

(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2015-14221

(P2015-14221A)

(43) 公開日 平成27年1月22日(2015.1.22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2M 59/36 (2006.01)	FO2M 59/36	3G066
FO2M 59/34 (2006.01)	FO2M 59/34	3H106
FO2M 51/00 (2006.01)	FO2M 51/00 F	
F16K 31/06 (2006.01)	F16K 31/06 310A	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-140292 (P2013-140292)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成25年7月4日 (2013.7.4)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100098420
			弁理士 加古 宗男
		(72) 発明者	坂本 雄紀
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		Fターム(参考)	3G066 BA12 CA04U CD26 CE22
			3H106 DA07 DA13 DA23 DB02 DB12
			DB23 DB32 DC02 DC17 DD09
			EE10 FB27 FB28 FB45 FB46
			KK18

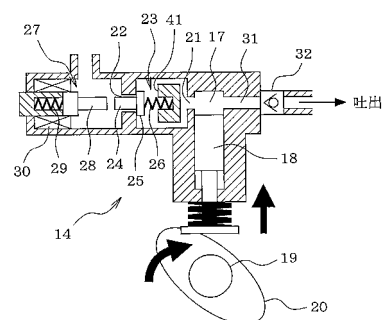
(54) 【発明の名称】 高圧ポンプの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 高圧ポンプの制御モード切り替え時の燃圧変動を抑制する。

【解決手段】 高圧ポンプ14の電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の通電開始時期を制御して調量弁23の閉弁タイミングを制御することで燃料吐出量を制御して燃圧を制御する燃圧制御を行う。所定の音低減条件が成立したときには電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減する電力低減モードで電磁アクチュエータ27の駆動制御を実行して閉弁制御時の騒音を低減する。更に、通常モードと電力低減モードとの間で燃圧制御の操作量（フィードフォワード項Tffやフィードバック項Tfb）を切り替える。これにより、制御モードを切り替えたときに、電磁アクチュエータ27の通電開始時期T（=Tff+Tfb）を切り替え後の制御モードに対応した通電開始時期に速やかに切り替えて、電磁アクチュエータ27の駆動電力の変化による調量弁23の閉弁タイミングの変化を抑制する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料の吸入口（２１）と吐出口（３１）を有するポンプ室（１７）と、該ポンプ室（１７）内で往復運動するプランジャ（１８）と、前記吸入口（２１）側を開閉する調量弁（２３）と、該調量弁（２３）を開閉移動させる電磁アクチュエータ（２７）とを備えた高圧ポンプ（１４）の制御装置において、

前記電磁アクチュエータ（２７）の通電開始時期を制御して前記調量弁（２３）の閉弁時期を制御することで前記高圧ポンプ（１４）の燃料吐出量を制御して燃料圧力（以下「燃圧」という）を制御する燃圧制御を実行する燃圧制御手段（４０）と、

所定の条件が成立したときに前記電磁アクチュエータ（２７）の駆動電力を通常モードよりも低減した電力低減モードで前記電磁アクチュエータ（２７）を駆動する電磁アクチュエータ駆動制御手段（４０）とを備え、

前記燃圧制御手段（４０）は、前記通常モードと前記電力低減モードとの間で前記燃圧制御の操作量を切り替えることを特徴とする高圧ポンプの制御装置。

【請求項 2】

前記燃圧制御手段（４０）は、前記燃圧制御の際に要求燃料吐出量に基づいてフィードフォワード項を前記操作量として算出し、前記通常モードと前記電力低減モードとの間で前記フィードフォワード項を切り替えることを特徴とする請求項 1 に記載の高圧ポンプの制御装置。

【請求項 3】

前記燃圧制御手段（４０）は、前記燃圧制御の際に実燃圧と目標燃圧との差に基づいてフィードバック項を前記操作量として算出し、前記通常モードと前記電力低減モードとの間で前記フィードバック項を切り替えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の高圧ポンプの制御装置。

【請求項 4】

前記燃圧制御手段（４０）は、前記通常モードと前記電力低減モードとの間で前記フィードバック項のゲインと学習値と学習速度のうちの少なくとも一つを切り替えることを特徴とする請求項 3 に記載の高圧ポンプの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高圧ポンプの吸入口側を開閉するための電磁アクチュエータを備えた高圧ポンプの制御装置に関する発明である。

【背景技術】

【0002】

気筒内に燃料を直接噴射する筒内噴射式エンジンは、吸気ポートに燃料を噴射する吸気ポート噴射式エンジンと比較して、噴射から燃焼までの時間が短く、噴射燃料を霧化させる時間を十分に稼ぐことができないため、噴射圧力を高圧にして噴射燃料を微粒化する必要がある。そのため、筒内噴射式エンジンでは、電動式の低圧ポンプで燃料タンクから汲み上げた燃料を、エンジンの動力で駆動される高圧ポンプに供給し、この高圧ポンプから吐出される高圧の燃料を燃料噴射弁へ圧送するようにしている。

【0003】

このような高圧ポンプにおいては、例えば、高圧ポンプの吸入口側を開閉する調量弁と、この調量弁を開閉移動させる電磁アクチュエータとを設け、この電磁アクチュエータの通電開始時期を制御して調量弁の閉弁タイミングを制御することで高圧ポンプの燃料吐出量を制御して燃圧（燃料圧力）を制御する燃圧制御を行うようにしたものがある。

【0004】

また、高圧ポンプの騒音を低減する技術として、例えば、特許文献 1（特表 2010-533820 号公報）に記載されているように、高圧ポンプの電磁弁に通電して閉弁する際の電流値を閉弁可能な最小電流値とすることで、閉弁速度を低下させて閉弁制御時に発

10

20

30

40

50

生する振動を抑制するように電磁弁の駆動を制御するものがある。

【0005】

ここで、高圧ポンプの制御のうち、電磁アクチュエータ（電磁弁）の駆動制御と燃圧制御との違いについて説明する。

電磁アクチュエータの駆動制御は、電磁アクチュエータの電力や電流の低減により、振動（騒音）を防止する制御であり、電磁弁の閉弁応答遅れを制御するものである。

【0006】

一方、燃圧制御は、所定燃圧に収束させるために、電磁アクチュエータの通電開始時期を制御して調量弁の閉弁タイミングを所定の燃料吐出量になるように制御するものであり、調量弁の閉弁タイミングを制御するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特表2010-533820号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本出願人は、所定の条件が成立したとき（例えば高圧ポンプの閉弁制御時に発生する騒音が運転者に聞こえ易い状態のとき）に高圧ポンプの電磁アクチュエータの駆動電力を通常モードよりも低減する電力低減モードで電磁アクチュエータの駆動制御を実行することで騒音を低減するシステムを研究しているが、その研究過程で次のような新たな課題が判明した。

【0009】

電磁アクチュエータの駆動制御モードを通常モードと電力低減モードとの間で切り替えると、電磁アクチュエータの駆動電力低減による電磁弁閉弁速度低下に伴う閉弁応答遅れの増加によって調量弁の閉弁タイミングが変化して燃料吐出期間が変化する。このため、制御モードの切り替え時に燃料吐出量が変動して燃圧が変動してしまうという問題がある。

【0010】

そこで、本発明が解決しようとする課題は、電磁アクチュエータの駆動制御の制御モード切り替え時の燃圧変動を抑制することができる高圧ポンプの制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、請求項1に係る発明は、燃料の吸入口（21）と吐出口（31）を有するポンプ室（17）と、該ポンプ室（17）内で往復運動するプランジャ（18）と、吸入口（21）側を開閉する調量弁（23）と、該調量弁（23）を開閉移動させる電磁アクチュエータ（27）とを備えた高圧ポンプ（14）の制御装置において、電磁アクチュエータ（27）の通電開始時期を制御して調量弁（23）の閉弁時期（閉弁タイミング）を制御することで高圧ポンプ（14）の燃料吐出量を制御して燃料圧力（以下「燃圧」という）を制御する燃圧制御を実行する燃圧制御手段（40）と、所定の条件が成立したときに電磁アクチュエータ（27）の駆動電力を通常モードよりも低減した電力低減モードで電磁アクチュエータ（27）を駆動する電磁アクチュエータ駆動制御手段（40）とを備え、燃圧制御手段（40）は、通常モードと電力低減モードとの間で燃圧制御の操作量を切り替えるようにしたものである。

【0012】

この構成では、通常モードと電力低減モードとの間で燃圧制御の操作量を切り替えることで、電磁アクチュエータ（電磁弁）の駆動制御モードを切り替えたときに電磁アクチュエータの通電開始時期を切り替え後の制御モードに対応した通電開始時期に速やかに切り替えることができる。これにより、電磁アクチュエータの駆動電力低減による電磁弁閉弁

10

20

30

40

50

速度低下に伴う閉弁応答遅れの増加時においても調量弁の閉弁タイミングの変化を抑制して燃料吐出期間の変化を抑制することができる。その結果、制御モード切り替え時の燃料吐出量の変動を抑制して燃圧変動を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は本発明の一実施例における筒内噴射式エンジンの燃料供給システムの概略構成を示す図である。

【図2】図2は高圧ポンプの燃料吸入時の状態を示す概略構成図である。

【図3】図3は高圧ポンプの燃料吐出時の状態を示す概略構成図である。

【図4】図4は通常モードと電力低減モードを説明するタイムチャートである。

10

【図5】図5は制御モード切り替え時の燃圧変動を説明するタイムチャートである。

【図6】図6は操作量切り替えの実行例を示すタイムチャートである。

【図7】図7は操作量切り替えの効果を説明するタイムチャートである。

【図8】図8は燃圧制御ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】図9はF/F項のマップの一例を概念的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明を実施するための形態を具体化した一実施例を説明する。

図1に示すように、燃料を貯溜する燃料タンク11内には、燃料を汲み上げる低圧ポンプ12が設置されている。この低圧ポンプ12は、バッテリー（図示せず）を電源とする電動モータ（図示せず）によって駆動される。この低圧ポンプ12から吐出される燃料は、燃料配管13を通して高圧ポンプ14に供給される。燃料配管13には、プレッシャレギュレータ15が接続され、このプレッシャレギュレータ15によって低圧ポンプ12の吐出圧力（高圧ポンプ14への燃料供給圧力）が所定圧力に調圧され、その圧力を越える燃料の余剰分が燃料戻し配管16により燃料タンク11内に戻されるようになっている。

20

【0015】

図2及び図3に示すように、高圧ポンプ14は、円筒状のポンプ室17内でプランジャ18を往復運動させて燃料を吸入／吐出するプランジャポンプであり、プランジャ18は、エンジンのカム軸19に嵌着されたカム20の回転運動によって駆動される。この高圧ポンプ14の吸入口21側には、燃料通路22を開閉する調量弁23と、この調量弁23を開閉移動させる電磁アクチュエータ27（電磁弁）が設けられている。

30

【0016】

電磁アクチュエータ27は、移動可能な可動部28と、この可動部28を開側位置（図2参照）へ付勢するスプリング29と、可動部28を閉側位置（図3参照）へ電磁駆動するソレノイド30（コイル）等で構成されている。調量弁23は、電磁アクチュエータ27の可動部28により開弁方向に押圧される押圧部24と、燃料通路22を開閉する弁体25と、この弁体25を閉弁方向に付勢するスプリング26等で構成されている。また、高圧ポンプ14の吐出口31側には、吐出した燃料の逆流を防止する逆止弁32が設けられている。

【0017】

図2に示すように、電磁アクチュエータ27の非通電時（ソレノイド30への通電のオフ時）には、電磁アクチュエータ27のスプリング29の付勢力により可動部28が開側位置へ移動するため、可動部28により調量弁23の押圧部24が押圧されて弁体25が開弁方向に移動して開弁し、燃料通路22が開放される。

40

【0018】

一方、図3に示すように、電磁アクチュエータ27の通電時（ソレノイド30への通電のオン時）には、電磁アクチュエータ27のソレノイド30の電磁吸引力により可動部28が閉側位置へ移動するため、調量弁23のスプリング26の付勢力とプランジャ18によるポンプ室17内の燃圧の上昇に伴う燃料の圧力により弁体25が閉弁方向に移動して閉弁し、燃料通路22が閉鎖される。

50

【0019】

図2に示すように、高圧ポンプ14の吸入行程（プランジャ18の下降時）において調量弁23の弁体25が開弁してポンプ室17内に燃料が吸入され、図3に示すように、高圧ポンプ14の吐出行程（プランジャ18の上昇時）において調量弁23の弁体25が閉弁してポンプ室17内の燃料が吐出されるように電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の通電を制御する。

【0020】

その際、電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の通電開始時期を制御して調量弁23の閉弁タイミングを制御することで、高圧ポンプ14の燃料吐出量を制御して燃圧（燃料圧力）を制御する。例えば、燃圧を上昇させるときには、電磁アクチュエータ27の通電開始時期を進角させて調量弁23の閉弁開始時期を進角させることで、調量弁23の閉弁タイミングを進角し、閉弁している期間を長くして高圧ポンプ14の吐出流量を増加させる。逆に、燃圧を低下させるときには、電磁アクチュエータ27の通電開始時期を遅角させて調量弁23の閉弁タイミングを遅角させることで、調量弁23の閉弁している期間を短くして高圧ポンプ14の吐出流量を減少させる。

【0021】

図1に示すように、高圧ポンプ14から吐出された燃料は、高圧燃料配管33を通してデリバリパイプ34に送られ、このデリバリパイプ34からエンジンの各気筒に取り付けられた燃料噴射弁35に高圧の燃料が分配される。デリバリパイプ34（又は高圧燃料配管33）には、高圧燃料配管33やデリバリパイプ34等の高圧燃料通路内の燃圧（高圧系の燃圧）を検出する燃圧センサ36が設けられている。

【0022】

また、エンジンには、吸入空気量を検出するエアフローメータ37や、クランク軸（図示せず）の回転に同期して所定のクランク角毎にパルス信号を出力するクランク角センサ38が設けられている。このクランク角センサ38の出力信号に基づいてクランク角やエンジン回転速度が検出される。更に、エンジンのシリンダブロックには、冷却水温（冷却水の温度）を検出する冷却水温センサ39が設けられている。

【0023】

これら各種センサの出力は、電子制御ユニット（以下「ECU」と表記する）40に入力される。このECU40は、マイクロコンピュータを主体として構成され、内蔵されたROM（記憶媒体）に記憶された各種のエンジン制御用のプログラムを実行することで、エンジン運転状態に応じて、燃料噴射量、点火時期、スロットル開度（吸入空気量）等を制御する。

【0024】

また、ECU40は、高圧ポンプ14の電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の通電開始時期を制御して調量弁23の閉弁タイミングを制御することで高圧ポンプ14の燃料吐出量を制御して燃圧を制御する燃圧制御を行う。この燃圧制御では、エンジン運転状態等に応じて設定された要求燃料吐出量に基づいてF/F項（フィードフォワード項） T_{ff} を算出すると共に、燃圧センサ36で検出した実燃圧と目標燃圧との差に基づいてPI制御等によりF/B項（フィードバック項） T_{fb} を算出し、これらのF/F項 T_{ff} とF/B項 T_{fb} とを用いて通電開始時期T（例えば基準タイミングに対する進角量）を算出する。

$$T = T_{ff} + T_{fb}$$

【0025】

燃圧制御の際に高圧ポンプ14の調量弁23を閉弁させるときには、電磁アクチュエータ27のソレノイド30に駆動電流を通電して該電磁アクチュエータ27の可動部28を閉側位置に移動させることで調量弁23を閉弁させる閉弁制御を行う。しかし、閉弁制御時には、電磁アクチュエータ27の可動部28がストッパ部41（図2及び図3参照）に衝突して振動が発生し、この振動によって不快な騒音が発生する可能性があり、例えば、低速走行中や停車中は、閉弁制御時に発生する騒音が運転者に聞こえ易くなる。

【0026】

そこで、本実施例では、所定の音低減条件が不成立のとき（例えば高圧ポンプ14の閉弁制御時に発生する騒音が運転者に聞こえ難い状態のとき）には、図4に点線で示すように、通常モードで電磁アクチュエータ27の駆動制御を実行する。この通常モードの電磁アクチュエータ27の駆動制御では、閉弁制御の際に電磁アクチュエータ27のソレノイド30の駆動電流を通常モード用の電流値に制御する。これにより、ソレノイド30の電磁吸引力を速やかに増加させて可動部28を速やかに閉側位置へ移動させることで調量弁23を速やかに閉弁させる。

【0027】

一方、所定の音低減条件が成立したとき（例えば高圧ポンプ14の閉弁制御時に発生する騒音が運転者に聞こえ易い状態のとき）には、閉弁制御時に発生する騒音を低減するために、図4に実線で示すように、電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減する電力低減モードで電磁アクチュエータ27の駆動制御を実行する。この電力低減モードの電磁アクチュエータ27の駆動制御では、閉弁制御の際に電磁アクチュエータ27のソレノイド30の駆動電流を通常モード用の電流値よりも低い電力低減モード用の電流値に制御することで、電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減する。これにより、ソレノイド30の電磁吸引力を通常モードよりも小さくして可動部28及び調量弁23の移動速度を低下させる。これにより、可動部28がストップ部41に衝突する際に発生する振動を抑制して、閉弁制御時に発生する騒音を低減する。

【0028】

しかし、電磁アクチュエータ27の駆動制御の制御モードを通常モードと電力低減モードとの間で切り替えた場合に、何もしないと、図4に示すように、電磁アクチュエータ27の駆動電力低減による電磁弁閉弁速度低下に伴う閉弁応答遅れの増加によって調量弁23の閉弁タイミングが変化して燃料吐出期間が変化する。このため、図5に示すように、制御モード切り替え時に燃料吐出量の変動して燃圧が変動してしまうという問題がある。尚、その後、実燃圧と目標燃圧との差に基づいて算出される F/B 項 T_{fb} によって通電開始時期が徐々に補正されるため、燃圧の変動量が徐々に小さくなる。

【0029】

そこで、本実施例では、ECU40により後述する図8の燃圧制御ルーチンを実行することで、図6に示すように、通常モードと電力低減モードとの間で燃圧制御の操作量である F/F 項 T_{ff} 及び F/B 項 T_{fb} （例えば F/B 項 T_{fb} のゲインと学習値と学習速度のうちの少なくとも一つ）を切り替えるようにしている。

【0030】

通常モードと電力低減モードとの間で燃圧制御の操作量である F/F 項 T_{ff} 及び F/B 項 T_{fb} を切り替えることで、図7に示すように、制御モードを切り替えたときに、電磁アクチュエータ27の通電開始時期 $T (= T_{ff} + T_{fb})$ を切り替え後の制御モードに対応した通電開始時期に速やかに切り替えることができる。これにより、電磁アクチュエータ27の駆動電力低減による電磁弁閉弁速度低下に伴う閉弁応答遅れの増加時においても調量弁23の閉弁タイミングの変化を抑制して燃料吐出期間の変化を抑制することができる。その結果、操作量を切り替えない比較例に比べて、制御モード切り替え時の燃料吐出量の変動を抑制して燃圧変動を抑制することができる。

【0031】

以下、本実施例でECU40が実行する図8の燃圧制御ルーチンの処理内容を説明する。

図8に示す燃圧制御ルーチンは、ECU40の電源オン期間中（例えばイグニッションスイッチのオン期間中）に所定周期で繰り返し実行され、特許請求の範囲という燃圧制御手段としての役割を果たす。本ルーチンが起動されると、まず、ステップ101で、所定の音低減条件が成立しているか否かを、例えば、次の(1)～(5)の条件を全て満たすか否かによって判定する。

【0032】

- (1) バッテリ電圧が安定状態（バッテリ電圧＞所定値）であること
- (2) 低速走行中又は停車中（車速≤所定値）であること
- (3) アクセルオフ（アクセル開度＝0）であること
- (4) エンジン回転速度が安定状態（|目標回転速度－エンジン回転速度|≤所定値）

であること

- (5) 燃圧が安定状態（|目標燃圧－燃圧|≤所定値）であること

【0033】

ここで、上記(2)と(3)の条件は、閉弁制御時に発生する騒音が運転者に聞こえ易い状態であるか否かを判断するための条件である。

上記(1)～(5)の条件を全て満たせば、音低減条件が成立するが、上記(1)～(5)の条件のうちのいずれか1つでも満たさない条件があれば、音低減条件が不成立となる。

10

【0034】

このステップ101で、音低減条件が不成立と判定された場合には、通常モードで燃圧制御を実行する。この場合、まず、ステップ102で、燃圧センサ36で検出した実燃圧と目標燃圧との偏差を燃圧偏差 e として算出する。

$$e = \text{実燃圧} - \text{目標燃圧}$$

【0035】

この後、ステップ103に進み、図9に点線で示す通常モード用のF/F項 T_{ff1} のマップ又は数式等を用いて、要求燃料吐出量に応じた通常モード用のF/F項 T_{ff1} を算出する。この通常モード用のF/F項 T_{ff1} のマップ又は数式等は、予め試験データや設計データ等に基づいて、通常モードにおける電磁アクチュエータ27や調量弁23の応答遅れ、燃圧の昇圧時間等を考慮して、通常モードにおいてF/F項 T_{ff1} が要求燃料吐出量を実現できる通電開始時期になるように設定されている。

20

【0036】

この後、ステップ104に進み、燃圧偏差 e と通常モード用の比例ゲイン K_{p1} とを用いて通常モード用の比例項 $P1$ を算出する。

$$P1 = e \times K_{p1}$$

【0037】

この通常モード用の比例項 $P1$ （ $= e \times K_{p1}$ ）は、燃圧変化による誤差（ばらつき）を補正（吸収）するためのものである。また、通常モード用の比例ゲイン K_{p1} は、予め試験データや設計データ等に基づいて通常モードに適した値に設定されている。

30

【0038】

この後、ステップ105に進み、燃圧偏差 e の積分値 $\int e$ と通常モード用の積分ゲイン K_{i1} とを用いて通常モード用の積分項 $I1$ を算出する。

$$I1 = \int e \times K_{i1}$$

【0039】

この通常モード用の積分項 $I1$ （ $= \int e \times K_{i1}$ ）は、温度変化や個体差による誤差（ばらつき）を補正（吸収）するためのものである。また、通常モード用の積分ゲイン K_{i1} は、予め試験データや設計データ等に基づいて通常モードに適した値に設定されている。

【0040】

この後、ステップ106に進み、通常モード用の比例項 $P1$ （ $= e \times K_{p1}$ ）と通常モード用の積分項 $I1$ （ $= \int e \times K_{i1}$ ）とを用いて通常モード用のF/B項 T_{fb1} を算出する。

40

$$T_{fb1} = P1 + I1$$

ここで、通常モード用の積分項 $I1$ （ $= \int e \times K_{i1}$ ）が通常モード用のF/B項 T_{fb1} の学習値に相当し、この積分項 $I1$ の更新周期が学習速度に相当する。

【0041】

この後、ステップ107に進み、通常モード用のF/F項 T_{ff1} と通常モード用のF/B項 T_{fb1} とを用いて通常モード用の通電開始時期 $T1$ を算出する。

$$T1 = T_{ff1} + T_{fb1}$$

50

【0042】

この後、ステップ108に進み、通常モードの燃圧制御を実行する。この通常モードの燃圧制御では、電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の通電開始時期を通常モード用の通電開始時期T1に制御する。更に、電磁アクチュエータ27に通電して調量弁23を閉弁させる際の駆動電流を通常モード用の電流値に制御する。

【0043】

一方、上記ステップ101で、音低減条件が成立していると判定された場合には、高圧ポンプ14の閉弁制御時に発生する騒音が運転者に聞こえ易い状態であると判断して、電力低減モードで燃圧制御を実行する。この場合、まず、ステップ109で、燃圧センサ36で検出した実燃圧と目標燃圧との偏差を燃圧偏差eとして算出する。

$$e = \text{実燃圧} - \text{目標燃圧}$$

【0044】

この後、ステップ110に進み、図9に実線で示す電力低減モード用のF/F項Tff2のマップ又は数式等を用いて、要求燃料吐出量に応じた電力低減モード用のF/F項Tff2を算出する。この電力低減モード用のF/F項Tff2のマップ又は数式等は、予め試験データや設計データ等に基づいて、電力低減モードにおける電磁アクチュエータ27や調量弁23の応答遅れ、燃圧の昇圧時間等を考慮して、電力低減モードにおいてF/F項Tff2が要求燃料吐出量を実現できる通電開始時期になるように設定されている。これにより、通常モードと電力低減モードとの間でF/F項Tffを切り替えるようになっている。本実施例では、例えば、通常モード用のF/F項Tff1よりも電力低減モード用のF/F項Tff2の方が進角側になるように設定されている。

【0045】

この後、ステップ111に進み、燃圧偏差eと電力低減モード用の比例ゲインKp2とを用いて電力低減モード用の比例項P2を算出する。

$$P2 = e \times Kp2$$

【0046】

この電力低減モード用の比例項P2（ $= e \times Kp2$ ）は、燃圧変化による誤差（ばらつき）を補正（吸収）するためのものである。また、電力低減モード用の比例ゲインKp2は、予め試験データや設計データ等に基づいて電力低減モードに適した値に設定されている。これにより、通常モードと電力低減モードとの間で比例ゲインKpを切り替えるようになっている。本実施例では、例えば、通常モード用の比例ゲインKp1よりも電力低減モード用の比例ゲインKp2の方が小さくなるように設定されている。

【0047】

この後、ステップ112に進み、燃圧偏差eの積分値 $\int e$ と電力低減モード用の積分ゲインKi2とを用いて電力低減モード用の積分項I2を算出する。

$$I2 = \int e \times Ki2$$

【0048】

この電力低減モード用の積分項I2（ $= \int e \times Ki2$ ）は、温度変化や個体差による誤差（ばらつき）を補正（吸収）するためのものである。また、電力低減モード用の積分ゲインKi2は、予め試験データや設計データ等に基づいて電力低減モードに適した値に設定されている。これにより、通常モードと電力低減モードとの間で積分ゲインKiを切り替えるようになっている。本実施例では、例えば、通常モード用の積分ゲインKi1よりも電力低減モード用の積分ゲインKi2の方が小さくなるように設定されている。

【0049】

この後、ステップ113に進み、電力低減モード用の比例項P2（ $= e \times Kp2$ ）と電力低減モード用の積分項I2（ $= \int e \times Ki2$ ）とを用いて電力低減モード用のF/B項Tfb2を算出する。

$$Tfb2 = P2 + I2$$

ここで、電力低減モード用の積分項I2（ $= \int e \times Ki2$ ）が電力低減モード用のF/B項Tfb2の学習値に相当し、この積分項I2の更新周期が学習速度に相当する。

【0050】

本実施例では、通常モードと電力低減モードとの間で積分ゲイン K_i を切り替えることで積分項 I （つまり F/B 項 T_{fb} の学習値）を切り替えるようになっている。更に、通常モードと電力低減モードとの間で積分項 I の更新周期（つまり学習速度）を切り替えるようにしても良い。このようにして、通常モードと電力低減モードとの間で F/B 項 T_{fb} の比例ゲイン K_p や学習値（積分項 I ）や学習速度を切り替えることで F/B 項 T_{fb} を切り替えるようになっている。

【0051】

この後、ステップ114に進み、電力低減モード用の F/F 項 T_{ff2} と電力低減モード用の F/B 項 T_{fb2} とを用いて電力低減モード用の通電開始時期 T_2 を算出する。

10

$$T_2 = T_{ff2} + T_{fb2}$$

【0052】

この後、ステップ115に進み、電力低減モードの燃圧制御を実行する。この電力低減モードの燃圧制御では、電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の通電開始時期を電力低減モード用の通電開始時期 T_2 に制御する。更に、電磁アクチュエータ27に通電して調量弁23を閉弁させる際の駆動電流を通常モード用の電流値よりも低い電力低減モード用の電流値に制御することで、電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減する。

【0053】

以上説明した本実施例では、所定の音低減条件が成立したときに、電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減する電力低減モードで電磁アクチュエータ27の駆動制御を実行するようにしたので、ソレノイド30の電磁吸引力を通常モードよりも小さくして可動部28及び調量弁23の移動速度を低下させることができる。これより、可動部28がストッパ部41に衝突する際に発生する振動を抑制することができ、閉弁制御時に発生する騒音を低減することができる。

20

【0054】

更に、本実施例では、通常モードと電力低減モードとの間で燃圧制御の操作量（ F/F 項 T_{ff} や F/B 項 T_{fb} ）を切り替えるようにしたので、制御モードを切り替えたときに、電磁アクチュエータ27の通電開始時期 T （ $=T_{ff}+T_{fb}$ ）を切り替え後の制御モードに対応した通電開始時期に速やかに切り替えることができる。これにより、電磁アクチュエータ27の駆動電力の変化による調量弁23の閉弁タイミングの変化を抑制して燃料吐出期間の変化を抑制することができる。その結果、制御モード切り替え時の燃料吐出量の変動を抑制して燃圧変動を抑制することができる。

30

【0055】

その際、本実施例では、通常モードと電力低減モードとの間で F/F 項 T_{ff} を切り替えるようにしたので、各制御モードで、それぞれ要求燃料吐出量に対応した F/F 項 T_{ff} を設定することができ、制御モード切り替え時の燃料吐出量の変化を効果的に抑制することができる。

【0056】

また、本実施例では、通常モードと電力低減モードとの間で F/B 項 T_{fb} の比例ゲイン K_p や学習値（積分項 I ）や学習速度を切り替えて F/B 項 T_{fb} を切り替えるようにしたので、各制御モードに適したゲインや学習値や学習速度を設定することができ、各制御モードに適した燃圧 F/B 制御を行うことができる。

40

【0057】

尚、上記実施例では、電力低減モードの場合に、電磁アクチュエータ27（ソレノイド30）の駆動電流を通常モード用の電流値よりも低い電力低減モード用の電流値に制御することで、電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減するようにしたが、駆動電力を低減する方法は、これに限定されず、適宜変更しても良い。例えば、電磁アクチュエータ27の駆動電圧を通常モード用の電圧値よりも低い電力低減モード用の電圧値に制御することで、電磁アクチュエータ27の駆動電力を通常モードよりも低減するよ

50

うにしても良い。或は、電磁アクチュエータ 27 の駆動電流を所定値以下に制限することで、電磁アクチュエータ 27 の駆動電力を通常モードよりも低減するようにしても良い。また、電磁アクチュエータ 27 の駆動電圧のオン／オフを繰り返すことで、電磁アクチュエータ 27 の駆動電力を通常モードよりも低減するようにしても良い。

【0058】

その他、本発明は、高圧ポンプの構成や燃料供給システムの構成を適宜変更しても良い等、要旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施できる。

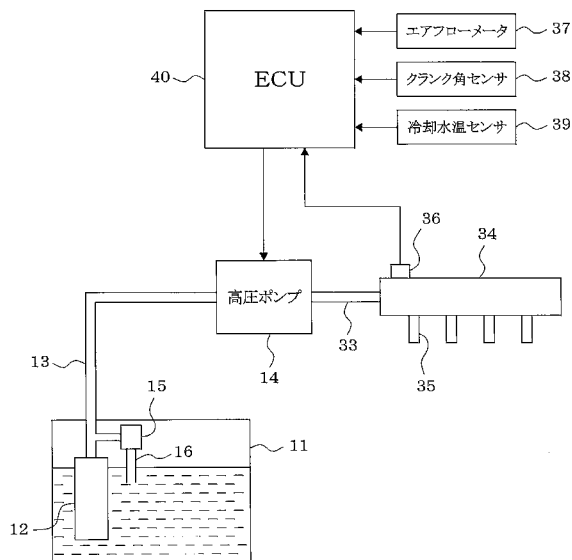
【符号の説明】

【0059】

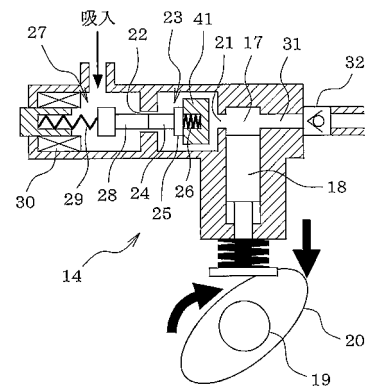
14…高圧ポンプ、17…ポンプ室、18…プランジャ、21…吸入口、23…調量弁、27…電磁アクチュエータ、31…吐出口、40…ECU（燃圧制御手段、電磁アクチュエータ駆動制御手段）

10

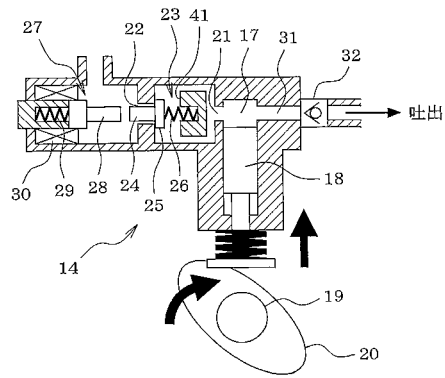
【図 1】



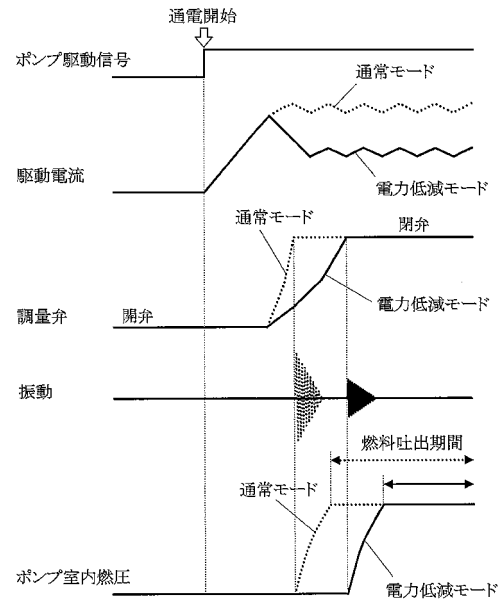
【図 2】



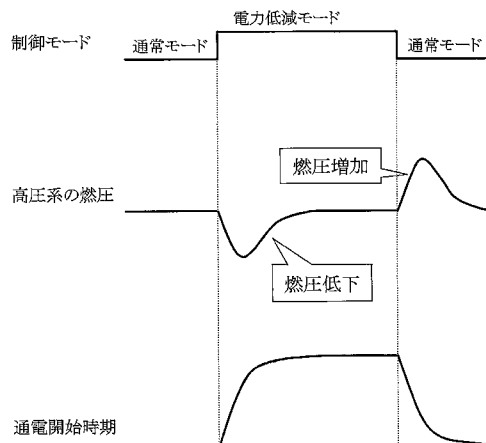
【図 3】



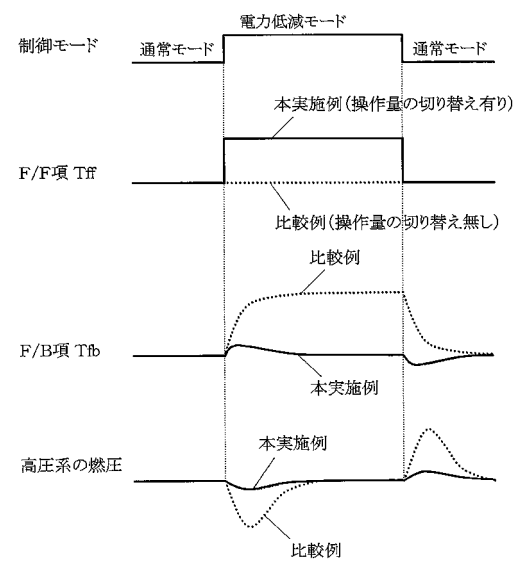
【図 4】



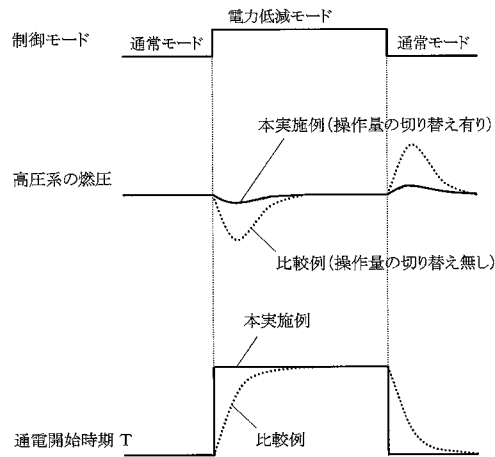
【図 5】



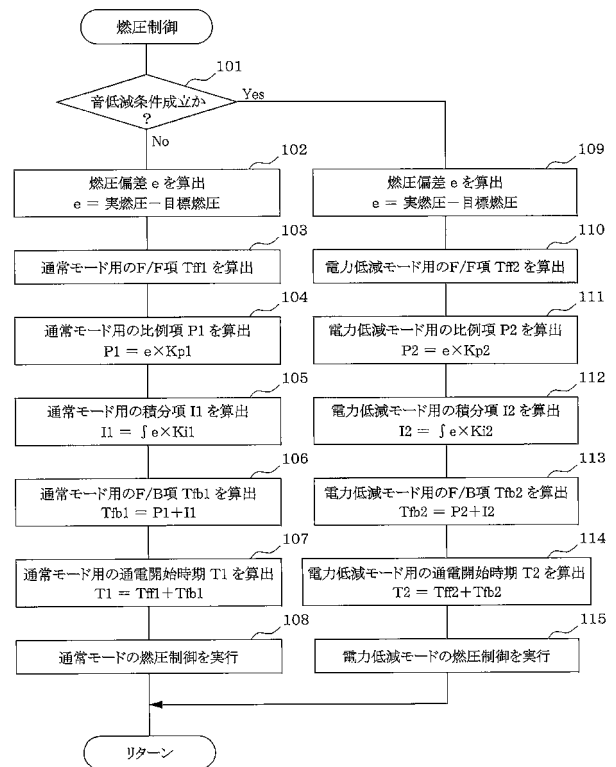
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

