部107によって算出された噴射時間 F_i の間において燃料噴射を継続すると、燃料噴射弁15からの燃料噴射を終了する。

10

【0062】

目標スロットル開度算出部110は、目標トルク算出部102によって算出された目標トルク T_{Qt} に基づいてスロットルバルブ21の開度の目標値である目標スロットル開度 t を算出する。

【0063】

スロットル駆動部111は、目標スロットル開度算出部110によって算出された目標スロットル開度 t となるようにスロットルバルブ21の開度を制御する。

噴射間吐出制御実行部112は、燃料噴射弁15からの N 回目の燃料噴射と $N+1$ 回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで高圧燃料ポンプ40から燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を実行する。本実施形態の噴射間吐出制御では、高圧燃料ポンプ40を駆動して燃料を吐出する際、その燃料吐出量が常に最大吐出量となるように吐出量を制御する。なお、最大吐出量は、高圧燃料ポンプ40における1回の燃料吐出において実現可能な吐出量の最大値である。最大吐出量は、加圧室78の容積及びプランジャ75の最大移動量によって決定されるものであって、予め求められて制御装置100に記憶されている。プランジャ75の最大移動量は、プランジャ75の他端が突出部83に当接している状態から、該プランジャ75の凸条75Bが挿通部56に当接するまでの移動量である。また、本実施形態では、 N 回目の燃料噴射と $N+1$ 回目の燃料噴射の間とは、燃料噴射弁15からの N 回目の燃料噴射の終了後から $N+1$ 回目の燃料噴射が開始されるまでの間をいう。

20

【0064】

噴射間吐出制御実行部112は、機能部として、吐出要否判定部113、吐出回数設定部114、吐出開始タイミング算出部115、及びポンプ駆動部116を有している。

吐出要否判定部113は、燃圧偏差算出部104によって算出された燃圧偏差 P が所定値以上のときに、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定する。所定値は、高圧燃料ポンプ40の最大吐出量分の燃料を該高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に供給したときの燃料圧力 P_r の変化量よりも若干小さい値に設定されている。すなわち、吐出要否判定部113は、上記燃圧偏差 P が所定値よりも小さく、実際の燃料圧力 P_r と目標燃圧 P_t との乖離が小さいときには、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定する。

30

【0065】

吐出回数設定部114は、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定されたときに、上記燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に燃料を吐出する回数を設定する。吐出回数設定部114はまず、燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料配管34内の燃料圧力 P_r を目標燃圧 P_t にするために必要な燃料吐出量を算出する。そして、算出した燃料吐出量分の燃料を供給するために必要な吐出回数のうちで最も少ない吐出回数を吐出回数 T_n として設定する。例えば、必要な燃料吐出量が、高圧燃料ポンプ40の最大吐出量以下である場合には吐出回数 T_n を1回に設定する。また、必要な燃料吐出量が、上記最大吐出量よりも多く最大吐出量の2倍の量以下である場合には吐出回数 T_n を2回に設定する。

40

【0066】

50

吐出開始タイミング算出部 115 は、吐出要否判定部 113 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されたときに、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミング T_s を算出する。吐出開始タイミング T_s は、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射のタイミングに基づいて算出される。本実施形態では、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射の終了タイミング F_e から所定の準備時間が経過したタイミングを吐出開始タイミング T_s とする。なお、燃料噴射の終了タイミング F_e は、噴射時間算出部 107 によって算出された噴射時間 F_i と、噴射開始タイミング算出部 108 によって算出された噴射開始タイミング F_s とに基づいて算出できる。準備時間は、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射が終了してから、上記燃圧偏差 P が安定するまでに必要な時間に設定されている。

10

【0067】

ポンプ駆動部 116 は、吐出要否判定部 113 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、吐出開始タイミング算出部 115 によって算出された吐出開始タイミング T_s で高圧燃料ポンプ 40 のコイル 85 への通電制御を行う。ポンプ駆動部 116 は、通電制御を通じてプランジャ 75 を往復動させることにより、高圧燃料ポンプ 40 において燃料の吸引及び燃料の吐出を実行させる。ポンプ駆動部 116 は、高圧燃料ポンプ 40 へ通電制御を開始してから予め設定されているリフト時間 T_i が経過したときに通電を終了する。リフト時間 T_i は、高圧燃料ポンプ 40 のプランジャ 75 の他端が突出部 83 に当接している状態から、該プランジャ 75 の凸条 75B が挿通部 56 に当接するまで上記一方側に移動する際に係る時間よりも若干長い時間に設定されている。リフト時間 T_i は、予め実験やシミュレーションによって求められて制御装置 100 に記憶されている。

20

【0068】

ポンプ駆動部 116 は、吐出回数設定部 114 によって設定された吐出回数 T_n が 2 回以上である場合、通電制御を開始してからリフト時間 T_i が経過したタイミングで通電制御を終了し、該終了したタイミングから所定の待機時間が経過したタイミングで再度通電制御を実行する。そして、再度通電制御を開始してからリフト時間 T_i が経過したタイミングで再び通電制御を終了する。こうして通電制御を繰り返し実行することにより、高圧燃料ポンプ 40 から複数回の燃料吐出を実行する。なお、待機時間は、高圧燃料ポンプ 40 のプランジャ 75 の凸条 75B が挿通部 56 に当接している状態から、該プランジャ 75 が突出部 83 に当接するまで上記他方側に移動する際に係る時間と等しい時間に設定されている。

30

【0069】

本実施形態の作用及び効果について、図 6 を参照して説明する。なお、図 6 では、各タイミングを示す「 t 」と 3 桁の数字について、「 t 」と 3 桁の数字のうちの最初の 1 桁の数字「6」とについて記載を省略している。

【0070】

(1-1) 図 6 (a) に示すように、内燃機関 10 の運転に伴い燃料噴射弁 15 から燃料噴射が繰り返し実行される。なお、図 6 に示す例では、図 6 (b) に示すように、タイミング t_{611} において燃料噴射が開始される前、高圧燃料配管 34 内の燃料圧力 P_r は、目標燃圧 P_t よりも高くなっている。燃料噴射弁駆動部 109 は、噴射開始タイミング算出部 108 によって算出された噴射開始タイミング F_s であるタイミング t_{611} において燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部 109 は、噴射時間算出部 107 によって算出された噴射時間 F_i の間において燃料噴射を継続し、タイミング t_{611} から噴射時間 F_i が経過したタイミング t_{612} において燃料噴射を終了する。

40

【0071】

こうして燃料噴射が実行されることにより、高圧燃料配管 34 内の燃料は気筒に供給され、図 6 (b) に示すように燃料圧力 P_r が低下する。燃料噴射が終了したタイミング t_{612} では、燃料圧力 P_r は目標燃圧 P_t よりも低下しているものの、第 1 燃圧 P_1 より高い。第 1 燃圧 P_1 は、第 2 燃圧 P_2 よりも若干高い値に設定されている ($P_1 > P_2$)

50

)。第2燃圧 P_2 は、高圧燃料ポンプ40の最大吐出量分の燃料を高圧燃料配管34に供給したときの燃料圧力 P_r の変化量分の圧力を、目標燃圧 P_t から減算した圧力である。すなわち、燃料圧力 P_r が第2燃圧 P_2 となっているときに、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料を1回吐出すると、燃料圧力 P_r が目標燃圧 P_t となる。第1燃圧 P_1 と目標燃圧 P_t との差は、吐出要否判定部113において高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出の要否を判定するための上記所定値に相当する。タイミング t_{612} では、燃圧偏差 P が所定値よりも小さく、実際の燃料圧力 P_r と目標燃圧 P_t との乖離が小さいため、図6(c)に示すように高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。

【0072】

図6(a)に示すように、タイミング t_{613} からタイミング t_{614} において燃料噴射弁15から次の燃料噴射が実行されることにより、図6(b)に示すように更に燃料圧力 P_r が低下する。タイミング t_{614} では、燃料圧力 P_r は第1燃圧 P_1 よりも高く、燃圧偏差 P は所定値よりも小さい。そのため、図6(c)に示すように高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。

【0073】

その後、図6(a)に示すように、タイミング t_{615} からタイミング t_{617} において燃料噴射弁15から燃料噴射が実行されたときには、図6(b)に示すように燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 よりも低下する。これにより、図6(c)に示すように、燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 よりも低下したタイミング t_{616} 、すなわち燃圧偏差 P が所定値以上となったタイミングにおいて、吐出要否判定部113が高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定する。こうして燃料吐出が必要であると判定されると、吐出回数設定部114は、燃料噴射が終了したタイミング t_{617} 後の燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に燃料を吐出する際の吐出回数を設定する。吐出回数設定部114はまず、燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料配管34内の燃料圧力 P_r を目標燃圧 P_t にするために必要な燃料吐出量を算出する。図6に示す例では、燃料圧力 P_r は第1燃圧 P_1 よりも低下しているものの、第2燃圧 P_2 よりは高い($P_1 > P_r > P_2$)。そのため、燃圧偏差 P に基づいて算出される上記必要な燃料吐出量は、高圧燃料ポンプ40の最大吐出量よりは少なくなる。この場合、吐出回数設定部114は、吐出回数 T_n として1回を設定する。

【0074】

また、吐出開始タイミング算出部115は、タイミング t_{616} において吐出要否判定部113が高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定すると、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミング T_s を算出する。吐出開始タイミング算出部115は、燃料噴射の終了タイミング $F_e(t_{617})$ から上記準備時間が経過したタイミング t_{618} を吐出開始タイミング T_s に設定する。

【0075】

ポンプ駆動部116は、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定されているときに通電制御を実行し、設定されている吐出開始タイミング T_s から設定されている吐出回数 T_n の燃料吐出が実行されるように高圧燃料ポンプ40を駆動する。

【0076】

すなわち、図6(d)に示すように、高圧燃料ポンプ40は、吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{618})において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t_{618} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{620} まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給され、燃料圧力 P_r が目標燃圧 P_t 以上に上昇する。燃料圧力 P_r が目標燃圧 P_t 以上に上昇する過程のタイミング t_{619} では、燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 よりも高くなり、図6(c)に示すように、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

上述した例では、燃料噴射弁 1 5 からの燃料噴射が 3 回実行されたときに高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 へ燃料が 1 回吐出される。したがって、燃料噴射弁 1 5 からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「 1 / 3 」となる。

【 0 0 7 8 】

また、上述したように、燃料噴射弁 1 5 からの燃料噴射量は、内燃機関 1 0 の運転状態、すなわち目標回転速度 $N E t$ や目標トルク $T Q t$ 等に応じて変化する。図 6 (a) に示すように、タイミング $t 6 2 1$ からタイミング $t 6 2 3$ における燃料噴射では、上述したタイミング $t 6 1 1$ からタイミング $t 6 1 2$ における燃料噴射などに比して、燃料噴射量が大きく設定されている。そのため、この燃料噴射では、図 6 (b) に示すように燃料圧力 $P r$ が第 2 燃圧 $P 2$ よりも低い圧力まで低下する。この場合、図 6 (c) に示すように、燃料圧力 $P r$ が第 1 燃圧 $P 1$ よりも低下したタイミング $t 6 2 2$ 、すなわち、燃圧偏差 P が所定値以上となったタイミングにおいて、吐出要否判定部 1 1 3 が高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定する。

【 0 0 7 9 】

こうして燃料吐出が必要であると判定されると、吐出回数設定部 1 1 4 は燃料噴射が終了したタイミング $t 6 2 3$ 後の燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に燃料を吐出する回数を設定する。図 6 (b) に示すように、燃料噴射が終了したタイミング $t 6 2 3$ では、燃料圧力 $P r$ は第 2 燃圧 $P 2$ よりも低下しているものの、第 2 燃圧よりも低い値に設定されている第 3 燃圧 $P 3$ よりも高い ($P 2 > P 3$)。第 3 燃圧 $P 3$ は、高圧燃料ポンプ 4 0 の最大吐出量の 2 倍の量の燃料を高圧燃料配管 3 4 に供給したときの燃料圧力 $P r$ の変化量分の圧力を、目標燃圧 $P t$ から減算した圧力である。すなわち、燃料圧力 $P r$ が第 3 燃圧 $P 3$ となっているときに、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に最大吐出量分の燃料を 2 回吐出すると、燃料圧力 $P r$ が目標燃圧 $P t$ まで上昇する。燃料圧力 $P r$ が第 2 燃圧 $P 2$ よりも低く第 3 燃圧 $P 3$ よりも高いときには ($P 2 > P r > P 3$)、吐出回数設定部 1 1 4 において燃圧偏差 P に基づいて算出される必要な燃料吐出量は、高圧燃料ポンプ 4 0 の最大吐出量よりも多く、該最大吐出量の 2 倍の量よりは少なくなる。そのため、吐出回数設定部 1 1 4 は、吐出回数 $T n$ として 2 回を設定する。なお、第 1 燃圧 $P 1$ 、第 2 燃圧 $P 2$ 、及び第 3 燃圧 $P 3$ は、目標燃圧 $P t$ に基づいて設定されていることから、目標燃圧 $P t$ が変化したときにはこの変化に合わせてこれら燃圧も変化する。

【 0 0 8 0 】

また、吐出開始タイミング算出部 1 1 5 は、タイミング $t 6 2 2$ において吐出要否判定部 1 1 3 が高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定すると、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミング $T s$ を算出する。吐出開始タイミング算出部 1 1 5 は、燃料噴射の終了タイミング $F e (t 6 2 3)$ から上記準備時間が経過したタイミング $t 6 2 4$ を吐出開始タイミング $T s$ に設定する。

【 0 0 8 1 】

ポンプ駆動部 1 1 6 は、高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定されているときに通電制御を実行し、設定されている吐出開始タイミング $T s$ から設定されている吐出回数 $T n$ の燃料吐出が実行されるように高圧燃料ポンプ 4 0 を駆動する。すなわち、図 6 (d) に示すように、ポンプ駆動部 1 1 6 は、吐出開始タイミング $T s$ (タイミング $t 6 2 4$) において、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に 2 回の燃料吐出を行う。1 回目の燃料吐出は、タイミング $t 6 2 4$ からリフト時間 $T i$ が経過するタイミング $t 6 2 6$ まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に最大吐出量分の燃料が供給され、燃料圧力 $P r$ が上昇する。この例では、燃料圧力 $P r$ は、第 1 燃圧 $P 1$ よりも高く、目標燃圧 $P t$ よりも低い圧力まで上昇する。そのため、1 回目の燃料吐出では、燃料圧力 $P r$ が第 1 燃圧 $P 1$ よりも高くなったタイミング $t 6 2 5$ におい

10

20

30

40

50

て、図6(c)に示すように、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。なお、既に燃料の吐出回数は2回に設定されていることから、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定された後であっても、ポンプ駆動部116は続けて高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出を実行する。ポンプ駆動部116は1回目の燃料吐出を終了したタイミングt626から上記待機時間が経過したタイミングt627において燃料吐出を開始する。2回目の燃料吐出は、タイミングt627からリフト時間Tiが経過するタイミングt628まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給され、燃料圧力Prが目標燃圧Pt以上に上昇する。このように、ポンプ駆動部116は設定されている吐出回数Tnとなるように燃料吐出を繰り返し実行すると、高圧燃料ポンプ40の駆動を停止する。その後、タイミングt629からタイミングt630において次の燃料が実行されることで、燃料圧力Prは低下する。以降は、燃圧偏差Pが所定値以上となる度に、所定の吐出回数で燃料の吐出が実行される。

10

【0082】

なお、上述した例では、燃料噴射弁15からの燃料噴射が1回実行されたときに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ燃料が2回吐出されている。そのため、燃料噴射弁15からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「2」となる。

【0083】

このように、本実施形態では、燃料噴射の終了タイミングFeから準備期間が経過したときに高圧燃料ポンプ40の吐出開始タイミングTsを設定し、N回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を行う。そして、噴射間吐出制御の実行中には、燃圧偏差Pが所定値以上となったときに燃料の吐出回数Tnを設定し高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出を実行することで、内燃機関の運転状態の変化に応じて吐出比率を変更する構成としている。すなわち、燃圧偏差Pが所定値未満のときには、燃料噴射弁15から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出を1回も行わない。これにより、吐出比率を1よりも小さい値に変更することができる。また、燃圧偏差Pが所定値以上のときには、燃料噴射弁15から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ40から1回または複数回の燃料吐出を行う。これにより、吐出比率を1以上の値に変更することができる。したがって、内燃機関の運転状態と相関する燃料噴射量に応じて燃料の吐出の実行要否を判断することにより、燃料噴射量に合わせた燃料吐出の実行が可能になる。

20

30

【0084】

また、噴射間吐出制御により、燃料噴射弁15からのN回目の燃料噴射とN+1回目の燃料噴射との間の所定のタイミングにおいて燃料吐出が実行される。そのため、燃料噴射のタイミングに対する燃料吐出のタイミングの変動を抑えることができ、こうした変動に起因した燃料の噴射期間における燃料圧力Prの変化度合いのばらつきを抑えることができる。そのため、本実施形態によれば、高圧燃料配管34における燃料圧力Prの制御性の向上に貢献できる。

40

【0085】

(1-2)本実施形態では、吐出要否判定部113が高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定したときに、すぐに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に燃料吐出を行うのではなく、N回目の燃料噴射の終了タイミングFe(t623)から上記準備時間が経過した吐出開始タイミングTsにおいて、高圧燃料ポンプ40から燃料吐出を行う。このように、N回目の燃料噴射の終了後に燃料吐出を行うように噴射間吐出制御を実行することで、燃料噴射弁15におけるN回目の燃料噴射期間に重ならないように燃料吐出を開始する。そのため、燃料噴射弁15による燃料噴射が行われているときには、高圧燃料ポンプ40から燃料の吐出が行われないようにすることができる。したがって、高圧燃料ポンプ40から燃料吐出が行われることによる高圧燃料配管34内の燃料圧力P

50

r の変動の影響を燃料噴射に生じ難くすることができ、高圧燃料配管 3 4 への燃料供給のタイミングを適切にできる。

【0086】

(1-3) 本実施形態では、高圧燃料配管 3 4 に燃料を供給するにあたって、燃料噴射弁 1 5 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 4 0 から複数回の燃料吐出を行うことができる。すなわち、吐出比率を 1 以上の値に変更することができる。そのため、高圧燃料ポンプ 4 0 の最大吐出量をより少なく設定することが可能となり、その最大吐出量に合致するようにより小型の高圧燃料ポンプ 4 0 を選択することもできる。

【0087】

(1-4) 燃圧偏差 P が所定値未満のときには、燃料噴射弁 1 5 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出を 1 回も行わない構成とした。そのため、目標燃圧 P_t と燃料圧力 P_r との差が小さいときには、高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動を停止させることも可能になり、燃圧偏差 P に拘わらず高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動を継続する場合に比して、高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動頻度を低下させることができる。そのため、電力消費を抑えることにも貢献できる。

【0088】

(第2実施形態)

燃料ポンプの制御装置の第2実施形態について、図7及び図8を参照して説明する。本実施形態では、噴射間吐出制御における燃料の吐出態様が第1実施形態と異なっている。第1実施形態と同様の構成については、共通の符号を付して説明を省略する。

【0089】

図7に示すように、制御装置 100 の噴射間吐出制御実行部 121 は、機能部として、吐出要否判定部 113、吐出回数算出部 117、噴射間隔算出部 118、最大吐出回数算出部 119、吐出回数設定部 122、吐出開始タイミング算出部 115、及びポンプ駆動部 116 を有している。

【0090】

吐出要否判定部 113 は、燃圧偏差算出部 104 によって算出された燃圧偏差 P が所定値以上のときに、高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定する。所定値は、高圧燃料ポンプ 4 0 の最大吐出量分の燃料を該高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に供給したときの燃料圧力 P_r の変化量よりも若干小さい値に設定されている。すなわち、吐出要否判定部 113 は、上記燃圧偏差 P が所定値よりも小さく、実際の燃料圧力 P_r と目標燃圧 P_t との乖離が小さいときには、高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出は不要であると判定する。

【0091】

吐出回数算出部 117 は、吐出要否判定部 113 によって高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定されたときに、上記燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に燃料を吐出する際の必要吐出回数 T_{nf} を算出する。吐出回数設定部 122 はまず、燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料配管 3 4 内の燃料圧力 P_r を目標燃圧 P_t にするために必要な燃料吐出量を算出する。そして、算出した燃料吐出量分の燃料を供給するために必要な吐出回数のうちで最も少ない吐出回数を必要吐出回数 T_{nf} として算出する。例えば、必要な燃料吐出量が、高圧燃料ポンプ 4 0 の最大吐出量以下である場合には必要吐出回数 T_{nf} を 1 回として算出する。また、必要な燃料吐出量が、上記最大吐出量よりも多く最大吐出量の 2 倍の量以下である場合には必要吐出回数 T_{nf} を 2 回として算出する。

【0092】

噴射間隔算出部 118 は、後述する吐出開始タイミング算出部 115 において算出された燃料噴射弁 1 5 からの燃料噴射の終了タイミング F_e 、噴射開始タイミング算出部 108 によって算出された噴射開始タイミング F_s 、及びクランク角センサ 95 によって検出された機関回転速度 N_E に基づいて、燃料の噴射間隔 I_{nt} を算出する。本実施形態では

10

20

30

40

50

、燃料の噴射間隔 $I n t$ は、所定の気筒に設けられている燃料噴射弁 15 において燃料噴射が終了してから、該所定の気筒の次に点火が実行される気筒に設けられている燃料噴射弁 15 において燃料噴射が開始されるまでの時間として算出される。例えば、各気筒 # 1 ~ # 4 では、第 1 気筒 # 1、第 3 気筒 # 3、第 4 気筒 # 4、及び第 2 気筒 # 2 の順で点火が行われる。燃料の噴射間隔 $I n t$ は、燃料噴射の終了タイミング $F e$ が遅いときほど、噴射開始タイミング $F s$ が早いときほど、及び機関回転速度 $N E$ が高いときほど短くなる。

【 0 0 9 3 】

最大吐出回数算出部 119 は、噴射間隔算出部 118 によって算出された噴射間隔 $I n t$ に基づいて、該噴射間隔 $I n t$ 内で実行可能な高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出の最大吐出回数 $T n m a x$ を算出する。すなわち、最大吐出回数算出部 119 はまず、噴射間隔 $I n t$ から準備時間を減算した時間を吐出可能時間 $I n t c$ として算出する。準備時間は、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射が終了してから、上記燃圧偏差 P が安定するまでに必要な時間に設定されている。そして、この吐出可能時間 $I n t c$ と、高圧燃料ポンプ 40 から燃料の吐出を行うための必要時間 $T m i n$ とに基づいて最大吐出回数を算出する。必要時間 $T m i n$ は、高圧燃料ポンプ 40 が燃料の吐出を 1 回行うときには、リフト時間 $T i$ と等しい時間となる。また、必要時間 $T m i n$ は、高圧燃料ポンプ 40 が燃料の吐出を複数である n 回行うときには $(2 - n)$ 、リフト時間 $T i$ の n 倍の時間と待機時間の $n - 1$ 倍の時間との和に等しい時間となる。

10

【 0 0 9 4 】

本実施形態では、リフト時間 $T i$ は、高圧燃料ポンプ 40 へ通電制御を開始し、プランジャ 75 の他端が突出部 83 に当接している状態から、該プランジャ 75 の凸条 75 B が挿通部 56 に当接するまで上記一方側に移動する際に係る時間と等しい時間に設定されている。また、待機時間は、高圧燃料ポンプ 40 へ通電制御を終了し、高圧燃料ポンプ 40 のプランジャ 75 の凸条 75 B が挿通部 56 に当接している状態から、該プランジャ 75 が突出部 83 に当接するまで上記他方側に移動する際に係る時間と等しい時間に設定されている。リフト時間 $T i$ 及び待機時間は、予め実験やシミュレーションによって求められて制御装置 100 に記憶されている。最大吐出回数算出部 119 は例えば、吐出可能時間 $I n t c$ が燃料の吐出を 1 回行うときの必要時間 $T m i n$ 以上であり、燃料の吐出を 2 回行うときの必要時間 $T m i n$ よりも短いときは最大吐出回数 $T n m a x$ を 1 に設定する。また、最大吐出回数算出部 119 は例えば、吐出可能時間 $I n t c$ が燃料の吐出を 2 回行うときに必要時間以上であり、燃料の吐出を 3 回行うときに必要時間 $T m i n$ よりも短いときは最大吐出回数 $T n m a x$ を 2 に設定する。

20

30

【 0 0 9 5 】

吐出回数設定部 122 は、吐出回数算出部 117 によって算出された必要吐出回数 $T n f$ と、最大吐出回数算出部 119 によって算出された最大吐出回数 $T n m a x$ とに基づいて、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料を吐出する際の吐出回数 $T n$ を設定する。すなわち、吐出回数設定部 122 は、必要吐出回数 $T n f$ が最大吐出回数 $T n m a x$ 以下の場合には $(T n f - T n m a x)$ 、吐出回数 $T n$ として必要吐出回数 $T n f$ と同じ回数を設定する。また、吐出回数設定部 122 は、必要吐出回数 $T n f$ が最大吐出回数 $T n m a x$ よりも大きい場合には $(T n m a x < T n f)$ 、吐出回数 $T n$ として最大吐出回数 $T n m a x$ と同じ回数を設定する。なお、こうして吐出回数 $T n$ として最大吐出回数 $T n m a x$ と同じ回数を設定した場合、最大吐出回数分の燃料吐出を行った噴射間隔 $I n t (n)$ の次の噴射間隔 $(n + 1)$ においては、必要吐出回数 $T n f$ と最大吐出回数 $T n m a x$ との差分の回数に基づいて燃料の吐出回数 $T n$ を設定する。例えば、次の噴射間隔 $(n + 1)$ における最大吐出回数 $T n m a x$ が 1 回であり、差分の回数が 2 回であるときには、噴射間隔 $(n + 1)$ における吐出回数 $T n$ を最大吐出回数 $T n m a x$ と同じ 1 回に設定し、必要吐出回数 $T n f$ のうちの残りの 1 回を更に次の噴射間隔 $(n + 2)$ 以降に吐出するように設定する。

40

【 0 0 9 6 】

50

吐出開始タイミング算出部 115 は、吐出要否判定部 113 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミング T_s を算出する。吐出開始タイミング T_s は、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射のタイミングに基づいて算出される。本実施形態では、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射の終了タイミング F_e を算出し、該終了タイミング F_e から上記準備時間が経過したタイミングを吐出開始タイミング T_s とする。なお、燃料噴射の終了タイミング F_e は、噴射時間算出部 107 によって算出された噴射時間 F_i と、噴射開始タイミング算出部 108 によって算出された噴射開始タイミング F_s とに基づいて算出できる。吐出開始タイミング算出部 115 は、吐出回数設定部 122 において吐出回数 T_n が設定された噴射間隔 I_{nt} において、各々の噴射間隔における吐出開始タイミング T_s を算出する。

10

【0097】

ポンプ駆動部 116 は、吐出要否判定部 113 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、吐出回数設定部 122 に設定されている吐出回数 T_n 、及び吐出開始タイミング算出部 115 によって算出された吐出開始タイミング T_s で高圧燃料ポンプ 40 のコイル 85 への通電制御を行う。ポンプ駆動部 116 は、通電制御を通じてプランジャ 75 を往復動させることにより、高圧燃料ポンプ 40 において燃料の吸引及び燃料の吐出を実行させる。ポンプ駆動部 116 は、高圧燃料ポンプ 40 へ通電制御を開始してから上記リフト時間 T_i が経過したときに通電を終了する。ポンプ駆動部 116 は、吐出回数設定部 122 によって設定された吐出回数 T_n が 2 回以上である場合、通電制御を開始してからリフト時間 T_i が経過したタイミングで通電制御を終了し、該終了したタイミングから上記待機時間が経過したタイミングで再度通電制御を実行する。そして、再度通電制御を開始してからリフト時間 T_i が経過したタイミングで再び通電制御を終了する。こうして通電制御を繰り返し実行することにより、高圧燃料ポンプ 40 から複数回の燃料吐出を実行する。

20

【0098】

本実施形態の作用及び効果について、図 8 を参照して説明する。図 8 では、各タイミングを示す「 t 」と 3 桁の数字について、「 t 」と 3 桁の数字のうちの最初の 1 桁の数字「8」とについて記載を省略している。本実施形態では、上記(1-3)、(1-4)と同様の作用及び効果に加えて以下の作用及び効果が得られる。

30

【0099】

(2-1) 図 8(a) に示すように、内燃機関 10 の運転に伴い燃料噴射弁 15 から燃料噴射が繰り返し実行される。なお、図 8 に示す例では、図 8(b) に示すように、タイミング t_{811} において燃料噴射が開始される前、高圧燃料配管 34 内の燃料圧力 P_r は、目標燃圧 P_t よりも高くなっている。燃料噴射弁駆動部 109 は、吐出開始タイミング算出部 115 によって算出された吐出開始タイミング T_s であるタイミング t_{811} において燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部 109 は、噴射時間算出部 107 によって算出された噴射時間 F_i の間において燃料噴射を継続し、タイミング t_{811} から噴射時間 F_i が経過したタイミング t_{812} において燃料噴射を終了する。こうして燃料噴射が実行されることにより、高圧燃料配管 34 内の燃料は気筒に供給され、図 8(b) に示すように燃料圧力 P_r が低下する。燃料噴射が終了したタイミング t_{812} では、燃料圧力 P_r は目標燃圧 P_t よりも低下しているものの、第 1 燃圧 P_1 よりも高い。タイミング t_{812} では、燃圧偏差 P が所定値よりも小さく、実際の燃料圧力 P_r と目標燃圧 P_t との乖離が小さいため、図 8(c) に示すように高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出は不要であると判定される。

40

【0100】

図 8(a) に示すように、タイミング t_{813} からタイミング t_{814} において燃料噴射弁 15 から次の燃料噴射が実行されることにより、図 8(b) に示すように更に燃料圧力 P_r が低下する。タイミング t_{814} では、燃料圧力 P_r は第 1 燃圧 P_1 よりも高く、燃圧偏差 P は所定値よりも小さい。そのため、図 8(c) に示すように高圧燃料ポンプ

50

40からの燃料吐出は不要であると判定される。

【0101】

その後、図8(a)に示すように、タイミングt815からタイミングt817において燃料噴射弁15から燃料噴射が実行されたときには、図8(b)に示すように燃料圧力Prが第1燃圧P1よりも低下する。これにより、図8(c)に示すように、燃料圧力Prが第1燃圧P1よりも低下したタイミングt816、すなわち燃圧偏差Pが所定値以上となったタイミングにおいて、吐出要否判定部113が高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定する。こうして燃料吐出が必要であると判定されると、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に燃料を吐出する際の吐出回数が設定される。この処理では、吐出回数算出部117が、燃料噴射が終了したタイミングt817後の燃圧偏差Pに基づいて必要吐出回数Tnfを算出する。図8(a)に示すように、タイミングt815からタイミングt817における燃料噴射では、タイミングt813からタイミングt814における燃料噴射などに比べて燃料噴射量が多い。そのため、図8(b)に示すように、燃料噴射が終了したタイミングt817では、燃料圧力Prは第3燃圧P3よりも少し低い圧力まで低下する。このように、燃料圧力Prが第3燃圧P3よりも少し低い圧力である場合、吐出回数設定部122において燃圧偏差Pに基づいて算出される必要な燃料吐出量は、高圧燃料ポンプ40の最大吐出量の2倍の量よりも多く、該最大吐出量の3倍の量よりは少なくなる。そのため、吐出回数算出部117は、必要吐出回数Tnfとして3回を設定する。

10

【0102】

また、タイミングt816において燃料吐出が必要であると判定されると、最大吐出回数算出部119は、最大吐出回数Tnmaxを算出する。図8(a)に示すように、最大吐出回数算出部119は、噴射間隔算出部118によって算出された燃料の噴射間隔Intから準備時間を減算した時間を吐出可能時間Intcとして算出する。そして、この吐出可能時間Intcと、高圧燃料ポンプ40から燃料の吐出を行うための必要時間Tminとに基づいて最大吐出回数を算出する。なお、図8に示す例では、吐出可能時間Intcは高圧燃料ポンプ40が燃料の吐出を1回行うときの必要時間Tmin(=Ti)と等しいことから、最大吐出回数算出部119は、最大吐出回数Tnmaxを1回として算出する。

20

【0103】

その後、吐出回数設定部122は、吐出回数設定部122は、吐出回数算出部117によって算出された必要吐出回数Tnfと、最大吐出回数算出部119によって算出された最大吐出回数Tnmaxとに基づいて、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に燃料を吐出する際の吐出回数Tnを設定する。本実施形態では、吐出回数設定部122は、必要吐出回数Tnf(=3)が最大吐出回数Tnmax(=1)よりも大きいため、吐出回数Tnとして最大吐出回数Tnmaxと同じ回数を設定する(Tn=1)。また、こうして吐出回数Tnとして最大吐出回数Tnmaxと同じ回数設定された場合、必要吐出回数Tnf(=3)と最大吐出回数Tnmax(=1)との差分の回数(=2)の燃料吐出は次のようにして行われる。すなわち、噴射間隔算出部118は、次の噴射間隔Int(2)、すなわちタイミングt819からタイミングt820における燃料噴射と、タイミングt823からタイミングt825における燃料噴射との間の間隔を算出する。最大吐出回数算出部119は、この噴射間隔Int(2)における最大吐出回数Tnmaxを算出する。本実施形態では、図8(a)に示す噴射間隔Int(2)における吐出可能時間Intcは高圧燃料ポンプ40が燃料の吐出を1回行うときの必要時間Tmin(=Ti)と等しい。そのため、最大吐出回数算出部119は、噴射間隔Int(2)における最大吐出回数Tnmaxを1回として算出する。

30

40

【0104】

吐出回数設定部122は、最大吐出回数算出部119において算出された噴射間隔Int(2)における最大吐出回数Tnmax(=1)と、上記差分の回数(=2)に基づいて次の噴射間隔Int(2)における燃料の吐出回数Tnを設定する。この場合、吐出回

50

数設定部 1 2 2 は、差分の回数 (= 2) が最大吐出回数 T_{nmax} (= 1) よりも大きい
ため、吐出回数 T_n として最大吐出回数 T_{nmax} と同じ回数を設定する ($T_n = 1$)。
これにより、噴射間隔 $I_{nt}(2)$ における吐出回数 T_n として 1 回が設定される。

【 0 1 0 5 】

また、こうして噴射間隔 $I_{nt}(2)$ における吐出回数 T_n として 1 回が設定された場
合、差分の回数 (= 2) から最大吐出回数 T_{nmax} (= 1) を減算した残りの回数 (= 1)
の燃料吐出は次のようにして行われる。すなわち、噴射間隔算出部 1 1 8 は、次の噴
射間隔 $I_{nt}(3)$ 、すなわちタイミング t_{823} からタイミング t_{825} における燃料
噴射と、タイミング t_{828} からタイミング t_{829} における燃料噴射との間の間隔を算
出する。最大吐出回数算出部 1 1 9 は、この噴射間隔 $I_{nt}(3)$ における最大吐出回数
 T_{nmax} を算出する。本実施形態では、図 8 (a) に示す噴射間隔 $I_{nt}(3)$ にお
ける吐出可能時間 I_{ntc} は高圧燃料ポンプ 4 0 が燃料の吐出を 1 回行うときの必要時間
 T_{min} (= T_i) と等しい。そのため、最大吐出回数算出部 1 1 9 は、噴射間隔 $I_{nt}(3)$
における最大吐出回数 T_{nmax} を 1 回として算出する。

10

【 0 1 0 6 】

吐出回数設定部 1 2 2 は、最大吐出回数算出部 1 1 9 において算出された噴射間隔 $I_{nt}(3)$
における最大吐出回数 T_{nmax} (= 1) と、上記残りの回数 (= 1) に基づい
て次の噴射間隔 $I_{nt}(3)$ における燃料の吐出回数 T_n を設定する。この場合、吐出回
数設定部 1 2 2 は、残りの回数 (= 1) が最大吐出回数 T_{nmax} (= 1) 以下であるこ
とから、吐出回数 T_n とし残りの回数と同じ回数を設定する ($T_n = 1$)。これにより、
噴射間隔 $I_{nt}(3)$ における吐出回数 T_n として 1 回が設定される。

20

【 0 1 0 7 】

このように、吐出回数設定部 1 2 2 は、吐出回数算出部 1 1 7 によって算出された必要
吐出回数 T_{nf} 分の燃料吐出が行われるように、各噴射間隔 I_{nt} における燃料の吐出回
数 T_n を設定する。

【 0 1 0 8 】

また、吐出開始タイミング算出部 1 1 5 は、タイミング t_{816} において吐出要否判定
部 1 1 3 が高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定すると、高圧燃料ポン
プ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミ
ング T_s を算出する。吐出開始タイミング算出部 1 1 5 は、吐出回数設定部 1 2 2 にお
いて吐出回数が設定された噴射間隔 (I_{nt} , $I_{nt}(2)$, $I_{nt}(3)$) において、各
々の噴射間隔における吐出開始タイミング T_s を算出する。吐出開始タイミング算出部 1
1 5 は、燃料噴射の終了タイミング $F_e(t_{817}, t_{820}, t_{825})$ から上記準備
時間が経過したタイミング ($t_{818}, t_{821}, t_{826}$) を吐出開始タイミング T_s
に設定する。

30

【 0 1 0 9 】

ポンプ駆動部 1 1 6 は、高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定されて
いるときに通電制御を実行し、設定されている吐出開始タイミング T_s から設定されてい
る吐出回数 T_n の燃料吐出が実行されるように高圧燃料ポンプ 4 0 を駆動する。

【 0 1 1 0 】

すなわち、図 8 (d) に示すように、ポンプ駆動部 1 1 6 は、吐出開始タイミング T_s
(タイミング t_{818}) において、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に 1 回の燃
料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t_{818} からリフト時間 T_i が経過するタイミ
ング t_{819} まで実行される。この燃料吐出は、噴射間隔 I_{nt} 内に完了する。こうして燃
料吐出を行うことにより、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に最大吐出量分の燃
料が供給され、燃料圧力 P_r が第 3 燃圧 P_3 よりも高く、第 2 燃圧 P_2 よりも低い圧力ま
で上昇する。この場合、燃料噴射弁 1 5 からの燃料噴射が 3 回実行されたときに高圧燃料
ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 へ燃料が 1 回吐出される。したがって、燃料噴射弁 1 5
からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 への燃料の吐出
回数の比率である吐出比率は「 1 / 3 」となる。なお、本実施形態では、高圧燃料ポンプ

40

50

40から燃料の吐出が行われたときを基準として吐出比率を判断する。すなわち、上記燃料の噴射回数は、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が行われたときから、その前の燃料吐出が行われたときまでの間において実行された燃料の噴射回数を用いる。また、上記燃料の吐出回数は、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が行われたタイミングを含む期間であって、燃料吐出が行われたタイミングの直前の燃料噴射の噴射開始タイミング F_s からその直後の燃料噴射の噴射開始タイミング F_s までの期間内において実行された燃料の吐出回数を用いる。なお、燃料噴射が実行されてから次の燃料噴射が実行されるまでの間に複数回の燃料吐出が行われたときには、該複数回の燃料吐出のうちで最初の燃料吐出を基準として上述したように吐出比率を判断すればよい。

【0111】

10

図8(a)に示すように、こうして燃料吐出が行われた後、燃料吐出が終了したタイミング t_{819} からタイミング t_{820} まで燃料噴射が実行される。これにより、図8(b)に示すように燃料圧力 P_r が低下する。燃料噴射が実行された後、ポンプ駆動部116は、吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{821})において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t_{821} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{823} まで実行される。この燃料吐出は、噴射間隔 $Int(2)$ 内に完了する。

【0112】

こうして燃料吐出を行うことにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給され、燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 よりも高く、目標燃圧 P_t よりも低い圧力まで上昇する。燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 より高くなったタイミング t_{822} において、図8(c)に示すように、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。なお、既に燃料の吐出回数 T_n が設定されていることから、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定された後であっても、ポンプ駆動部116は高圧燃料ポンプ40からの以降の燃料吐出を継続する。この燃料吐出においては、燃料噴射弁15からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「1」となる。

20

【0113】

その後、図8(a)に示すように、燃料吐出が終了したタイミング t_{823} からタイミング t_{825} まで燃料噴射が実行される。これにより、図8(b)に示すように燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 よりも低下する。燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 よりも低下したタイミング t_{824} 、すなわち燃圧偏差 P が所定値以上となったタイミングにおいて、吐出要否判定部113は高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定する。なお、タイミング t_{824} において吐出要否判定部113が高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定した際、吐出回数設定部122は既に吐出回数 T_n を設定している。この場合には、吐出回数設定部122は、タイミング t_{824} において再度吐出回数 T_n の設定を行わず、既に設定されている吐出回数 T_n を保持する。

30

【0114】

そのため、タイミング t_{825} において燃料噴射が終了した後、ポンプ駆動部116は、吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{826})において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t_{826} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{828} まで実行される。この燃料吐出は、噴射間隔 $Int(3)$ 内に完了する。こうして燃料吐出を行うことにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給され、燃料圧力 P_r が目標燃圧 P_t よりも高い圧力まで上昇する。燃料圧力 P_r が第1燃圧 P_1 より高くなったタイミング t_{827} において、図8(c)に示すように、吐出要否判定部113によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。この燃料吐出においては、燃料噴射弁15からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「1」となる。

40

50

【 0 1 1 5 】

このように、本実施形態では、燃料噴射の終了タイミング F_e から準備期間が経過したときに高圧燃料ポンプ 40 の吐出開始タイミング T_s を設定し、 N 回目の燃料噴射と $N + 1$ 回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで噴射間吐出制御を行う。そして、噴射間吐出制御の実行中には、燃圧偏差 P が所定値以上となったときに燃料の吐出回数 T_n を設定し高圧燃料ポンプ 40 から燃料吐出を実行することで、内燃機関の運転状態の変化に応じて吐出比率を変更する構成としている。すなわち、燃圧偏差 P が所定値未満のときには、燃料噴射弁 15 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 40 から燃料吐出を 1 回も行わない。これにより、吐出比率を 1 よりも小さい値に変更することができる。また、燃圧偏差 P が所定値以上のときには、燃料噴射弁 15 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 40 から 1 回または複数回の燃料吐出を行う。これにより、吐出比率を 1 以上の値に変更することができる。

10

【 0 1 1 6 】

(2-2) 本実施形態では、噴射間隔 I_{nt} 内に燃料吐出が行われるように燃料の吐出回数を設定している。こうした構成との違いを明らかにするために、本実施形態の比較例として、噴射間吐出制御において吐出回数算出部 117 によって算出された必要吐出回数 T_{nf} で連続して燃料吐出を行う場合を説明する。

【 0 1 1 7 】

図 8 (e) に示すように、ポンプ駆動部 116 は、吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{818}) において、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に必要吐出回数 T_{nf} (= 3) の燃料吐出を行う。1 回目の燃料吐出は、タイミング t_{818} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{819} まで実行される。ポンプ駆動部 116 は、1 回目の燃料吐出を行うと、待機時間が経過したときに 2 回目の燃料吐出を開始する。2 回目の燃料吐出は、燃料噴射が行われるタイミング t_{819} からタイミング t_{820} の間のタイミングで開始される。そのため、燃料噴射の実行期間と燃料吐出の実行期間とが重なり、高圧燃料ポンプ 40 から燃料吐出が行われることによって、燃料噴射の実行期間において高圧燃料配管 34 内の燃料圧力に変動が生じる。

20

【 0 1 1 8 】

また、ポンプ駆動部 116 は、2 回目の燃料吐出を開始してからリフト時間 T_i が経過するまで燃料吐出を実行する。ポンプ駆動部 116 は、2 回目の燃料吐出を行うと、待機時間が経過したときに 3 回目の燃料吐出を開始する。3 回目の燃料吐出は、タイミング t_{823} において燃料噴射が開始される前に終了する。この比較例では、1 回目の燃料吐出を行ったときの吐出比率は「 $1/3$ 」となり、2 回目及び 3 回目の燃料吐出を行ったときにおける吐出比率は「 2 」となる。この比較例では、その後、吐出要否判定部 113 によって高圧燃料ポンプ 40 から燃料吐出が必要であると判定されたときに、ポンプ駆動部 116 が、設定された吐出開始タイミング T_s において、算出された必要吐出回数 T_{nf} で燃料吐出を行う。

30

【 0 1 1 9 】

本実施形態では、噴射間隔 I_{nt} 内に燃料吐出が行われるように、噴射間隔 I_{nt} に基づいて算出した最大吐出回数 T_{nmax} によって吐出回数 T_n を制限している。これにより、燃料噴射弁 15 による燃料噴射が行われているときには、高圧燃料ポンプ 40 から燃料の吐出を行わない。そのため、燃料噴射弁における N 回目の燃料噴射期間及び $N + 1$ 回目の燃料噴射期間の双方に重なるように燃料吐出を実行する場合に比して、高圧燃料ポンプ 40 から燃料吐出が行われることによる高圧燃料配管 34 内の燃料圧力の変動の影響が燃料噴射に生じ難くすることができ、上記比較例と比較しても燃料噴射の実行時における燃料噴射量の制御精度を高めることができる。その結果、高圧燃料配管 34 への燃料供給のタイミングが適切になる。なお、高圧燃料ポンプ 40 の制御装置 100 では、上記比較例のように燃料吐出を制御することで、高圧燃料配管 34 内の燃料圧力 P_r の増大の早期化を図ることも可能である。

40

50

【 0 1 2 0 】

(第 3 実施形態)

燃料ポンプの制御装置の第 3 実施形態について、図 9 ~ 図 1 1 を参照して説明する。本実施形態では、噴射間吐出制御において内燃機関 1 0 の負荷 K L に基づいて燃料の吐出比率を設定する点が第 1 実施形態と異なっている。第 1 実施形態と同様の構成については、共通の符号を付して説明を省略する。

【 0 1 2 1 】

図 9 に示すように、制御装置 1 0 0 の噴射間吐出制御実行部 1 3 0 は、機能部として、負荷算出部 1 3 1、吐出比率設定部 1 3 2、吐出開始タイミング算出部 1 1 5、及びポンプ駆動部 1 1 6 を有している。

10

【 0 1 2 2 】

負荷算出部 1 3 1 は、エアフローメータ 9 0 によって検出された吸気の流量に基づいて内燃機関 1 0 の負荷 K L を算出する。

吐出比率設定部 1 3 2 は、負荷算出部 1 3 1 によって算出された負荷 K L に基づいて、燃料噴射弁 1 5 からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 への燃料の吐出回数の比率である吐出比率を設定する。吐出比率設定部 1 3 2 には、負荷 K L と吐出比率との関係を示すマップが記憶されている。

【 0 1 2 3 】

図 1 0 に示すように、このマップでは、負荷 K L が高いときには、該負荷 K L が低いときに比して高い値になるように段階的に吐出比率が設定されている。負荷 K L は内燃機関 1 0 の運転状態に相関するパラメータであり、該負荷 K L が大きいときには燃料噴射弁 1 5 における燃料噴射量も多くなる傾向にある。負荷 K L に基づいて吐出比率を設定することで、内燃機関 1 0 の運転状態に応じて吐出比率が変更されることとなる。

20

【 0 1 2 4 】

図 9 に示すように、吐出開始タイミング算出部 1 1 5 は、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミング T s を上記実施形態と同様の方法によって算出する。

【 0 1 2 5 】

ポンプ駆動部 1 1 6 は、吐出比率設定部 1 3 2 に設定されている吐出比率となるように、吐出開始タイミング算出部 1 1 5 によって算出された吐出開始タイミング T s で高圧燃料ポンプ 4 0 のコイル 8 5 への通電制御を行う。すなわち、ポンプ駆動部 1 1 6 は、燃料噴射弁駆動部 1 0 9 による燃料噴射弁 1 5 の駆動回数に対して、高圧燃料ポンプ 4 0 の吐出回数を制御する。なお、ポンプ駆動部 1 1 6 における高圧燃料ポンプ 4 0 のコイル 8 5 への通電制御については、上記実施形態と同様である。

30

【 0 1 2 6 】

本実施形態の作用及び効果について、図 1 1 を参照して説明する。図 1 1 では、各タイミングを示す「 t 」と 4 桁の数字について、「 t 」と 4 桁の数字のうちの最初の 2 桁の数字「 1 1 」とについて記載を省略している。本実施形態では、第 1 実施形態と同様の作用及び効果に加えて以下の作用及び効果が得られる。

【 0 1 2 7 】

(3 - 1) 図 1 1 (a) に示すように、吐出比率が例えば「 1 / 3 」に設定されているときには、図 1 1 (b) 及び (c) に示すように、ポンプ駆動部 1 1 6 は、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 へ燃料を 1 回吐出した後、燃料が 3 回噴射されたときに高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 へ再度燃料を 1 回吐出する。この場合、ポンプ駆動部 1 1 6 は、燃料噴射の終了タイミング t 1 1 1 1 から上記準備時間が経過した吐出開始タイミング T s (タイミング t 1 1 1 2) において、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に 1 回の燃料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t 1 1 1 2 からリフト時間 T i が経過するタイミング t 1 1 1 3 まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に最大吐出量分の燃料が供給される。その後、ポンプ駆動部 1 1 6 は、燃料噴射が 3 回実行されるまでは燃料の吐出を行わない。そして、ポンプ駆動部 1 1 6 は

40

50

、燃料噴射が3回実行されたときには、3回目の燃料噴射の終了タイミング t_{1114} から上記準備時間が経過した吐出開始タイミング T_s （タイミング t_{1115} ）において、上述したように高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。

【0128】

図11(a)に示すように、吐出比率が例えば「1/2」に設定されているときには、図11(b)及び(c)に示すように、ポンプ駆動部116は、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ燃料を1回吐出した後、燃料が2回噴射されたときに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ再度燃料を1回吐出する。この場合、ポンプ駆動部116は、燃料噴射の終了タイミング t_{1116} から上記準備時間が経過した吐出開始タイミング T_s （タイミング t_{1117} ）において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t_{1117} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{1118} まで実行される。その後、ポンプ駆動部116は、燃料噴射が2回実行されるまでは燃料の吐出を行わない。そして、ポンプ駆動部116は、燃料噴射が2回実行されたときには、2回目の燃料噴射の終了タイミング t_{1119} から上記準備時間が経過した吐出開始タイミング T_s （タイミング t_{1120} ）において、上述したように高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。

10

【0129】

図11(a)に示すように、吐出比率が例えば「1」に設定されているときには、図11(b)及び(c)に示すように、ポンプ駆動部116は、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ燃料を1回吐出した後、燃料が1回噴射されたときに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ再度燃料を1回吐出する。この場合、ポンプ駆動部116は、燃料噴射が1回実行されるたびに1回の燃料吐出を行うため、燃料噴射と燃料吐出とが1回ずつ繰り返し実行される。ポンプ駆動部116は、燃料噴射の終了タイミング t_{1121} から上記準備時間が経過した吐出開始タイミング T_s （タイミング t_{1122} ）において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。燃料吐出は、タイミング t_{1122} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{1123} まで実行される。

20

【0130】

図11(a)に示すように、吐出比率が例えば「2」に設定されているときには、図11(b)及び(c)に示すように、ポンプ駆動部116は、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ燃料を2回吐出した後、燃料が1回噴射されたときに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ再度燃料を2回吐出する。この場合、ポンプ駆動部116は、燃料噴射の終了タイミング t_{1124} から上記準備時間が経過した吐出開始タイミング T_s （タイミング t_{1125} ）において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に2回の燃料吐出を行う。1回目の燃料吐出は、タイミング t_{1125} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{1126} まで実行される。ポンプ駆動部116は1回目の燃料吐出を終了したタイミング t_{1126} から上記待機時間が経過したタイミング t_{1127} において燃料吐出を開始する。2回目の燃料吐出は、タイミング t_{1127} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{1128} まで実行される。

30

【0131】

内燃機関10の負荷 K_L が大きいときには該負荷 K_L が小さいときに比して燃料噴射弁15からの1回の燃料噴射量が多くなる傾向にある。高圧燃料ポンプ40から1回に吐出される燃料の最大量は予め求めることができる。そのため、吐出比率を、内燃機関10の負荷 K_L が高いときには該負荷 K_L が低いときに比して高い値にする、すなわち高圧燃料配管34から噴射される燃料の量が多いときには該燃料の量が少ないときに比して高い値にすることで、高圧燃料配管34における燃料の圧力を適切に制御することができる。

40

【0132】

（第4実施形態）

燃料ポンプの制御装置の第4実施形態について、図12～図14を参照して説明する。本実施形態では、燃料ポンプの制御装置の構成が第1実施形態と異なっている。第1実施形態と同様の構成については、共通の符号を付して説明を省略する。

50

【 0 1 3 3 】

図 1 2 に示すように、燃料ポンプの制御装置 4 0 0 は、機能部として、目標回転速度算出部 1 0 1、目標トルク算出部 1 0 2、目標燃圧算出部 1 0 3、燃圧偏差算出部 1 0 4、噴射フィードバック量算出部 1 0 5、要求燃料噴射量算出部 1 0 6、噴射時間算出部 1 0 7、噴射開始タイミング算出部 1 0 8、及び燃料噴射弁駆動部 1 0 9 を有している。また、制御装置 4 0 0 は、目標スロットル開度算出部 1 1 0、スロットル駆動部 1 1 1、噴射間隔算出部 4 0 1、最大吐出回数算出部 4 0 2、ポンプ特性学習部 4 0 3、制御切り替え部 4 0 4、噴射間吐出制御実行部 4 0 5、及び個別制御実行部 4 0 6 を有している。目標回転速度算出部 1 0 1、目標トルク算出部 1 0 2、目標燃圧算出部 1 0 3、燃圧偏差算出部 1 0 4、噴射フィードバック量算出部 1 0 5、要求燃料噴射量算出部 1 0 6、噴射時間算出部 1 0 7、噴射開始タイミング算出部 1 0 8、及び燃料噴射弁駆動部 1 0 9 の機能は第 1 実施形態のものと同様である。また、目標スロットル開度算出部 1 1 0、及びスロットル駆動部 1 1 1 の機能も第 1 実施形態のものと同様である。

10

【 0 1 3 4 】

噴射間隔算出部 4 0 1 は、燃料噴射弁 1 5 からの燃料噴射の終了タイミング F_e 、噴射開始タイミング算出部 1 0 8 によって算出された噴射開始タイミング F_s 、及びクランク角センサ 9 5 によって検出された機関回転速度 N_E に基づいて、燃料の噴射間隔 I_{nt} を算出する。燃料の噴射間隔 I_{nt} は、所定の気筒に設けられている燃料噴射弁 1 5 において燃料噴射が終了してから、該所定の気筒の次に点火が実行される気筒に設けられている燃料噴射弁 1 5 において燃料噴射が開始されるまでの時間として算出される。例えば、各気筒 # 1 ~ # 4 では、第 1 気筒 # 1、第 3 気筒 # 3、第 4 気筒 # 4、及び第 2 気筒 # 2 の順で点火が行われる。噴射間隔算出部 4 0 1 は、燃料噴射の終了タイミング F_e を、噴射時間算出部 1 0 7 によって算出された噴射時間 F_i と、噴射開始タイミング算出部 1 0 8 によって算出された噴射開始タイミング F_s とに基づいて算出する。燃料の噴射間隔 I_{nt} は、燃料噴射の終了タイミング F_e が遅いときほど、噴射開始タイミング F_s が早いときほど、及び機関回転速度 N_E が高いときほど短くなる。

20

【 0 1 3 5 】

最大吐出回数算出部 4 0 2 は、噴射間隔算出部 4 0 1 によって算出された燃料の噴射間隔 I_{nt} に基づいて、該噴射間隔 I_{nt} 内で実行可能な高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出の最大吐出回数 T_{nmax} を算出する。すなわち、最大吐出回数算出部 4 0 2 はまず、高圧燃料ポンプ 4 0 から燃料の吐出を行うための必要時間 T_{min} を算出する。必要時間 T_{min} は、高圧燃料ポンプ 4 0 が燃料の吐出を 1 回行うときには、リフト時間 T_i と等しい時間となる。また、必要時間 T_{min} は、高圧燃料ポンプ 4 0 が燃料の吐出を複数である n 回行うときには $(2 - n)$ 、リフト時間 T_i の n 倍の時間と待機時間の $n - 1$ 倍の時間との和に等しい時間となる。本実施形態では、リフト時間 T_i は、高圧燃料ポンプ 4 0 へ通電制御を開始し、プランジャ 7 5 の他端が突出部 8 3 に当接している状態から、該プランジャ 7 5 の凸条 7 5 B が挿通部 5 6 に当接するまで上記一方側に移動する際に係る時間と等しい時間に設定されている。また、待機時間は、高圧燃料ポンプ 4 0 へ通電制御を終了し、高圧燃料ポンプ 4 0 のプランジャ 7 5 の凸条 7 5 B が挿通部 5 6 に当接している状態から、該プランジャ 7 5 が突出部 8 3 に当接するまで上記他方側に移動する際に係る時間と等しい時間に設定されている。リフト時間 T_i 及び待機時間は、予め実験やシミュレーションによって求められて制御装置 4 0 0 に記憶されている。

30

40

【 0 1 3 6 】

ところで、高圧燃料ポンプ 4 0 におけるプランジャ 7 5 の移動速度は、燃料性状などの種々の要因によって変化することがある。そのため、本実施形態では、制御装置 4 0 0 は、後述するポンプ特性学習部 4 0 3 によって通電時間と高圧燃料ポンプ 4 0 の吐出量との関係を示すポンプ特性を学習している。最大吐出回数算出部 4 0 2 では、ポンプ特性学習部 4 0 3 によって学習されたポンプ特性に基づき、プランジャ 7 5 の移動に必要な時間に合わせてリフト時間 T_i 及び待機時間を補正することで、高圧燃料ポンプ 4 0 の現在の特性に適合させて必要時間 T_{min} を算出する。そして、この必要時間 T_{min} と噴射間隔

50

$I n t$ とに基づき最大吐出回数 $T n m a x$ を算出する。例えば、噴射間隔 $I n t$ が燃料の吐出を 1 回行うときの必要時間 $T m i n$ 未満であるときには、最大吐出回数 $T n m a x$ を 0 に設定する。また、噴射間隔 $I n t$ が燃料の吐出を 1 回行うときの必要時間 $T m i n$ 以上であり、燃料の吐出を 2 回行うときの必要時間 $T m i n$ よりも短いときは最大吐出回数 $T n m a x$ を 1 に設定する。

【0137】

ポンプ特性学習部 403 は、高圧燃料ポンプ 40 への通電時間と、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 へ吐出された燃料量との関係をポンプ特性として学習する。高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出量は、燃料温度センサ 93 によって検出された高圧燃料配管 34 内の燃料温度、コイル温度センサ 94 によって検出されたコイル 85 の温度、及びバ

10

【0138】

このように、燃料温度が低いときほど、コイル 85 の温度が高いときほど、及びバッテリー電圧が低いときほど、プランジャ 75 を移動させる力が弱くなり、その移動速度が遅くなる。したがって、プランジャ 75 を移動させて最大吐出量分の燃料を吐出させるために

20

【0139】

制御切り替え部 404 は、最大吐出回数算出部 402 によって算出された最大吐出回数 $T n m a x$ に基づいて、高圧燃料ポンプ 40 の制御態様を切り替える。すなわち、制御切り替え部 404 は、最大吐出回数 $T n m a x$ が 1 以上であるときには、噴射間吐出制御実行部 405 によって高圧燃料ポンプ 40 の制御を行うように設定する。また、制御切り替え部 404 は、最大吐出回数 $T n m a x$ が 0 であるときには、個別制御実行部 406 によって高圧燃料ポンプ 40 の制御を行うように切り替える。上述したように、最大吐出回数 $T n m a x$ が 0 であるときは、噴射間隔 $I n t$ が高圧燃料ポンプ 40 から燃料を 1 回吐出する際に必要となる必要時間よりも短い場合である。換言すれば、制御切り替え部 404 は、噴射間隔 $I n t$ が必要時間 $T m i n$ 以上である場合には噴射間吐出制御を実行し、噴射間隔 $I n t$ が必要時間 $T m i n$ よりも短い場合には個別制御を実行するように制御を切り替える。

30

40

【0140】

噴射間吐出制御実行部 405 は、燃料噴射弁 15 からの N 回目の燃料噴射と $N + 1$ 回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで高圧燃料ポンプ 40 から燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を実行する。噴射間吐出制御実行部 405 は、機能部として、吐出要否判定部 407、吐出開始タイミング算出部 408、目標吐出量算出部 409、吐出回数算出部 410、吐出回数設定部 411、及び第 1 ポンプ駆動部 412 を有している。

【0141】

吐出要否判定部 407 は、要求燃料噴射量算出部 106 によって算出された要求燃料噴射量 $Q t$ に基づいて、高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であるか否かを判定する。吐出要否判定部 407 は、要求燃料噴射量 $Q t$ が算出されるたびに積算し、要求燃料噴

50

射量 Q_t の積算値 Q を算出する。吐出要否判定部 407 は、算出した積算値 Q が判定値以上となったときに、高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定する。なお、判定値は、例えば、高圧燃料ポンプ 40 の最大吐出量の半分の量に設定されている。

【0142】

吐出開始タイミング算出部 408 は、吐出要否判定部 407 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されたときに、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料吐出を行う際の開始タイミングである吐出開始タイミング T_s を算出する。吐出開始タイミング T_s は、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射のタイミングに基づいて算出される。本実施形態では、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射の終了タイミング F_e から所定の準備時間が経過したタイミングを吐出開始タイミング T_s とする。なお、燃料噴射の終了タイミング F_e は、噴射時間算出部 107 によって算出された噴射時間 F_i と、噴射開始タイミング算出部 108 によって算出された噴射開始タイミング F_s とに基づいて算出できる。準備時間は、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射が終了してから、高圧燃料配管 34 内の燃料圧力 P_r が安定するまでに必要な時間に設定されている。

10

【0143】

目標吐出量算出部 409 は、吐出要否判定部 407 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されたときに、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 への燃料吐出量の目標値である目標吐出量 T_{P_t} を算出する。目標吐出量算出部 409 は、要求燃料噴射量算出部 106 によって算出された要求燃料噴射量 Q_t に基づいてベース吐出量 T_{P_b} を算出する。ベース吐出量 T_{P_b} は、要求燃料噴射量 Q_t と等しい量として算出される。すなわち、ベース吐出量 T_{P_b} は、要求燃料噴射量 Q_t が多いときほど多くなる。また、目標吐出量算出部 409 は、燃圧偏差算出部 104 によって算出された燃圧偏差 P に基づいて、吐出フィードバック量 T_K を算出する。吐出フィードバック量 T_K は、目標燃圧 P_t となるように高圧燃料ポンプ 40 から燃料の吐出を行ったときの燃料吐出後の実際の燃料圧力 P_r を該目標燃圧 P_t から減算した値を入力とする比例要素、積分要素、および微分要素の各出力値の和として算出する。目標吐出量算出部 409 は、ベース吐出量 T_{P_b} に吐出フィードバック量 T_K を乗算することで、目標吐出量 T_{P_t} を算出する。

20

【0144】

吐出回数算出部 410 は、目標吐出量算出部 409 によって算出された目標吐出量 T_{P_t} に基づいて、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料を吐出する際の必要吐出回数 T_{n_f} を算出する。吐出回数算出部 410 は、目標吐出量 T_{P_t} 分の燃料を吐出するために必要な吐出回数のうちで最も少ない吐出回数を必要吐出回数 T_{n_f} として算出する。例えば、目標吐出量 T_{P_t} が、高圧燃料ポンプ 40 の最大吐出量以下である場合には必要吐出回数 T_{n_f} を 1 回として算出する。また、目標吐出量 T_{P_t} が、上記最大吐出量よりも多く最大吐出量の 2 倍の量以下である場合には必要吐出回数 T_{n_f} を 2 回として算出する。

30

【0145】

吐出回数設定部 411 は、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料を吐出する吐出回数 T_n を設定する。吐出回数設定部 411 はまず、ポンプ特性学習部 403 によって学習されたポンプ特性に基づいて、吐出回数算出部 410 によって算出された必要吐出回数 T_{n_f} 分の燃料吐出を行うために必要な実行時間 $T_{n_e s}$ を算出する。実行時間 $T_{n_e s}$ は、必要吐出回数 T_{n_f} が 1 回のときには、リフト時間 T_i と等しい時間となる。また、実行時間 $T_{n_e s}$ は、必要吐出回数 T_{n_f} が複数である n 回であるときには $(2 - n)$ 、リフト時間 T_i の n 倍の時間と待機時間の $n - 1$ 倍の時間との和に等しい時間となる。リフト時間 T_i 及び待機時間は、ポンプ特性に基づいて算出される。こうして、実行時間 $T_{n_e s}$ を算出すると、該実行時間 $T_{n_e s}$ に上記準備時間を加算した時間を加算時間 $T_{a d}$ として算出する。吐出回数設定部 411 は、加算時間 $T_{a d}$ が噴射間隔算出部 401 によって算出された噴射間隔 $I_{n t}$ 以下であるときには、吐出回数 T_n として、必要吐出回数 T_{n_f} と同じ数を設定する。また、吐出回数設定部 411 は、加算時間 $T_{a d}$ が噴

40

50

射間隔 I_{nt} を超えている場合には、吐出回数 T_n として、最大吐出回数算出部 402 によって算出された最大吐出回数 T_{nmax} と同じ数を設定する。

【0146】

第1ポンプ駆動部 412 は、吐出要否判定部 407 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、吐出開始タイミング算出部 408 によって算出された吐出開始タイミング T_s で高圧燃料ポンプ 40 のコイル 85 への通電制御を行う。第1ポンプ駆動部 412 は、通電制御を通じてプランジャ 75 を往復動させることにより、高圧燃料ポンプ 40 において燃料の吸引及び燃料の吐出を実行させる。第1ポンプ駆動部 412 は、高圧燃料ポンプ 40 へ通電制御を開始してから、ポンプ特性学習部 403 によって学習されたポンプ特性に基づいたリフト時間 T_i が経過したときに通電を終了する。なお、第1ポンプ駆動部 412 は、吐出回数設定部 411 によって設定された吐出回数 T_n が2回以上である場合、通電制御を開始してからリフト時間 T_i が経過したタイミングで通電制御を終了し、該終了したタイミングから所定の待機時間が経過したタイミングで再度通電制御を実行する。そして、再度通電制御を開始してからリフト時間 T_i が経過したタイミングで再び通電制御を終了する。こうして通電制御を繰り返し実行することにより、高圧燃料ポンプ 40 から複数回の燃料吐出を実行する。

10

【0147】

個別制御実行部 406 は、高圧燃料ポンプ 40 からの燃料の吐出を固定の周期で繰り返し行う個別制御を実行する。個別制御では、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射のタイミングとは無関係に燃料吐出が行われる。個別制御実行部 406 は、機能部として、吐出周期記憶部 413、及び第2ポンプ駆動部 414 を有している。

20

【0148】

吐出周期記憶部 413 は、高圧燃料ポンプ 40 に通電制御を実行する際の通電周期を記憶している。本実施形態では、通電周期は、固定の周期であって、高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出量が最大吐出量となり、且つ最速の駆動周期となるように予め実験やシミュレーションによって求められて記憶されている。

【0149】

第2ポンプ駆動部 414 は、吐出周期記憶部 413 に記憶されている通電周期で通電制御を行うことにより、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射のタイミングに追従することなく、高圧燃料ポンプ 40 を駆動する。

30

【0150】

本実施形態の作用効果について、図13及び図14を参照して説明する。なお、図13では、各タイミングを示す「t」と4桁の数字について、「t」と4桁の数字のうちの最初の2桁の数字「13」とについて記載を省略している。また、図14では、各タイミングを示す「t」と4桁の数字について、「t」と4桁の数字のうちの最初の2桁の数字「14」とについて記載を省略している。

【0151】

(4-1) まず図13を参照し、噴射間隔 I_{nt} が必要時間 T_{min} 以上であり、制御切り替え部 404 によって噴射間吐出制御の実行が設定されている場合について説明する。

40

【0152】

図13(a)に示すように、内燃機関10の運転に伴い燃料噴射弁15から燃料噴射が繰り返し実行される。タイミング t_{1312} からタイミング t_{1313} において実行される燃料噴射の要求燃料噴射量 Q_{t1} は、タイミング t_{1312} よりも前のタイミング t_{1311} において算出される。タイミング t_{1311} において、要求燃料噴射量算出部 106 によって要求燃料噴射量 Q_{t1} が算出されると、図13(b)に示すように、吐出要否判定部 407 は、要求燃料噴射量 Q_t を積算して積算値 Q を算出する。タイミング t_{1311} の前において積算値 Q は0であることから、タイミング t_{1311} では Q は要求燃料噴射量 Q_{t1} と等しい値となる。タイミング t_{1311} において積算値 Q は判定値未満である。そのため、図13(c)に示すように、吐出要否判定部 407 は、高圧燃料ポ

50

ンプ40からの燃料吐出は不要であると判定する。図13(a)に示すように、燃料噴射弁駆動部109は、吐出開始タイミング算出部115が要求燃料噴射量 Q_{t1} に基づいた噴射時間 F_i 及び噴射開始タイミング F_s を用いて算出した吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1312})で燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部109は、噴射時間算出部107が要求燃料噴射量 Q_{t1} に基づいて算出した噴射時間 F_i の間において燃料噴射を継続し、タイミング t_{1312} から噴射時間 F_i が経過したタイミング t_{1313} において燃料噴射を終了する。

【0153】

その後、要求燃料噴射量算出部106によって次の燃料噴射における要求燃料噴射量 Q_{t2} が算出される。要求燃料噴射量算出部106は、タイミング t_{1313} において燃料噴射が終了してから所定時間が経過したタイミング t_{1314} において要求燃料噴射量 Q_{t2} を算出する。なお、所定時間は、燃料噴射後の燃料圧力 P_r が相応に安定するまでの時間であって、上記準備時間よりは短い。要求燃料噴射量 Q_{t2} は、要求燃料噴射量 Q_{t1} よりも多い($Q_{t2} > Q_{t1}$)。要求燃料噴射量算出部106によって要求燃料噴射量 Q_{t2} が算出されると、図13(b)に示すように、吐出要否判定部407は、要求燃料噴射量 Q_{t2} を積算値 Q に加算して新たに積算値 Q を算出する($Q = Q_{t1} + Q_{t2}$)。タイミング t_{1314} では積算値 Q が判定値以上となる。これにより、図13(c)に示すように、吐出要否判定部407は、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定する。

【0154】

こうして燃料吐出が必要であると判定されると、目標吐出量算出部409は、目標吐出量 T_{Pt} を算出する。目標吐出量算出部409は、要求燃料噴射量算出部106によって算出された要求燃料噴射量 Q_{t2} に基づいてベース吐出量 T_{Pb} を算出する。そして、算出したベース吐出量 T_{Pb} にタイミング t_{1314} における燃圧偏差 P に基づいて算出した吐出フィードバック量 T_K を乗算することで、目標吐出量 T_{Pt} を算出する。こうして目標吐出量 T_{Pt} が算出されると、吐出回数算出部410は、該目標吐出量 T_{Pt} に基づいて必要吐出回数 T_{nf} を算出する。その後、吐出回数設定部411が、必要吐出回数 T_{nf} 、ポンプ特性、噴射間隔 I_{nt} 、及び最大吐出回数 T_{nmax} に基づいて吐出回数 T_n を設定する。タイミング t_{1314} では、吐出回数 T_n が2回に設定される。

【0155】

また、吐出開始タイミング算出部115は、要求燃料噴射量 Q_{t1} に基づいた噴射時間 F_i 及び噴射開始タイミング F_s などを用いて吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1315})を算出する。吐出開始タイミング T_s は、燃料噴射の終了タイミング F_e (タイミング t_{1313})から準備時間が経過したタイミングである。

【0156】

第1ポンプ駆動部412は、吐出要否判定部407によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、吐出開始タイミング算出部408によって算出された吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1315})から、吐出回数算出部410によって設定された吐出回数 T_n (2回)の燃料吐出が実行されるように高圧燃料ポンプ40のコイル85への通電制御を行う。

【0157】

すなわち、図13(d)に示すように、第1ポンプ駆動部412は、吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1315})において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に2回の燃料吐出を行う。1回目の燃料吐出は、タイミング t_{1315} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{1316} まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給される。第1ポンプ駆動部412は1回目の燃料吐出を終了したタイミング t_{1316} から上記待機時間が経過したタイミング t_{1317} において燃料吐出を開始する。2回目の燃料吐出は、タイミング t_{1317} からリフト時間 T_i が経過するタイミング t_{1318} まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給される。第1ポンプ駆動部4

10

20

30

40

50

12は、吐出回数 T_n の燃料吐出を実行すると、高圧燃料ポンプ40の駆動を停止する。吐出要否判定部407は、吐出回数 T_n の燃料吐出が終了したタイミング t_{1318} において、図13(b)に示すように、積算値 Q を0にリセットする。これにより、積算値 Q が判定値未満となり、図13(c)に示すように、タイミング t_{1318} では、吐出要否判定部407によって、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。

【0158】

その後、図13(a)に示すように、燃料噴射弁駆動部109は、吐出開始タイミング算出部115が要求燃料噴射量 Q_{t2} に基づいて算出した吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1319})で燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部109は、噴射時間算出部107が要求燃料噴射量 Q_{t2} に基づいて算出した噴射時間 F_i の間において燃料噴射を継続し、タイミング t_{1319} から噴射時間 F_i が経過したタイミング t_{1320} において燃料噴射を終了する。

10

【0159】

この場合、燃料噴射弁15からの燃料噴射が1回実行されたときに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ燃料が2回吐出される。したがって、燃料噴射弁15からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「2」となる。

【0160】

その後、要求燃料噴射量算出部106によって次の燃料噴射における要求燃料噴射量 Q_{t3} が算出される。要求燃料噴射量算出部106は、タイミング t_{1320} において燃料噴射が終了してから所定時間が経過したタイミング t_{1321} において要求燃料噴射量 Q_{t3} を算出する。要求燃料噴射量 Q_{t3} は、要求燃料噴射量 Q_{t1} よりも多く、要求燃料噴射量 Q_{t2} より少ない($Q_{t2} > Q_{t3} > Q_{t1}$)。要求燃料噴射量算出部106によって要求燃料噴射量 Q_{t3} が算出されると、図13(b)に示すように、吐出要否判定部407は、要求燃料噴射量 Q_t の積算値 Q を算出する。タイミング t_{1318} において積算値 Q は0にリセットされていることから、タイミング t_{1321} では Q は要求燃料噴射量 Q_{t3} と等しい値となる。要求燃料噴射量 Q_{t3} は、要求燃料噴射量 Q_{t1} よりも多く、タイミング t_{1321} において積算値 Q は判定値以上となる。これにより、図13(c)に示すように、吐出要否判定部407は、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定する。

20

30

【0161】

こうして燃料吐出が必要であると判定されると、目標吐出量算出部409は、目標吐出量 TP_t を算出し、吐出回数算出部410は必要吐出回数 T_{nf} を算出する。その後、吐出回数設定部411が、吐出回数 T_n を設定する。タイミング t_{1321} では、要求燃料噴射量 Q_{t3} が要求燃料噴射量 Q_{t2} よりも少ないことから、吐出回数 T_n が1回に設定される。また、吐出開始タイミング算出部115が、要求燃料噴射量 Q_{t2} に基づいた噴射時間 F_i 及び噴射開始タイミング F_s を用いて吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1322})を算出する。吐出開始タイミング T_s は、燃料噴射の終了タイミング F_e (タイミング t_{1320})から準備時間が経過したタイミングである。

40

【0162】

第1ポンプ駆動部412は、吐出要否判定部407によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、吐出開始タイミング算出部408によって算出された吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1322})から、吐出回数算出部410によって設定された吐出回数 T_n (1回)の燃料吐出が実行されるように高圧燃料ポンプ40のコイル85への通電制御を行う。

【0163】

すなわち、図13(d)に示すように、第1ポンプ駆動部412は、吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1322})において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に1回の燃料吐出を行う。この燃料吐出は、タイミング t_{1322} からリフト時間 T_i が経

50

過するタイミング t_{1323} まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に最大吐出量分の燃料が供給される。第 1 ポンプ駆動部 412 は、吐出回数 T_n の燃料吐出を実行すると、高圧燃料ポンプ 40 の駆動を停止する。吐出要否判定部 407 は、吐出回数 T_n の燃料吐出が終了したタイミング t_{1323} において、図 13 (b) に示すように、積算値 Q を 0 にリセットする。これにより、積算値 Q が判定値未満となり、図 13 (c) に示すように、タイミング t_{1323} では、吐出要否判定部 407 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出は不要であると判定される。

【0164】

その後、図 13 (a) に示すように、燃料噴射弁駆動部 109 は、吐出開始タイミング算出部 115 が要求燃料噴射量 Q_{t3} に基づいて算出した吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1324}) で燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部 109 は、噴射時間算出部 107 が要求燃料噴射量 Q_{t3} に基づいて算出した噴射時間 F_i の間において燃料噴射を継続し、タイミング t_{1324} から噴射時間 F_i が経過したタイミング t_{1325} において燃料噴射を終了する。

10

【0165】

この場合、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射が 1 回実行されたときに高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 へ燃料が 1 回吐出される。したがって、燃料噴射弁 15 からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「1」となる。

20

【0166】

その後、要求燃料噴射量算出部 106 によって次の燃料噴射における要求燃料噴射量 Q_{t4} が算出される。要求燃料噴射量算出部 106 は、タイミング t_{1325} において燃料噴射が終了してから所定時間が経過したタイミング t_{1326} において要求燃料噴射量 Q_{t4} を算出する。要求燃料噴射量 Q_{t4} は、要求燃料噴射量 Q_{t2} よりも多い ($Q_{t4} > Q_{t2}$)。要求燃料噴射量算出部 106 によって要求燃料噴射量 Q_{t4} が算出されると、図 13 (b) に示すように、吐出要否判定部 407 は、要求燃料噴射量 Q_t の積算値 Q を算出する。タイミング t_{1323} において積算値 Q は 0 にリセットされていることから、タイミング t_{1326} において Q は要求燃料噴射量 Q_{t4} と等しい値となる。要求燃料噴射量 Q_{t4} は、要求燃料噴射量 Q_{t2} よりも多く、要求燃料噴射量 Q_{t3} よりも多いことから、タイミング t_{1326} では積算値 Q が判定値以上となる。これにより、図 13 (c) に示すように、吐出要否判定部 407 は、高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定する。

30

【0167】

こうして燃料吐出が必要であると判定されると、目標吐出量算出部 409 は、目標吐出量 T_{Pt} を算出し、吐出回数算出部 410 は必要吐出回数 T_{nf} を算出する。その後、吐出回数設定部 411 が、吐出回数 T_n を設定する。タイミング t_{1326} では、要求燃料噴射量 Q_{t4} が要求燃料噴射量 Q_{t1} と要求燃料噴射量 Q_{t2} との積算値よりも多いことから、吐出回数 T_n が 3 回に設定される。また、吐出開始タイミング算出部 115 が、要求燃料噴射量 Q_{t3} に基づいた噴射時間 F_i 及び噴射開始タイミング F_s を用いて吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1327}) を算出する。吐出開始タイミング T_s は、燃料噴射の終了タイミング F_e (タイミング t_{1325}) から準備時間が経過したタイミングである。

40

【0168】

第 1 ポンプ駆動部 412 は、吐出要否判定部 407 によって高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定されているときに、吐出開始タイミング算出部 408 によって算出された吐出開始タイミング T_s (タイミング t_{1327}) から、吐出回数算出部 410 によって設定された吐出回数 T_n (3 回) の燃料吐出が実行されるように高圧燃料ポンプ 40 のコイル 85 への通電制御を行う。

【0169】

すなわち、図 13 (d) に示すように、第 1 ポンプ駆動部 412 は、吐出開始タイミン

50

グTs (タイミングt 1 3 2 7) において、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に3回の燃料吐出を行う。1回目の燃料吐出は、タイミングt 1 3 2 7からリフト時間Tiが経過するタイミングt 1 3 2 8まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給される。第1ポンプ駆動部412は1回目の燃料吐出を終了したタイミングt 1 3 2 8から上記待機時間が経過したタイミングt 1 3 2 9において燃料吐出を開始する。2回目の燃料吐出は、タイミングt 1 3 2 9からリフト時間Tiが経過するタイミングt 1 3 3 0まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給される。第1ポンプ駆動部412は2回目の燃料吐出を終了したタイミングt 1 3 3 0から上記待機時間が経過したタイミングt 1 3 3 1において燃料吐出を開始する。3回目の燃料吐出は、タイミングt 1 3 3 1からリフト時間Tiが経過するタイミングt 1 3 3 2まで実行される。これにより、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に最大吐出量分の燃料が供給される。第1ポンプ駆動部412は、吐出回数Tnの燃料吐出を実行すると、高圧燃料ポンプ40の駆動を停止する。吐出要否判定部407は、吐出回数Tnの燃料吐出が終了したタイミングt 1 3 3 2において、図13 (b) に示すように、積算値 Qを0にリセットする。これにより、積算値 Qが判定値未満となり、図13 (c) に示すように、タイミングt 1 3 3 2では、吐出要否判定部407によって高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定される。

10

【0170】

その後、図13 (a) に示すように、燃料噴射弁駆動部109は、吐出開始タイミング算出部115が要求燃料噴射量Qt4に基づいて算出した吐出開始タイミングTs (タイミングt 1 3 3 3) で燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部109は、噴射時間算出部107が要求燃料噴射量Qt4に基づいて算出した噴射時間Fiの間において燃料噴射を継続し、タイミングt 1 3 3 3から噴射時間Fiが経過したタイミングt 1 3 3 4において燃料噴射を終了する。

20

【0171】

この場合、燃料噴射弁15からの燃料噴射が1回実行されたときに高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ燃料が1回吐出される。したがって、燃料噴射弁15からの燃料の噴射回数に対する高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34への燃料の吐出回数の比率である吐出比率は「3」となる。

30

【0172】

その後、要求燃料噴射量算出部106によって次の燃料噴射における要求燃料噴射量Qt5が算出される。要求燃料噴射量算出部106は、タイミングt 1 3 3 4において燃料噴射が終了してから所定時間が経過したタイミングt 1 3 3 5において要求燃料噴射量Qt5を算出する。要求燃料噴射量Qt5は、要求燃料噴射量Qt1よりも少ない (Qt1 > Qt5) 。要求燃料噴射量算出部106によって要求燃料噴射量Qt5が算出されると、図13 (b) に示すように、吐出要否判定部407は、要求燃料噴射量Qtの積算値Qを算出する。タイミングt 1 3 3 2において積算値 Qは0にリセットされていることから、タイミングt 1 3 3 5において Qは要求燃料噴射量Qt5と等しい値となる。要求燃料噴射量Qt5は、要求燃料噴射量Qt1よりも少ないため、タイミングt 1 3 3 5では積算値 Qが判定値未満となる。そのため、吐出要否判定部407は、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出は不要であると判定する。図13 (a) に示すように、燃料噴射弁駆動部109は、吐出開始タイミング算出部115が要求燃料噴射量Qt5に基づいた噴射時間Fi及び噴射開始タイミングFsを用いて算出した吐出開始タイミングTs (タイミングt 1 3 3 6) で燃料噴射を開始する。燃料噴射弁駆動部109は、噴射時間算出部107が要求燃料噴射量Qt5に基づいて算出した噴射時間Fiの間において燃料噴射を継続し、タイミングt 1 3 3 6から噴射時間Fiが経過したタイミングt 1 3 3 7において燃料噴射を終了する。

40

【0173】

この場合、タイミングt 1 3 3 3からタイミングt 1 3 3 4における燃料噴射と、タイ

50

ミング t 1 3 3 6 からタイミング t 1 3 3 7 における燃料噴射との間では、高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 へ燃料が吐出されない。

【 0 1 7 4 】

このように、本実施形態では、燃料噴射の終了タイミング F e から準備期間が経過したときに高圧燃料ポンプ 4 0 の吐出開始タイミング T s を設定し、N 回目の燃料噴射と N + 1 回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで燃料吐出を実行する噴射間吐出制御を行う。そして、噴射間吐出制御の実行中には、内燃機関の運転状態に応じて設定される要求燃料噴射量 Q t に基づいて目標吐出量 T P t を算出して吐出回数 T n を設定することで、内燃機関の運転状態の変化に応じて吐出比率を変更している。例えば、要求燃料噴射量 Q t が少ない場合であって積算値 Q が判定値未満のときには、燃料噴射弁 1 5 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出を 1 回も行わない。これにより、吐出比率を 1 よりも小さい値に変更することができる。また、積算値 Q が判定値以上のときには、燃料噴射弁 1 5 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 4 0 から 1 回または複数回の燃料吐出を行う。これにより、吐出比率を 1 以上の値に変更することができる。

10

【 0 1 7 5 】

したがって、内燃機関の運転状態と相関する要求燃料噴射量 Q t 、すなわち燃料噴射量に応じて燃料の吐出の実行可否を判断することにより、燃料噴射量に合わせた燃料吐出の実行が可能になる。そのため、本実施形態によれば、高圧燃料配管 3 4 における燃料圧力の制御性の向上に貢献できる。

20

【 0 1 7 6 】

(4 - 2) 本実施形態では、吐出要否判定部 4 0 7 が高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出が必要であると判定したときに、すぐに高圧燃料ポンプ 4 0 から高圧燃料配管 3 4 に燃料吐出を行うのではなく、燃料噴射の終了タイミング F e から準備期間が経過した吐出開始タイミング T s において、高圧燃料ポンプ 4 0 から燃料吐出を行う。このように、N 回目の燃料噴射の終了後に燃料吐出を行うように噴射間吐出制御を実行することで、燃料噴射弁 1 5 における N 回目の燃料噴射期間に重ならないように燃料吐出を開始する。そのため、燃料噴射弁 1 5 による燃料噴射が行われているときには、高圧燃料ポンプ 4 0 から燃料の吐出が行われないようにすることができる。したがって、高圧燃料ポンプ 4 0 から燃料吐出が行われることによる高圧燃料配管 3 4 内の燃料圧力 P r の変動の影響を燃料噴射に生じ難くすることができ、高圧燃料配管 3 4 への燃料供給のタイミングを適切にできる。

30

【 0 1 7 7 】

(4 - 3) 本実施形態では、目標吐出量 T P t 分の燃料を高圧燃料配管 3 4 に供給するにあたって、燃料噴射弁 1 5 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 4 0 から複数回の燃料吐出を行うことができる。すなわち、吐出比率を 1 以上の値に変更することができる。そのため、高圧燃料ポンプ 4 0 の最大吐出量をより少なく設定することが可能となり、その最大吐出量に合致するにより小型の高圧燃料ポンプ 4 0 を選択することもできる。

【 0 1 7 8 】

(4 - 4) 積算値 Q が判定値未満のときには、燃料噴射弁 1 5 から燃料噴射が行われてから次に燃料噴射が行われるまでの間に高圧燃料ポンプ 4 0 からの燃料吐出を 1 回も行わない構成とした。そのため、燃料噴射弁 1 5 から噴射される燃料量が少ないときには、高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動を停止させることも可能になり、燃料噴射弁 1 5 から噴射される燃料量に拘わらず高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動を継続する場合に比して、高圧燃料ポンプ 4 0 の駆動頻度を低下させることができる。そのため、電力消費を抑えることにも貢献できる。

40

【 0 1 7 9 】

(4 - 5) 本実施形態では、目標吐出量 T P t に基づいて吐出回数 T n を設定することで、吐出比率を変更している。そのため、例えば高圧燃料ポンプ 4 0 から 1 回に吐出可能

50

な燃料の最大吐出量よりも目標吐出量 $T P t$ が多い場合、吐出比率を高い値に設定し、燃料噴射弁 15 からの 1 回の燃料噴射に対して高圧燃料ポンプ 40 から複数回の燃料吐出を行うことで目標吐出量 $T P t$ 分の燃料を高圧燃料配管 34 に供給することが可能になる。したがって、目標吐出量 $T P t$ に見合った吐出比率の設定制御を実現することができる。

【0180】

(4-6) 次に、図 14 を参照し、噴射間隔 $I n t$ が必要時間 $T m i n$ 未満であり、制御切り替え部 404 によって個別制御の実行が設定されている場合について説明する。

図 14 (a) に示すように、内燃機関 10 の機関回転速度 $N E$ が高くなることで燃料の噴射間隔 $I n t$ は短くなる。燃料の噴射間隔 $I n t$ が短くなり、最大吐出回数算出部 402 によって算出される最大吐出回数 $T n m a x$ が 0 になると、制御切り替え部 404 は、個別制御実行部 406 によって高圧燃料ポンプ 40 の制御を行うようにする。すなわち、噴射間隔 $I n t$ が高圧燃料ポンプ 40 から燃料を 1 回吐出する際の必要時間 $T m i n$ 未満であると判定し、該噴射間隔 $I n t$ 内において 1 回の燃料吐出を完了することができないときには、制御切り替え部 404 は、高圧燃料ポンプ 40 の制御を噴射間吐出制御から個別制御に切り替える。

【0181】

図 14 (b) に示すように、個別制御では、第 2 ポンプ駆動部 414 が、吐出周期記憶部 413 に記憶されている通電周期で通電制御を行う。通電周期は、固定の周期であって、高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出量が最大吐出量となり、且つ最速の駆動周期となるように設定されている。そのため、第 2 ポンプ駆動部 414 は、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料吐出を開始したタイミング $t 1411$ からリフト時間 $T i$ が経過するタイミング $t 1412$ まで燃料吐出を実行する。これにより、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に最大吐出量分の燃料が供給される。第 2 ポンプ駆動部 414 は燃料吐出を終了すると、燃料吐出が終了したタイミング $t 1412$ から上記待機時間が経過したタイミング $t 1413$ において燃料吐出を開始する。第 2 ポンプ駆動部 414 は、この燃料吐出においても、燃料吐出を開始したタイミング $t 1413$ からリフト時間 $T i$ が経過するタイミング $t 1414$ まで燃料吐出を実行する。これにより、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に最大吐出量分の燃料が供給される。その後は、個別制御から噴射間吐出制御に制御が切り替えられるまで、上述したように燃料吐出が繰り返し実行される。こうした個別制御を実行することにより、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射のタイミングに追従することなく、高圧燃料ポンプ 40 から高圧燃料配管 34 に燃料が吐出される。

【0182】

本実施形態では、燃料噴射弁 15 における燃料の噴射間隔 $I n t$ が高圧燃料ポンプ 40 から燃料を 1 回吐出する際の必要時間 $T m i n$ 以上である場合には噴射間吐出制御を実行する。これにより、燃料の噴射間隔 $I n t$ 内において高圧燃料ポンプ 40 からの 1 回以上の燃料吐出を完了することができるときには、 N 回目の燃料噴射と $N + 1$ 回目の燃料噴射との間の所定のタイミングで燃料吐出が実行される。そのため、高圧燃料配管 34 における燃料圧力の制御性を担保できる。

【0183】

一方で、噴射間隔 $I n t$ が必要時間 $T m i n$ よりも短い場合には、燃料噴射弁 15 における燃料の噴射間隔 $I n t$ 内において高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出を完了することができない。この場合には、燃料噴射のタイミングに関係なく燃料の吐出を固定の周期で繰り返し実行する個別制御を実行する。個別制御では、燃料噴射弁 15 からの燃料噴射に追従することなく、高圧燃料ポンプ 40 から繰り返し燃料を吐出する。

【0184】

このように、上記実施形態によれば、燃料の噴射間隔 $I n t$ が必要時間 $T m i n$ よりも短い場合、噴射間吐出制御から個別制御に切り替えることで、噴射間吐出制御を実行する場合に比して、燃料噴射量に対する燃料吐出量を増大させることが可能になる。

【0185】

また、本実施形態では、個別制御において設定される固定の周期を、高圧燃料ポンプ 4

10

20

30

40

50

0からの燃料吐出量が最大吐出量となり、且つ最速の駆動周期となるように設定している。そのため、個別制御を実行することで、単位時間あたりの燃料吐出量を最大にすることもでき、燃料噴射量に対して燃料吐出量が過度に少なくなることも抑制できる。

【0186】

(4-7)高圧燃料ポンプ40から燃料を1回吐出する際には相応の時間が必要となる。本実施形態では、吐出回数設定部411は、必要吐出回数 T_{nf} の燃料吐出を実行する際の上記加算時間 T_{ad} が噴射間隔 I_{nt} を超えている場合には、吐出回数 T_n として、最大吐出回数算出部402によって算出された最大吐出回数 T_{nmax} と同じ数を設定する。これにより、吐出回数設定部411によって設定される吐出回数 T_n の上限が最大吐出回数 T_{nmax} に制限される。すなわち、吐出比率の上限が噴射間隔 I_{nt} に基づいて制限されることとなる。そのため、燃料ポンプから燃料を吐出する際に必要となる時間が、燃料噴射弁15からの燃料の噴射間隔よりも長くなることを抑えることができる。したがって、限られた期間である燃料の噴射間隔 I_{nt} 内で燃料の吐出回数を実現不可能な値に設定されることを抑えることができ、高圧燃料ポンプ40の駆動を適切にできる。

10

【0187】

なお、こうして吐出比率の上限を設定すると、必要吐出回数 T_{nf} よりも少ない回数で燃料吐出が実行されることもある。吐出回数 T_n が必要吐出回数 T_{nf} よりも少ない回数に制限されている状況が所定時間継続して生じている場合には、噴射間吐出制御から個別制御に切り替えるといった制御態様を採用してもよい。こうした構成を採用した場合、個別制御を実行して燃料圧力 P_r が相応に高まったときに噴射間吐出制御へと切り替えればよい。こうした構成では、吐出比率が制限される構成を採用した場合であっても高圧燃料配管34内の燃料圧力 P_r の低下を抑えることができる。

20

【0188】

上記各実施形態は、以下のように変更して実施することができる。上記各実施形態及び以下の変更例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

・第1実施形態及び第2実施形態では、吐出要否判定部113は、燃圧偏差 P に基づいて高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であるか否かを判定した。高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であるか否かの判定はこれに限らない。例えば、吐出要否判定部113は、要求燃料噴射量算出部106によって算出された要求燃料噴射量 Q_t に基づいて、高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であるか否かを判定することも可能である。この場合、吐出要否判定部113は、要求燃料噴射量 Q_t が算出されるたびに積算することで要求燃料噴射量 Q_t の積算値 Q を算出し、該積算値 Q に基づいて高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であるか否かを判定することも可能である。また、吐出要否判定部113は、積算値 Q ではなく、例えば算出された要求燃料噴射量 Q_t などの他のパラメータの大小に基づいて高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出が必要であるか否かを判定することも可能である。

30

【0189】

・第1実施形態及び第2実施形態では、吐出回数設定部114, 122は、燃圧偏差 P に基づいて吐出回数 T_n を設定したが、吐出回数 T_n の設定態様はこれに限らない。例えば、吐出回数設定部114, 122は、要求燃料噴射量 Q_t に基づいて吐出回数 T_n を設定することも可能である。また、噴射間吐出制御実行部112において、高圧燃料ポンプ40の通電時間と吐出量との関係を示すポンプ特性を学習し、学習したポンプ特性を吐出回数 T_n の設定に反映させるようにしてもよい。

40

【0190】

・第1実施形態及び第2実施形態では、吐出要否判定部113において高圧燃料ポンプ40からの燃料吐出の要否の判定に用いられる燃圧偏差 P の所定値を、高圧燃料ポンプ40の最大吐出量分の燃料を該高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34に供給したときの燃料圧力 P_r の変化量よりも若干小さい値に設定した。所定値は適宜変更が可能である。例えば、所定値を燃料圧力 P_r の変化量の半分の値に設定することもできるし、上記変化量と同じ値に設定することもできる。所定値を大きい値側に設定することで、吐出要否

50

判定部 113 において燃料吐出が不要であると判定されやすくすることができる。

【0191】

・第2実施形態では、燃圧偏差 P が所定値以上となり、吐出要否判定部 113 が高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定したときに、吐出回数設定部 122 が既に吐出回数 T_n を設定していた場合、再度吐出回数 T_n の設定を行わず、既に設定されている吐出回数 T_n を保持するようにした。こうした構成は適宜変更が可能である。例えば、吐出要否判定部 113 が高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出が必要であると判定したときに、吐出回数設定部 122 は燃料噴射が終了した後の燃圧偏差 P に基づいて再度吐出回数 T_n を設定してもよい。

【0192】

・第3実施形態では、吐出比率設定部 132 は、負荷 KL が高いときには、該負荷 KL が低いときに比して高い値になるように段階的に吐出比率を設定した。こうした構成に代えて、吐出比率設定部 132 は、負荷 KL が高いときには、該負荷 KL が低いときに比して高い値になるように直線状に吐出比率を設定することも可能である。

【0193】

・第4実施形態において、目標吐出量算出部 409 は、要求燃料噴射量 Q_t と燃圧偏差 P とに基づいて目標吐出量 TP_t を算出したが、目標吐出量 TP_t の算出態様はこれに限らない。例えば、目標吐出量算出部 409 は、内燃機関 10 の負荷 KL と機関回転速度 NE とに基づいて目標吐出量 TP_t を算出してもよい。

【0194】

この場合、図 15 に示すように、目標吐出量算出部 409 は、内燃機関 10 の負荷 KL が高いときには該負荷 KL が低いときに比して多くなるように目標吐出量 TP_t を算出し、且つ機関回転速度 NE が高いときには該機関回転速度 NE が低いときに比して多くなるように目標吐出量 TP_t を算出する。

【0195】

内燃機関 10 の負荷 KL が大きいときには該負荷 KL が小さいときに比して燃料噴射弁 15 からの 1 回の燃料噴射量が多くなる。また、内燃機関 10 の機関回転速度 NE が高いときには燃料の噴射間隔 Int が短くなることから、該機関回転速度 NE が低いときに比して高圧燃料配管 34 における燃料圧力 Pr を高く設定する必要がある。したがって、この構成のように、高圧燃料ポンプ 40 の目標吐出量 TP_t を算出することで、高圧燃料配管 34 における燃料の圧力を適切に制御することができる。

【0196】

また、目標吐出量算出部 409 は、目標燃圧 P_t と要求燃料噴射量 Q_t とに基づいて目標吐出量 TP_t を算出してもよい。

・第4実施形態では、燃料の噴射間隔 Int と必要時間 T_{min} とに基づいて、噴射間吐出制御と個別制御とで切り替えるようにしていた。この構成では、高圧燃料ポンプ 40 が燃料の吐出を 1 回行うときには、必要時間 T_{min} をリフト時間 T_i と等しい時間としていた。必要時間 T_{min} の設定はこれに限らない。例えば、高圧燃料ポンプ 40 が燃料の吐出を 1 回行うときの必要時間 T_{min} をリフト時間 T_i と準備時間との和に等しい時間とすることも可能である。この場合、最大吐出回数算出部 402 は、燃料の噴射間隔 Int がリフト時間 T_i と準備時間との和に等しい時間未満であるときに最大吐出回数 T_{max} を 0 に設定する。

【0197】

・第4実施形態では、吐出要否判定部 407 において高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出の要否の判定に用いられる Q の判定値を、高圧燃料ポンプ 40 の最大吐出量の半分の量に設定した。判定値は適宜変更が可能である。例えば、判定値を燃料圧力 Pr の最大吐出量と同じ量に設定することもできる。判定値を大きい値側に設定することで、吐出要否判定部 407 において燃料吐出が不要であると判定されやすくすることができる。

【0198】

・第4実施形態では、個別制御における通電周期を高圧燃料ポンプ 40 からの燃料吐出

10

20

30

40

50

量が最大吐出量となり、且つ最速の駆動周期となる固定の周期に設定したが、固定の周期は他の周期を採用することも可能である。

【 0 1 9 9 】

・第2実施形態及び第4実施形態では、噴射間隔 $I n t$ を、燃料噴射が終了してから次の燃料噴射が開始するまでの時間として算出した。噴射間隔 $I n t$ の算出態様はこれに限らない。例えば、燃料噴射が開始してから次の燃料噴射が開始するまでの時間、燃料噴射が開始してから次の燃料噴射が終了するまでの時間、及び燃料噴射が終了してから次の燃料噴射が終了するまでの時間を噴射間隔 $I n t$ として算出してもよい。

【 0 2 0 0 】

・上記各実施形態では、内燃機関の運転状態に応じて吐出回数を変更することで吐出比率を変更した。こうした構成に代えて、内燃機関の運転状態に応じて吐出比率を変更する吐出比率設定部を備え、該吐出比率設定部によって設定された吐出比率となるように、高圧燃料ポンプ40の吐出回数 $T n$ を設定する構成を採用することも可能である。なお、こうした場合であっても、吐出比率の上限を、燃料の噴射間隔 $I n t$ に基づいて制限することが望ましい。また、内燃機関の運転状態に応じて吐出回数を変更することで吐出比率を変更する場合、及び内燃機関の運転状態に基づいた吐出比率を設定することで該吐出比率を変更する場合の双方において、次のように吐出比率が設定される。

【 0 2 0 1 】

図16に示すように、機関回転速度 $N E$ が高いときには、該機関回転速度 $N E$ が低いときに比して、吐出比率を小さくする。また、図17に示すように、燃料の噴射間隔 $I n t$ が短いときには、該噴射間隔 $I n t$ が長いときに比して、吐出比率を小さくする。内燃機関10の運転状態が、例えば高回転低負荷状態のときには、低回転低負荷のときに比して、噴射間隔 $I n t$ が短くなる。この場合、吐出比率を小さくすることで、噴射間隔 $I n t$ 内で燃料吐出を完了することができる。なお、この例では内燃機関10の運転状態が低負荷であり、目標吐出量 $T P t$ が少ないことから、吐出比率が小さい場合であっても、高圧燃料ポンプ40から高圧燃料配管34へ目標吐出量 $T P t$ 分の燃料を吐出することはできる。

【 0 2 0 2 】

また、内燃機関10の負荷 $K L$ と機関回転速度 $N E$ との双方に基づいて吐出比率をマップ演算により算出して設定することも可能である。こうした構成を採用した場合、複数の演算式などを経て吐出比率を算出する場合に比して、吐出比率を算出する際の演算負荷を軽減できる。

【 0 2 0 3 】

また、図18に示すように、目標吐出量 $T P t$ が多いときには、該目標吐出量 $T P t$ が少ないときに比して吐出比率を高くするといった構成も採用できる。なお、内燃機関の運転状態の変化に応じて吐出回数を変更することで吐出比率を変更する場合、吐出回数を小さくすることによって、吐出比率を小さくすることができる。

【 0 2 0 4 】

・上記各実施形態における噴射間吐出制御では、 N 回目の燃料噴射と $N + 1$ 回目の燃料噴射との間において、 N 回目の燃料噴射が終了してから準備時間が経過したタイミングを所定のタイミングとして燃料吐出を開始するようにしていた。噴射間吐出制御における所定のタイミングは適宜変更が可能である。例えば、準備時間を考慮せずに N 回目の燃料噴射の終了タイミング $F e$ を吐出開始タイミング $T s$ として算出してもよい。この場合には、燃料噴射が終了したタイミングで燃料吐出が開始される。また、 N 回目の燃料噴射の開始タイミングよりも遅く、該燃料噴射の終了タイミング $F e$ よりも早い所定のタイミングを吐出開始タイミング $T s$ として算出する構成を採用してもよい。この場合、 N 回目の燃料噴射の噴射期間内の所定のタイミングで燃料吐出が開始される。上記構成において、燃料吐出の終了タイミングを N 回目の燃料噴射が終了してから $N + 1$ 回目の燃料噴射が開始されるまでの間とすることで、噴射間吐出制御において、燃料噴射弁15からの N 回目の燃料噴射の噴射期間のみと重なるように燃料吐出を実行することができる。また、上記構

10

20

30

40

50

成において、燃料吐出の終了タイミングをN + 1回目の燃料噴射が開始してからN + 1回目の燃料噴射が終了するまでの間とすることで、噴射間吐出制御において、燃料噴射弁15からのN回目の燃料噴射及びN + 1回目の燃料噴射の双方の噴射期間と重なるように燃料吐出を実行することができる。また、噴射間吐出制御において、燃料噴射弁15からのN + 1回目の燃料噴射の噴射期間のみと重なるように燃料吐出を実行することも可能である。この構成は、例えば、N + 1回目の燃料噴射の開始タイミングよりも遅いタイミングで燃料吐出を開始し、N + 1回目の燃料噴射の終了タイミングF eよりも早いタイミングで燃料吐出を終了するといった構成を採用することで実現することができる。また、燃料吐出の開始タイミングをN回目の燃料噴射が終了してからN + 1回目の燃料噴射が開始されるまでの間に設定し、N + 1回目の燃料噴射の開始タイミングよりも遅く終了タイミングよりも早いタイミングで燃料吐出を終了するといった構成を採用することによっても実現できる。このように、N回目の燃料噴射とN + 1回目の燃料噴射との間とは、N回目の燃料噴射の開始タイミングからN + 1回目の燃料噴射の終了タイミングの所定の期間が相当する。

10

20

30

40

50

【0205】

・上記各実施形態において、待機時間の設定は適宜変更が可能である。例えば、待機時間は、高圧燃料ポンプ40へ通電制御を終了し、高圧燃料ポンプ40のプランジャ75の凸条75Bが挿通部56に当接している状態から、該プランジャ75が突出部83に当接するまで上記他方側に移動する際に係る時間よりも短い時間や長い時間に設定することも可能である。また、同様に高圧燃料ポンプ40への通電時間であるリフト時間T iを適宜変更して設定することも可能である。

【0206】

・上記各実施形態では、吐出比率を1よりも小さい値から、1よりも大きい値の範囲で設定するようにした。こうした構成に代えて、吐出比率を1よりも大きい範囲で設定するようにすることで、1回の燃料噴射に対して必ず1回以上の燃料吐出が行われるようにしてもよい。また、吐出比率を1よりも小さい範囲で設定するようにすることで、常に1回の燃料噴射に対する燃料吐出の回数が1回よりも小さくなるようにしてもよい。

【0207】

・高圧燃料ポンプ40によって燃料タンク31内の燃料を吸引するようにしてもよい。この場合、低圧燃料ポンプ32や低圧燃料配管33は省略できる。

・高圧燃料ポンプ40の構成は適宜変更が可能である。例えば、プランジャ75を、磁性素材とは異なる素材によって構成されていてシリンダ57に挿通されている丸棒部と、該丸棒部の一端に連結されていて磁性素材からなる磁性部とから構成する。そして、該磁性部をコイル85に通電することで発生する磁界によって移動させることにより、プランジャ75を変位させて加圧室78の容積を変化させるといった構成を採用することも可能である。要は、通電を行うことによってプランジャ75を往復動させることが可能であり、プランジャ75を往復動させることで燃料を吸引する吸引機能と、吸引した燃料を加圧して吐出する吐出機能とを果たす燃料ポンプであれば、上記各実施形態と同様の燃料ポンプの制御装置を適用することができる。

【0208】

・燃料ポンプの制御装置100, 400は、燃料噴射弁15の駆動を制御する機能やスロットルバルブ21の駆動を制御する機能を有していた。燃料ポンプの制御装置100, 400とは異なる制御部にこれらの機能を持たせることは可能である。この場合、制御装置100, 400と制御部とを通信可能な構成とし、互いに必要な情報を送受信させることで、上記各実施形態と同様に燃料ポンプの駆動を制御することができる。

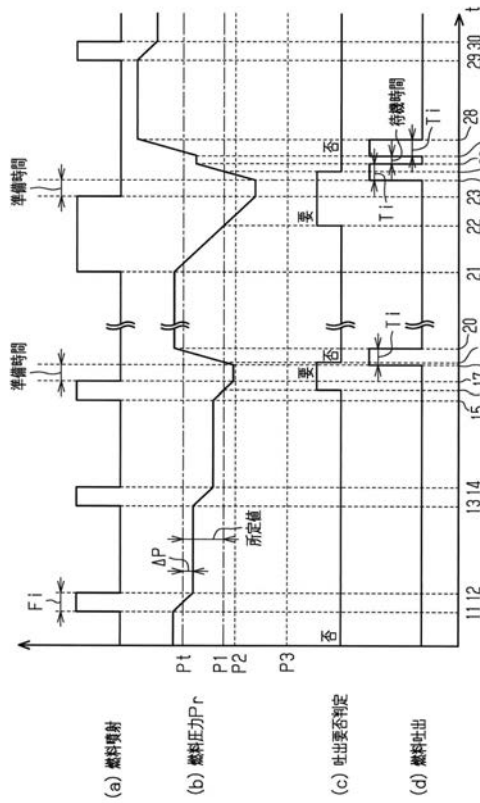
【符号の説明】

【0209】

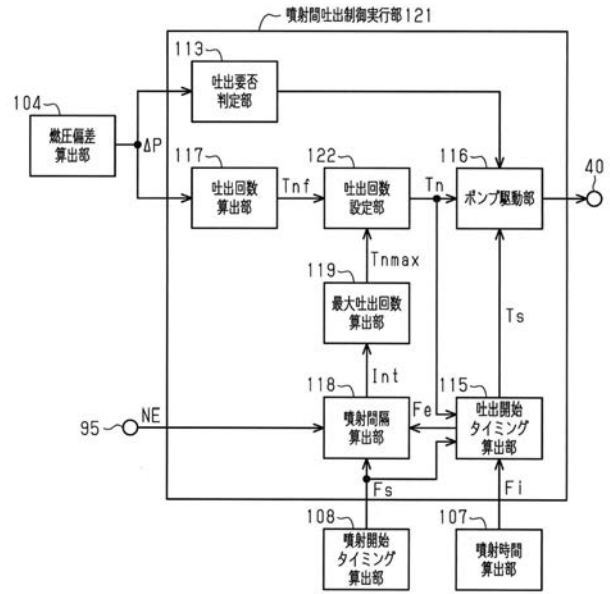
10...内燃機関、11...機関本体、12...吸気通路、13...吸気マニホールド、13A...サージタンク、13B...吸気導入部、13C...吸気分岐部、14...吸気管、15...燃料噴射弁、16...点火プラグ、17...排気通路、18...排気マニホールド、18A...排気分

岐部、18B...排気合流部、19...排気管、20...触媒、21...スロットルバルブ、30...燃料供給装置、31...燃料タンク、32...低圧燃料ポンプ、33...低圧燃料配管、34...高圧燃料配管、34A...吐出配管、34B...導出配管、40...高圧燃料ポンプ、50...ポンプ部、51...ハウジング、52...本体部、53...第1直交孔、53A...第1小径部、53B...第1大径部、54...第2直交孔、54A...第2小径部、54B...第2大径部、55...フランジ部、56...挿通部、57...シリンダ、60...吸入弁、61...吸入通路、61A...第1吸入路、61B...第2吸入路、61C...第3吸入路、62...第1逆止弁、63...第1弁体、63A...第1付勢部、63B...第1膨出部、64...第1ばね、70...吐出弁、71...吐出通路、71A...第1吐出路、71B...第2吐出路、71C...第3吐出路、72...第2逆止弁、73...第2弁体、73A...第2付勢部、73B...第2膨出部、74...第2ばね、75...プランジャ、75A...凹条、75B...凸条、76...台座、76A...中央部、76B...湾曲部、76C...平板部、77...圧縮ばね、78...加圧室、80...ケース部、81...下壁、82...周側壁、83...突出部、84...上壁、84A...貫通孔、85...コイル、90...エアフロメータ、91...空燃比センサ、92...圧力センサ、93...燃料温度センサ、94...コイル温度センサ、95...クランク角センサ、96...アクセルセンサ、97...車速センサ、100...制御装置、101...目標回転速度算出部、102...目標トルク算出部、103...目標燃圧算出部、104...燃圧偏差算出部、105...噴射フィードバック量算出部、106...要求燃料噴射量算出部、107...噴射時間算出部、108...噴射開始タイミング算出部、109...燃料噴射弁駆動部、110...目標スロットル開度算出部、111...スロットル駆動部、112...噴射間吐出制御実行部、113...吐出要否判定部、114...吐出回数設定部、115...吐出開始タイミング算出部、116...ポンプ駆動部、117...吐出回数判定部、118...噴射間隔算出部、119...最大吐出回数算出部、120...バッテリー、121...噴射間吐出制御実行部、122...吐出回数設定部、130...噴射間吐出制御実行部、131...負荷算出部、132...吐出比率設定部、400...制御装置、401...噴射間隔算出部、402...最大吐出回数算出部、403...ポンプ特性学習部、404...制御切り替え部、405...噴射間吐出制御実行部、406...個別制御実行部、407...吐出要否判定部、408...吐出開始タイミング算出部、409...目標吐出量算出部、410...吐出回数算出部、411...吐出回数設定部、412...第1ポンプ駆動部、413...吐出周期記憶部、414...第2ポンプ駆動部。

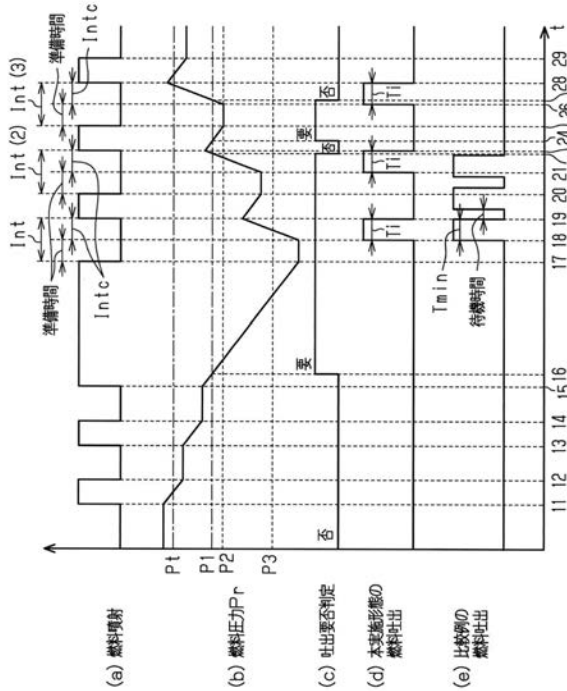
【図6】



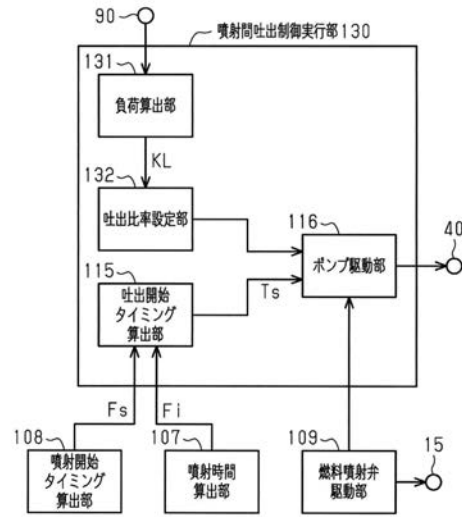
【図7】



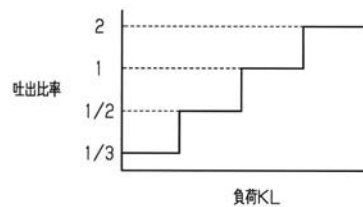
【図8】



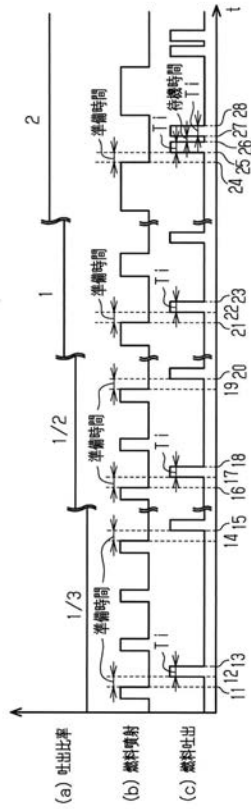
【図9】



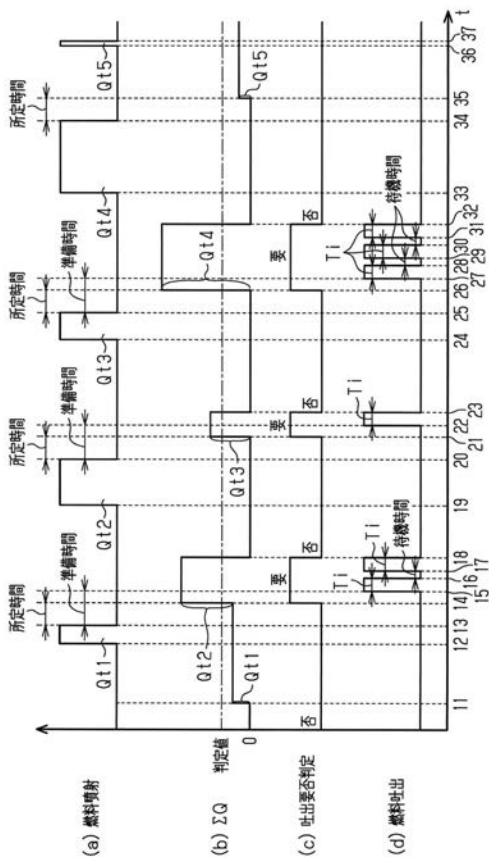
【図10】



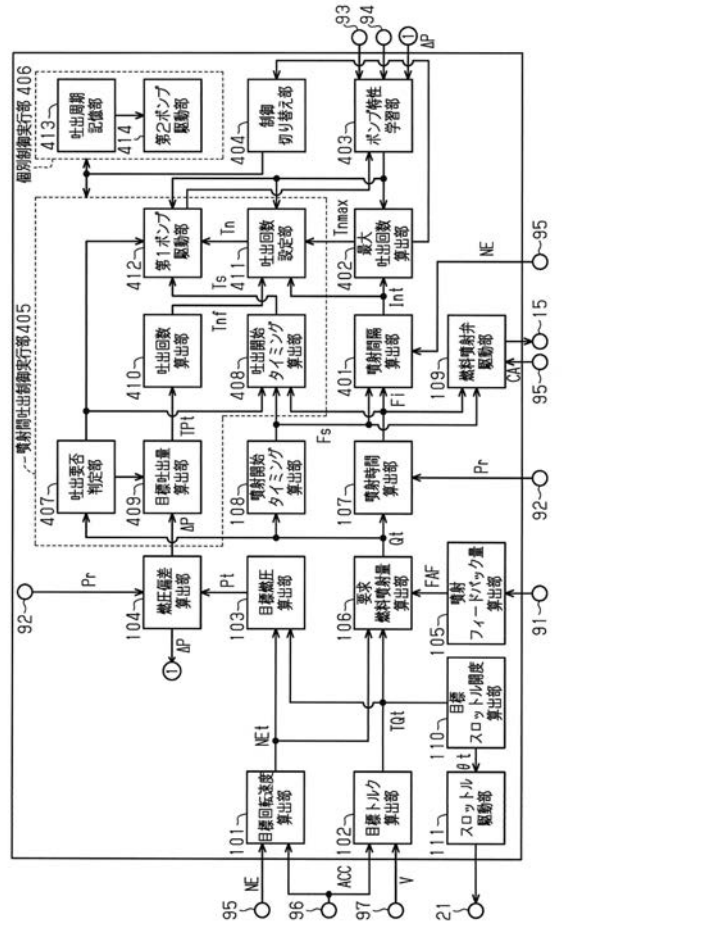
【 図 1 1 】



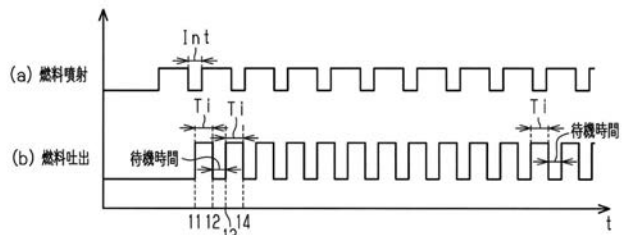
【 図 1 3 】



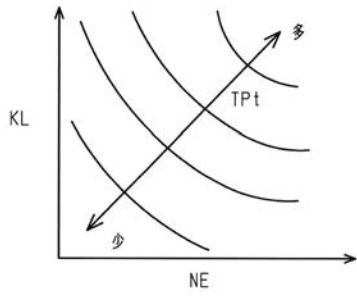
【 図 1 2 】



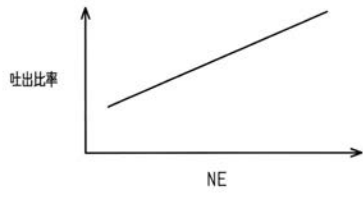
【 図 1 4 】



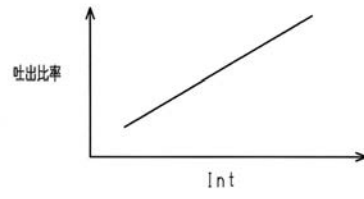
【图 1 5】



【图 1 6】



【图 1 7】



【图 1 8】

