

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6373578号
(P6373578)

(45) 発行日 平成30年8月15日(2018.8.15)

(24) 登録日 平成30年7月27日(2018.7.27)

(51) Int.Cl.

F02D 19/08 (2006.01)
F02D 41/22 (2006.01)

F 1

F 02 D 19/08 C
F 02 D 41/22 3 7 5
F 02 D 41/22 3 8 0 M

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2013-270058 (P2013-270058)
 (22) 出願日 平成25年12月26日 (2013.12.26)
 (65) 公開番号 特開2015-124713 (P2015-124713A)
 (43) 公開日 平成27年7月6日 (2015.7.6)
 審査請求日 平成28年12月21日 (2016.12.21)

前置審査

(73) 特許権者 000006208
 三菱重工業株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (73) 特許権者 303047034
 株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
 兵庫県明石市二見町南二見1番地
 (74) 代理人 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 渡邊 壮太
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
 (72) 発明者 石田 裕幸
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体燃料供給システム及び气体燃料供給システムの異常検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンジンの燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムであって、
 前記燃焼室に前記気体燃料を噴射する噴射弁と、
 第1圧力の前記気体燃料を供給する気体燃料供給源と、
 前記気体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記気体燃料が流れる供給流路と、
 前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、
 前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、
 前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、
 前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出し、
前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果とに基づいて、
 前記クランク角度が前記第2角度になったときから前記第3角度になるまでの第2期間、前記第3角度になったときから前記第4角度になるまでの第3期間、及び前記第3期間

10

20

の後の前記ピストンが下死点近傍に位置する時点を含む第4期間のうち、前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも高いとき、前記ゲート弁の開異常を検出する、
气体燃料供給システム。

【請求項2】

エンジンの燃焼室に气体燃料を供給する气体燃料供給システムであって、
前記燃焼室に前記气体燃料を噴射する噴射弁と、
第1圧力の前記气体燃料を供給する气体燃料供給源と、
前記气体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記气体燃料が流れる供給流路と、
前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、
前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、
前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、
前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出力し、
前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果とに基づいて、
前記クランク角度が前記第2角度になったときから前記第3角度になるまでの第2期間、前記第3角度になったときから前記第4角度になるまでの第3期間、及び前記第3期間の後の前記ピストンが下死点近傍に位置する時点を含む第4期間のうち、前記第2期間、前記第3期間、及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも低いとき、前記ゲート弁の閉異常を検出する、
气体燃料供給システム。

【請求項3】

エンジンの燃焼室に气体燃料を供給する气体燃料供給システムであって、
前記燃焼室に前記气体燃料を噴射する噴射弁と、
第1圧力の前記气体燃料を供給する气体燃料供給源と、
前記气体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記气体燃料が流れる供給流路と、
前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、
前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、
前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、
前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出力し、
前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果とに基づいて、
前記クランク角度が前記第2角度になったときから前記第3角度になるまでの第2期間、前記第3角度になったときから前記第4角度になるまでの第3期間、及び前記第3期間の後の前記ピストンが下死点近傍に位置する時点を含む第4期間のうち、前記第3期間及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも低いとき、前記噴射弁の開異常を検出する

る、

气体燃料供給システム。

【請求項 4】

エンジンの燃焼室に气体燃料を供給する气体燃料供給システムであって、

前記燃焼室に前記气体燃料を噴射する噴射弁と、

第1圧力の前記气体燃料を供給する气体燃料供給源と、

前記气体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記气体燃料が流れる供給流路と、

前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、

前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、

前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出し、

前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果とに基づいて、

前記クランク角度が前記第2角度になったときから前記第3角度になるまでの第2期間、前記第3角度になったときから前記第4角度になるまでの第3期間、及び前記第3期間の後の前記ピストンが下死点近傍に位置する時点を含む第4期間のうち、前記第2期間、前記第3期間、及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも高いとき、前記噴射弁の閉異常を検出する、

气体燃料供給システム。

【請求項 5】

エンジンの燃焼室に气体燃料を供給する气体燃料供給システムであって、

前記燃焼室に前記气体燃料を噴射する噴射弁と、

第1圧力の前記气体燃料を供給する气体燃料供給源と、

前記气体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記气体燃料が流れる供給流路と、

前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、

前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、

前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出し、

前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果とに基づいて、

前記クランク角度が前記第2角度になったときから前記第3角度になるまでの第2期間、前記第3角度になったときから前記第4角度になるまでの第3期間、及び前記第3期間の後の前記ピストンが下死点近傍に位置する時点を含む第4期間のうち、前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも高いとき、前記ゲート弁の開異常を検出し、

前記第2期間、前記第3期間、及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも高い

10

20

30

40

50

とき、前記噴射弁の閉異常を検出し、

前記圧力センサの検出結果と前記燃焼室の圧力を検出する筒内センサの検出結果に基づいて、前記ゲート弁の開異常及び前記噴射弁の閉異常のどちらが生じたかを判定する、
気体燃料供給システム。

【請求項 6】

エンジンの燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムであって、
 前記燃焼室に前記気体燃料を噴射する噴射弁と、
 第1圧力の前記気体燃料を供給する気体燃料供給源と、
 前記気体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記気体燃料が流れる供給流路と、
 前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、
 前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、
 前記噴射弁からの前記気体燃料の噴射前に、気体燃料を前記燃焼室に噴射するプレ噴射弁と、

前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、
 前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を開じる指令信号を出力し、

前記制御装置は、前記気体燃料を噴射した前記プレ噴射弁を閉じてから前記ゲート弁を閉じた後、前記噴射弁からの前記気体燃料の噴射のために前記ゲート弁を開けるように指令信号を出力し、前記プレ噴射弁を閉じるための指令信号が出力されてから前記ゲート弁を開くための指令信号が出力されるまでの期間における前記圧力センサの検出結果に基づいて、前記プレ噴射弁の異常を検出し、前記検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が第1プレ角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第1プレ角度よりも大きい第2プレ角度になったときに前記プレ噴射弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第2プレ角度よりも大きい第3プレ角度になったときに前記プレ噴射弁を閉じる指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第3プレ角度よりも大きい第4プレ角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第2圧力にするために前記ゲート弁を開じる指令信号を出力し、前記ゲート弁を開じた後、前記噴射弁からの前記気体燃料の噴射のために前記ゲート弁を開けるように指令信号を出力し、前記プレ噴射弁を閉じるための指令信号が出力されてから前記ゲート弁を開くための指令信号が出力されるまでの期間における前記圧力センサの検出結果に基づいて、

前記期間における前記検出結果が前記第2圧力よりも低い圧力であるとき、前記プレ噴射弁の開異常を検出し、

前記期間における前記検出結果が前記第1圧力であるとき、前記プレ噴射弁の閉異常を検出す、

気体燃料システム。

【請求項 7】

デュアルフューエルエンジンであるエンジンの燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムであって、

前記燃焼室に前記気体燃料を噴射する噴射弁と、
 第1圧力の前記気体燃料を供給する気体燃料供給源と、
 前記気体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記気体燃料が流れる供給流路と、
 前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、
 前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、
 前記噴射弁及び前記ゲート弁を開閉する指令信号を出力する制御装置と、を備え、
 前記デュアルフューエルエンジンは、前記燃焼室に液体燃料噴射弁から液体燃料が供給

10

20

30

40

50

され前記気体燃料が供給される二種燃料モードと前記燃焼室に液体燃料噴射弁から液体燃料が供給され前記気体燃料が供給されない燃料油専用モードとのそれぞれで作動可能であり、

前記制御装置は、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出力し、前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出力し、

10

前記二種燃料モードにおける前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記噴射弁の閉異常を検出

前記燃料油専用モードにおける前記圧力センサの検出結果に基づいて、前記供給流路の圧力が上昇したとき、前記噴射弁の開異常を検出する、
気体燃料供給システム。

【請求項 8】

エンジンの燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムの異常検出方法であって

、
前記気体燃料供給システムは、

20

前記燃焼室に前記気体燃料を噴射する噴射弁と、

第1圧力の前記気体燃料を供給する気体燃料供給源と、

前記気体燃料供給源から前記噴射弁に供給される前記気体燃料が流れる供給流路と、

前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、

前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、を備え、

前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記エンジンのピストンが上死点近傍に位置する第1角度になったときに前記ゲート弁を開ける指令信号を出力する工程と、

前記クランク角度が第2角度になったときに前記噴射弁を開ける指令信号を出力する工程と、

30

前記クランク角度が前記第2角度よりも大きい第3角度になったときに前記噴射弁を閉じる指令信号を出力する工程と、

前記クランク角度が前記第3角度よりも大きい第4角度になったときに前記供給流路の圧力を前記第1圧力よりも低い第2圧力にするために前記ゲート弁を閉じる指令信号を出力する工程と、

前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果に基づいて、前記クランク角度が前記第2角度になったときから前記第3角度になるまでの第2期間、前記第3角度になったときから前記第4角度になるまでの第3期間、及び前記第3期間の後の前記ピストンが下死点近傍に位置する時点を含む第4期間のうち、前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも高いとき、前記ゲート弁の開異常を検出する工程と、

40

前記第2期間、前記第3期間、及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも低いとき、前記ゲート弁の閉異常を検出する工程と、

前記第3期間及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも低いとき、前記噴射弁の開異常を検出する工程と、

前記第2期間、前記第3期間、及び前記第4期間における前記圧力センサの検出結果が

50

前記噴射弁及び前記ゲート弁が正常に作動しているときの前記供給流路の圧力よりも高いとき、前記噴射弁の閉異常を検出する工程と、
を含む気体燃料供給システムの異常検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気体燃料供給システム及び気体燃料供給システムの異常検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば船舶の動力源として、特許文献1に開示されているような、液体燃料及び気体燃料の両方を使って動力を発生するデュアルフューエルエンジン（二元燃料エンジン）が知られている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3432098号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

デュアルフューエルエンジンは、液体燃料（燃料油）のみを使う燃料油専用モードと、液体燃料及び気体燃料（燃料ガス）の両方を使う二種燃料モードとのそれぞれで作動可能である。燃料油専用モードは、燃焼室に液体燃料を供給して、その供給された液体燃料を燃焼させる方式である。二種燃料モードは、燃焼室に気体燃料を供給するとともに、燃焼室に少量の液体燃料を供給してパイロット火炎を生成して、パイロット火炎で気体燃料を着火して燃焼させる方式である。

20

【0005】

デュアルフューエルエンジンにおいて、燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムに異常が生じているにもかかわらず、その状態を放置しておくと、デュアルフューエルエンジンの性能が低下する可能性がある。そのため、気体燃料供給システムの異常の有無及び異常の発生部位を検出することが求められる。

30

【0006】

本発明は、異常を検出できる気体燃料供給システム及び気体燃料供給システムの異常検出方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る気体燃料供給システムは、エンジンの燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムであって、前記燃焼室に前記気体燃料を噴射する噴射弁と、前記噴射弁に供給される前記気体燃料が流れる供給流路と、前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する圧力センサと、前記噴射弁及び前記ゲート弁を制御する制御装置と、を備え、前記圧力センサの検出結果と前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する検出装置の検出結果とに基づいて、前記噴射弁及び前記ゲート弁の少なくとも一方の異常を検出する。

40

【0008】

本発明によれば、噴射弁とゲート弁との間の供給流路の圧力の検出結果と、クランク軸のクランク角度の検出結果とに基づいて、噴射弁の異常及びゲート弁の異常の少なくとも一方を検出することができる。噴射弁及びゲート弁の異常は、動作不良を含む。異常は、例えば、制御装置から開弁の指令信号が出力されているにもかかわらず開弁しない状態、又は制御装置から閉弁の指令信号が出力されているにもかかわらず閉弁しない状態を含む。本発明によれば、これらの異常を検出できるため、その異常を解消するための適切な措置を講ずることができる。また、異常が生じている気体燃料供給システムを使用し続けて

50

しまう不都合を防止できる。

【0009】

前記制御装置は、前記検出装置の検出結果に基づいて上死点及び下死点を含む前記エンジンのピストンの位置を求め、前記燃焼室に前記気体燃料を供給するために、前記ピストンが上死点近傍に位置する時点において前記ゲート弁を開けた後、前記噴射弁を開け、前記噴射弁を閉じた後、前記ゲート弁を閉じるように指令信号を出力し、前記ピストンが下死点近傍に位置する時点での前記圧力センサの検出結果に基づいて、前記異常を検出してもよい。ゲート弁は、安全弁（インターロック機構）として機能し、ピストンが上死点近傍に位置する時点において作動する。噴射弁は、ゲート弁が開いている状態で作動する。ピストンが上死点近傍に位置する時点で噴射弁及びゲート弁が作動するため、ピストンが下死点近傍に位置する時点での圧力の検出結果に基づいて、噴射弁及びゲート弁の少なくとも一方の異常を円滑に検出することができる。ピストンの位置は、検出装置の検出結果から導出可能であるため、検出装置の検出結果及び圧力センサの検出結果に基づいて異常を検出することができる。10

【0010】

本発明に係る気体燃料供給システムにおいて、前記圧力センサの検出結果と前記燃焼室の圧力を検出する筒内センサの検出結果とに基づいて、前記噴射弁及び前記ゲート弁のどちらに異常が生じたかを判定してもよい。例えば、噴射弁に異常が生じたときの圧力の検出結果と、ゲート弁に異常が生じたときの圧力の検出結果とが近似する場合、燃焼室の圧力を検出することにより、その燃焼室の圧力の検出結果に基づいて、前記噴射弁及び前記ゲート弁のどちらに異常が生じたかを判定することができる。20

【0011】

本発明に係る気体燃料供給システムにおいて、前記噴射弁からの前記気体燃料の噴射前に、気体燃料を前記燃焼室に噴射するプレ噴射弁を備え、前記制御装置は、前記気体燃料を噴射した前記プレ噴射弁を閉じてから前記ゲート弁を開じた後、前記噴射弁からの前記気体燃料の噴射のために前記ゲート弁を開けるように指令信号を出力し、前記プレ噴射弁を閉じるための指令信号が出力されてから前記ゲート弁を開くための指令信号が出力されるまでの期間における前記圧力センサの検出結果に基づいて、前記プレ噴射弁の異常を検出してもよい。気体燃料供給システムがプレ噴射弁を有する場合、プレ噴射弁を閉じるための指令信号が出力されてから、噴射弁からの気体燃料の噴射のためにゲート弁を開くための指令信号が出力されるまでの期間における圧力センサの検出結果に基づいてプレ噴射弁の異常を検出することができる。30

【0012】

本発明に係る気体燃料供給システムにおいて、前記エンジンは、デュアルフェュエルエンジンを含み、前記燃焼室に液体燃料が供給され前記気体燃料が供給されない燃料油専用モードにおける前記圧力センサの検出結果に基づいて、前記噴射弁の異常を検出してもよい。燃料油専用モードにおいては噴射弁から気体燃料は噴射されず、噴射弁は閉じるように制御される。燃料油専用モードにおいて噴射弁が開いている場合、燃焼室の高温高圧の気体が噴射弁から供給流路に流入し、供給流路の圧力を上昇させる。そのため、燃料油専用モードにおいて噴射弁に異常が生じたか否かを検出することができる。40

【0013】

本発明に係る気体燃料供給システムの異常検出方法は、エンジンの燃焼室に気体燃料を供給する気体燃料供給システムの異常検出方法であって、前記気体燃料供給システムは、前記燃焼室に気体燃料を噴射する噴射弁と、前記噴射弁に供給される前記気体燃料が流れる供給流路と、前記供給流路を開閉可能なゲート弁と、を備え、前記噴射弁と前記ゲート弁との間の前記供給流路の圧力を検出する工程と、前記エンジンのクランク軸のクランク角度を検出する工程と、前記供給流路の圧力の検出結果と前記クランク角度の検出結果とに基づいて、前記噴射弁及び前記ゲート弁の少なくとも一方の異常を検出する工程と、を含む。

【0014】

本発明によれば、噴射弁とゲート弁との間の供給流路の圧力の検出結果と、クランク角度の検出結果とに基づいて、噴射弁の異常及びゲート弁の異常の少なくとも一方を検出することができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、気体燃料供給システムの異常を円滑に検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、デュアルフューエルエンジンの一例を示す模式図である。

【図2】図2は、デュアルフューエルエンジンの動作の一例を示す模式図である。 10

【図3】図3は、二種燃料モードにおいて燃焼室に燃料が噴射されている状態の一例を模式的に示す平面図である。

【図4】図4は、二種燃料モードにおいて燃料が燃焼している状態の一例を模式的に示す図である。

【図5】図5は、二種燃料モードにおいて燃料が燃焼している状態の一例を模式的に示す平面図である。

【図6】図6は、気体燃料供給システムの一例を示す模式図である。

【図7】図7は、気体燃料噴射弁及びゲート弁が正常に作動しているときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【図8】図8は、ゲート弁が開異常のときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。 20

【図9】図9は、ゲート弁が閉異常のときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【図10】図10は、気体燃料噴射弁が開異常のときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【図11】図11は、気体燃料噴射弁が閉異常のときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【図12】図12は、燃料油専用モードにおいて気体燃料噴射弁が開異常ときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【図13】図13は、気体燃料供給システムの一例を示す模式図である。 30

【図14】図14は、プレ噴射弁が開異常のときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【図15】図15は、プレ噴射弁が閉異常のときのクランク角度と供給流路の圧力との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。以下で説明する各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。

【0018】 40

<第1実施形態>

第1実施形態について説明する。図1は、本実施形態に係るデュアルフューエルエンジン1の一例を示す模式図である。本実施形態に係るデュアルフューエルエンジン1は、クロスヘッド型ディーゼルエンジンを含み、例えば、船舶等の推進用エンジンとして使用される。

【0019】

デュアルフューエルエンジン1は、台板50と、台板50に設けられた架構(本体)51と、架構51に設けられたジャケット52とを備えている。

【0020】

また、デュアルフューエルエンジン1は、ジャケット52に設けられたシリンダ2と、

シリンダ2の内部で往復移動するピストン3と、ピストン3に接続されたピストン棒41と、連接棒43と、ピストン棒41と連接棒43とを連結するクロスヘッド42と、クランクピン44を介して連接棒43と接続されたクランク軸4とを備えている。

【0021】

シリンダ2は、ジャケット52に設けられたシリンダライナ2Aと、シリンダライナ2A上に設けられたシリンダカバー2Bとを有する。クロスヘッド42は、架構51に設けられた案内部51Gに沿って動き、ピストン棒41からの機械的動力を連接棒43に伝達する。クランク軸4は、台板50に配置され、ピストン3から伝達される機械的動力を出力する。

【0022】

ピストン3の頂面とシリンダ2の天井面とが対向する。シリンダ2の天井面の中央部に排気弁11が設けられる。ピストン3とシリンダ2と排気弁11との間に燃焼室7が形成される。

【0023】

また、デュアルフューエルエンジン1は、クランク軸4の回転角度（クランク角度）を検出する検出装置6と、燃焼室7に気体燃料PGを供給する気体燃料噴射弁8を含む気体燃料供給システム15と、燃焼室7に液体燃料FOを供給する液体燃料噴射弁9を含む液体燃料供給システム20と、燃焼室7の圧力を検出する筒内センサ16と、デュアルフューエルエンジン1を制御する制御装置10とを備えている。

【0024】

気体燃料噴射弁8は、燃焼室7に気体燃料PGを噴射可能である。気体燃料PGは、例えば、CNG（圧縮天然ガス）、及びH₂（水素ガス）の少なくとも一つを含む。本実施形態において、気体燃料噴射弁8は、燃焼室7に2つ配置される。なお、気体燃料噴射弁8の数は任意である。

【0025】

液体燃料噴射弁9は、燃焼室7に液体燃料FOを噴射可能である。液体燃料FOは、例えば、軽油、重油、及び重質油の少なくとも一つを含む。本実施形態において、液体燃料噴射弁9は、燃焼室7に2つ配置される。なお、液体燃料噴射弁9の数は任意である。

【0026】

検出装置6は、クランクアングルセンサを含み、クランク軸4のクランク角度を検出する。検出装置6は、ピストン3の上死点を基準としてクランク角度を検出してもよい。クランクアングルセンサは、例えば、クランク軸4に装着された計測部材（円盤、検出用歯車など）の回転位置からクランク角度を検出してクランク角度信号を出力する。クランクアングルセンサは、光学式でもよいし電磁式でもよい。なお、検出装置6は、クランク軸4の回転位置、又はピストン3の位置などからクランク角度を検出してもよい。また、上死点センサを使ってピストン3が上死点に位置するときのクランク軸4の位置情報（基準位置情報）を検出し、その位置情報とクランク軸4の回転速度情報とに基づいて、クランク角度を求めてよい。

【0027】

検出装置6の検出結果は制御装置10に出力される。クランク角度とピストン3の位置とは関連付けられている。制御装置10は、検出装置6の検出結果に基づいて、上死点及び下死点を含むピストン3の位置を求めることができる。また、制御装置10は、内蔵されているタイマーの出力と、検出装置6の検出結果とに基づいて、例えば、ピストン3が上死点に配置された時点、及び下死点に配置された時点を求めることができる。制御装置10は、クランク角度に基づいて、排気弁11の開閉、気体燃料噴射弁8からの気体燃料PGの噴射、及び液体燃料噴射弁9からの液体燃料FOの噴射を制御するための指令信号を出力する。

【0028】

筒内センサ16は、燃焼室7の圧力を検出する。筒内センサ16の検出結果は、制御装置10に入力される。制御装置10は、筒内センサ16の検出結果に基づいて、燃焼室7

10

20

30

40

50

の異常の有無を判定することができる。制御装置 10 は、筒内センサ 16 の検出結果に基づいて、燃焼室 7 の異常の種類（内容）を求めることができる。

【0029】

燃焼室 7 の異常は、燃焼異常、気体燃料の供給過多、及び気体燃料の供給過少の少なくとも一つを含む。燃焼異常は、失火を含む。燃焼室 7 が正常な状態と異常な状態とで燃焼室 7 の圧力は異なる。また、燃焼室 7 の異常の種類によっても燃焼室 7 の圧力は異なる。本実施形態においては、燃焼室 7 の異常の種類とその異常の種類に対応する燃焼室 7 の圧力との関係が求められている。その関係は、予備実験又はシミュレーションにより求められ、制御装置 10 に接続されている記憶装置に記憶されている。制御装置 10 は、筒内センサ 16 の検出結果と記憶装置の記憶情報とに基づいて、燃焼室 7 の異常の有無を判定可能であり、異常が生じている場合、その異常の種類を判定可能である。

10

【0030】

図 2 は、デュアルフューエルエンジン 1 の動作の一例を示す模式図である。本実施形態において、デュアルフューエルエンジン 1 は、2 ストローク 1 サイクルのユニフロー掃排気式ディーゼルエンジンであり、ピストン 3 が下死点近傍に配置されたときに掃気ポートから燃焼室 7 に新しい空気が導入され、上死点から下死点へ移行中に燃焼室 7 の気体が排気ポートから排出される。デュアルフューエルエンジン 1 の動作は、新しい空気を取り入れて燃焼室 7 に送る吸入工程（A）と、燃焼室 7 の空気をピストン 3 で圧縮する圧縮工程（B）と、燃焼室 7 に燃料を噴射してその燃料を燃焼させる燃焼工程（C）と、燃焼工程後の燃焼室 7 の気体を排気弁 11 から排出する排気工程（D）と、を含む。

20

【0031】

デュアルフューエルエンジン 1 は、液体燃料 FO のみを使う燃料油専用モードと、液体燃料 FO 及び気体燃料 PG の両方を使う二種燃料モードとのそれぞれで作動可能である。

【0032】

燃料油専用モードは、液体燃料噴射弁 9 から燃焼室 7 に液体燃料 FO を供給し、液体燃料 FO を燃焼させる一方、気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に気体燃料 PG を供給しないモードである。燃料油専用モードでは、圧縮工程において、燃焼室 7 の空気が圧縮された後、燃焼工程において、液体燃料噴射弁 9 から燃焼室 7 に液体燃料 FO が噴射される。高温高圧の空気に液体燃料 FO が噴射されることにより、液体燃料 FO は自然発火して燃焼する。

30

【0033】

二種燃料モードは、燃焼室 7 に液体燃料 FO 及び気体燃料 PG の両方が供給されるモードである。二種燃料モードでは、気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に気体燃料 PG を噴射した後、液体燃料噴射弁 9 から燃焼室 7 に少量の液体燃料 FO を噴射してパイロット火炎を生成することで、パイロット火炎で気体燃料 PG を着火して燃焼させる。

【0034】

次に、図 3、図 4、及び図 5 を参照して二種燃料モードの詳細について説明する。図 3 は、二種燃料モードにおいて、気体燃料弁 8 から燃焼室 7 に気体燃料 PG が噴射され、液体燃料弁 9 から燃焼室 7 に液体燃料 FO が噴射されている状態の一例を模式的に示す平面図である。図 4 は、二種燃料モードにおいて、液体燃料 FO 及び気体燃料 PG のそれぞれが燃焼している状態の一例を模式的に示す図である。図 5 は、二種燃料モードにおいて、液体燃料 FO 及び気体燃料 PG が燃焼している状態の一例を模式的に示す平面図である。

40

【0035】

圧縮工程において、燃焼室 7 の空気が圧縮される。図 3 に示すように、燃焼工程において、気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に気体燃料 PG が噴射される。また、液体燃料噴射弁 9 から燃焼室 7 に少量の液体燃料 FO が噴射される。ピストン 3 が上死点近傍に配置される時点において、液体燃料 FO と気体燃料 PG とが燃焼室 7 にほぼ同時に噴射される。二種燃料モードにおいて、主燃料は、気体燃料 PG である。

【0036】

図 3 に示すように、気体燃料噴射弁 8 は、気体燃料 PG を噴射する噴射口 8S を複数有

50

する。液体燃料噴射弁 9 は、液体燃料 F O を噴射する噴射口 9 S を複数有する。気体燃料噴射弁 8 は、その気体燃料噴射弁 8 の軸に対する放射方向に關して外側に向かって気体燃料 P G を噴射する。液体燃料噴射弁 9 は、その液体燃料噴射弁 9 の軸に対する放射方向に關して外側に向かって液体燃料 F O を噴射する。気体燃料噴射弁 8 及び液体燃料噴射弁 9 のそれぞれは、気体燃料 P G と液体燃料 F O とが交差するように、気体燃料 P G 及び液体燃料 F O を噴射する。

【 0 0 3 7 】

液体燃料噴射弁 9 から噴射された少量の液体燃料 F O は自然発火して、パイロット火炎を生成する。気体燃料噴射弁 8 は、圧力 P 1 の気体燃料 P G を噴射する。高温高圧の空気が満たされ、パイロット火炎が生成されている燃焼室 7 に、高圧の気体燃料 P G が供給されることにより、図 4 及び図 5 に示すように、燃焼室 7 において拡散燃焼が生じる。本実施形態において、二種燃料モードは、拡散燃焼方式で気体燃料 P G を燃焼させる。

【 0 0 3 8 】

次に、本実施形態に係る気体燃料供給システム 1 5 の一例について説明する。図 6 は、本実施形態に係る気体燃料供給システム 1 5 の一例を示す図である。

【 0 0 3 9 】

気体燃料供給システム 1 5 は、デュアルフューエルエンジン 1 の燃焼室 7 に気体燃料 P G を供給する。気体燃料供給システム 1 5 は、制御装置 1 0 により制御される。気体燃料供給システム 1 5 は、燃焼室 7 に気体燃料 P G を噴射する気体燃料噴射弁 8 と、気体燃料噴射弁 8 に供給される気体燃料 P G が流れる供給流路 2 1 と、供給流路 2 1 を開閉可能なゲート弁 2 2 と、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 2 2 との間の供給流路 2 1 の圧力を検出する圧力センサ 2 3 とを備えている。気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 は、制御装置 1 0 に制御される。圧力センサ 2 3 の検出結果は、制御装置 1 0 に出力される。ゲート弁 2 2 は、気体燃料 P G を送出可能なポンプを含む気体燃料供給源と接続される。気体燃料供給源は、ゲート弁 2 2 に気体燃料 P G を供給する。気体燃料供給源は、圧力 P 1 の気体燃料 P G を供給する。

【 0 0 4 0 】

ゲート弁 2 2 は、安全弁（インターロック機構）として機能する。気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 の両方が開くことにより、気体燃料供給源からの気体燃料 P G は、ゲート弁 2 2 、供給流路 2 1 、及び気体燃料噴射弁 8 を介して、燃焼室 7 に供給される。

【 0 0 4 1 】

圧力センサ 2 3 は、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 2 2 との間の供給流路 2 1 の圧力を検出する。圧力センサ 2 3 は、気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力を検出可能である。圧力センサ 2 3 の検出結果は、制御装置 1 0 に出力される。本実施形態において、制御装置 1 0 は、圧力センサ 2 3 の検出結果と、検出装置 6 の検出結果とに基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 の少なくとも一方の異常を検知する。

【 0 0 4 2 】

図 7 は、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 が正常に作動しているときのクランク角度と、供給流路 2 1 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）との関係を示す図である。図 7 は、気体燃料噴射弁 8 の開閉動作、及びゲート弁 2 2 の開閉動作のタイミングチャートを含む。

【 0 0 4 3 】

図 7 において、クランク角度が 0 度のとき、ピストン 3 は上死点に配置される。クランク角度が 180 度（又は -180 度）のとき、ピストン 3 は下死点に配置される。なお、図 7 は、クランク角度が -30 度から 90 度の範囲における、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 2 2 との間の供給流路 2 1 の圧力を示す。

【 0 0 4 4 】

制御装置 1 0 は、燃焼室 7 に気体燃料 P G を供給するために、ゲート弁 2 2 を開けた後、気体燃料噴射弁 8 を開けるように指令信号を出力する。制御装置 1 0 は、ピストン 3 が上死点近傍に位置する時点において、ゲート弁 2 2 を開ける。図 7 において、クランク角

10

20

30

40

50

度が A 1 度になったとき、制御装置 10 は、ゲート弁 22 を開けるように指令信号を出力する。また、制御装置 10 は、ピストン 3 が上死点近傍に位置する時点において、気体燃料噴射弁 8 を開ける。図 7において、クランク角度が A 2 度になったとき、制御装置 10 は、気体燃料噴射弁 8 を開けるように指令信号を出力する。クランク角度が A 1 度になったときから A 2 度になるまでの期間 T1においては、ゲート弁 22 が開いており、気体燃料噴射弁 8 は閉じている。

【 0 0 4 5 】

ゲート弁 22 には、気体燃料供給源から圧力 P1 の気体燃料 PG が供給される。気体燃料噴射弁 8 が閉じた状態でゲート弁 22 が開くことにより、期間 T1 において、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力は、圧力 P1 となる。

10

【 0 0 4 6 】

クランク角度が A 2 度になったときに、ゲート弁 22 が開いている状態で気体燃料噴射弁 8 が開くことにより、気体燃料噴射弁 8 から気体燃料 PG が燃焼室 7 に噴射される。なお、本実施形態において、クランク角度 A 2 は、0 度である。すなわち、ピストン 3 が上死点に配置されたときに、気体燃料噴射弁 8 から気体燃料 PG が噴射される。なお、クランク角度 A 2 は、0 度でなくてもよい。気体燃料噴射弁 8 が開いて気体燃料 PG が噴射されることにより、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力は低下する。

【 0 0 4 7 】

制御装置 10 は、気体燃料噴射弁 8 を閉じた後、ゲート弁 22 を閉じるように指令信号を出力する。図 7において、クランク角度が A 3 度になったとき、制御装置 10 は、気体燃料噴射弁 8 を閉じるように指令信号を出力する。クランク角度が A 3 度よりも大きい A 4 度になったとき、制御装置 10 は、ゲート弁 22 を閉じるように指令信号を出力する。

20

【 0 0 4 8 】

クランク角度が A 2 度になったときから A 3 度になるまでの期間 T2 においては、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 の両方が開いている。期間 T2 において、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力は徐々に低下する。

【 0 0 4 9 】

クランク角度が A 3 度になったとき、制御装置 10 は、ゲート弁 22 が開いている状態で、気体燃料噴射弁 8 を閉じる。これにより、クランク角度が A 3 度になったときから A 4 度になるまでの期間 T3 において、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力は徐々に増大する。

30

【 0 0 5 0 】

クランク角度が A 4 度になったとき、制御装置 10 は、気体燃料噴射弁 8 を閉じている状態で、ゲート弁 22 を閉じる。これにより、期間 T3 の後の期間 T4 において、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力は、一定となる。本実施形態においては、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力が圧力 P1 に上昇する前に、ゲート弁 22 が閉じられる。本実施形態において、期間 T4 における供給流路 21 の圧力は、圧力 P1 よりも低い圧力 P2 である。

【 0 0 5 1 】

本実施形態において、期間 T1 は、ゲート弁 22 を開けるための指令信号が出力されてから、気体燃料噴射弁 8 を開けるための指令信号が出力されるまでの期間を含む。期間 T2 は、気体燃料噴射弁 8 を開けるための指令信号が出力されてから、気体燃料噴射弁 8 を閉じるための指令信号が出力されるまでの期間を含む。期間 T3 は、気体燃料噴射弁 8 を閉じるための指令信号が出力されてから、ゲート弁 22 を閉じるための指令信号が出力されるまでの期間を含む。期間 T4 は、ゲート弁 22 を閉じるための指令信号が出力されてから、次のサイクルにおいてゲート弁 22 を開けるための指令信号が出力されるまでの期間を含む。制御装置 10 は、検出装置 6 の検出結果に基づいて、指令信号を出力するタイミングを決定する。

【 0 0 5 2 】

40

50

次に、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 の異常検出方法について説明する。図 8 は、制御装置 1 0 がゲート弁 2 2 を閉じる指令信号を出力したにもかかわらず、ゲート弁 2 2 が開いている異常（開異常）を示す図である。図 8 において、横軸はクランク角度であり、縦軸は、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 2 2 との間の供給流路 2 1 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）である。

【 0 0 5 3 】

図 7 を参照して説明したように、制御装置 1 0 は、クランク角度が A 1 度のとき、ゲート弁 2 2 を開ける指令信号を出力し、クランク角度が A 2 度のとき、気体燃料噴射弁 8 を開ける指令信号を出力し、クランク角度が A 3 度のとき、気体燃料噴射弁 8 を閉じる指令信号を出力し、クランク角度が A 4 度のとき、ゲート弁 2 2 を閉じる指令信号を出力する。

10

【 0 0 5 4 】

クランク角度 A 4 のとき、制御装置 1 0 からゲート弁 2 2 を閉じる指令信号が出力されたにもかかわらず、ゲート弁 2 2 が閉じないと、期間 T 4 においても、気体燃料供給源からの圧力 P 1 の気体燃料 P G が供給流路 2 1 に供給される。これにより、図 8 に示すように、期間 T 4 における供給流路 2 1 の圧力は、圧力 P 1 となる。

【 0 0 5 5 】

期間 T 4 は、ピストン 3 が下死点近傍に位置する時点を含む。すなわち、期間 T 4 は、クランク角度が 180 度である時点を含む。上述のように、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 が正常に作動しているときの期間 T 4 における供給流路 2 1 の圧力は、圧力 P 2 である。このように、ゲート弁 2 2 が異常（開異常）なときと正常なときとで、期間 T 4 における供給流路 2 1 の圧力は異なる。すなわち、ゲート弁 2 2 が正常なときは、期間 T h (期間 T 4) における供給流路 2 1 の圧力は、図 8 中、実線で示すように、圧力 P 2 となり、ゲート弁 2 2 が開異常なときは、期間 T h における供給流路 2 1 の圧力は、図 8 中、点線で示すように、圧力 P 2 よりも高い圧力 P 1 となる。したがって、制御装置 1 0 は、ピストン 3 が下死点近傍に配置されているときの期間 T 4 の少なくとも一部の期間 T h における圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、ゲート弁 2 2 が異常か否かを検出することができる。

20

【 0 0 5 6 】

次に、制御装置 1 0 がゲート弁 2 2 を開ける指令信号を出力したにもかかわらず、ゲート弁 2 2 が閉じている異常（閉異常）について説明する。図 9 は、ゲート弁 2 2 が閉異常であるときの、クランク角度と供給流路 2 1 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）との関係を示す図である。

30

【 0 0 5 7 】

クランク角度 A 1 のとき、制御装置 1 0 からゲート弁 2 2 を開ける指令信号が出力されたにもかかわらず、ゲート弁 2 2 が開かず、クランク角度 A 2 のとき、気体燃料噴射弁 8 が開くと、ゲート弁 2 2 が閉じた状態で、供給流路 2 1 の気体燃料 P G は気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に噴射される。その結果、図 9 に示すように、クランク角度 A 2 の時点から、供給流路 2 1 の圧力は低下する。このように、ゲート弁 2 2 が異常（閉異常）なときと正常なときとで、期間 T 2、期間 T 3、及び期間 T 4 (期間 T h) における供給流路 2 1 の圧力は異なる。すなわち、ゲート弁 2 2 が正常なときは、期間 T h (期間 T 4) における供給流路 2 1 の圧力は、図 9 中、実線で示すように、圧力 P 2 となり、ゲート弁 2 2 が閉異常なときは、期間 T h における供給流路 2 1 の圧力は、図 9 中、点線で示すように、圧力 P 2 よりも低い圧力となる。また、本例では、期間 T 2 及び期間 T 3 においても、ゲート弁 2 2 が閉異常なときの供給流路 2 1 の圧力は、ゲート弁 2 2 が正常なときの供給流路 2 1 の圧力よりも低くなる。したがって、制御装置 1 0 は、例えば、期間 T h の圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、ゲート弁 2 2 が異常か否かを検出することができる。

40

【 0 0 5 8 】

次に、制御装置 1 0 が気体燃料噴射弁 8 を閉じる指令信号を出力したにもかかわらず、

50

気体燃料噴射弁 8 が開いている異常（開異常）について説明する。図 10 は、気体燃料噴射弁 8 が開異常であるときの、クランク角度と供給流路 21 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）との関係を示す図である。

【0059】

クランク角度 A3 のとき、制御装置 10 から気体燃料噴射弁 8 を閉じる指令信号が出力されたにもかかわらず、気体燃料噴射弁 8 が閉じずに、クランク角度 A4 のとき、ゲート弁 22 が閉じると、ゲート弁 22 が閉じた状態で、供給流路 21 の気体燃料 PG は気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に噴射される。その結果、図 10 に示すように、クランク角度 A3 の時点から、供給流路 21 の圧力は低下する。このように、気体燃料噴射弁 8 が異常（開異常）なときと正常なときとで、期間 T3、及び期間 T4（期間 Th）における供給流路 21 の圧力は異なる。すなわち、気体燃料噴射弁 8 が正常なときは、期間 Th（期間 T4）における供給流路 21 の圧力は、図 10 中、実線で示すように、圧力 P2 となり、気体燃料噴射弁 8 が開異常なときは、期間 Th における供給流路 21 の圧力は、図 10 中、点線で示すように、圧力 P2 よりも低い圧力となる。また、本例では、期間 T3 においても、気体燃料噴射弁 8 が開異常なときの供給流路 21 の圧力は、気体燃料噴射弁 8 が正常なときの供給流路 21 の圧力よりも低くなる。したがって、制御装置 10 は、例えば、期間 Th の圧力センサ 23 の検出結果に基づいて、ゲート弁 22 が異常か否かを検出することができる。

【0060】

次に、制御装置 10 が気体燃料噴射弁 8 を開ける指令信号を出力したにもかかわらず、気体燃料噴射弁 8 が閉じている異常（閉異常）について説明する。図 11 は、気体燃料噴射弁 8 が閉異常であるときの、クランク角度と供給流路 21 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）との関係を示す図である。

【0061】

クランク角度 A2 のとき、制御装置 10 から気体燃料噴射弁 8 を開ける指令信号が出力されたにもかかわらず、気体燃料噴射弁 8 が開かないとき、気体燃料噴射弁 8 が閉じ、ゲート弁 22 が開いている状態で、気体燃料供給源からの圧力 P1 の気体燃料 PG が供給流路 21 に供給される。これにより、図 11 に示すように、期間 T2、期間 T3、及び期間 T4（期間 Th）における供給流路 21 の圧力は、圧力 P1 となる。このように、気体燃料噴射弁 8 が異常（閉異常）なときと正常なときとで、期間 T2、期間 T3、及び期間 T4（期間 Th）における供給流路 21 の圧力は異なる。すなわち、気体燃料噴射弁 8 が正常なときは、期間 Th（期間 T4）における供給流路 21 の圧力は、図 11 中、実線で示すように、圧力 P2 となり、気体燃料噴射弁 8 が閉異常なときは、期間 Th における供給流路 21 の圧力は、図 11 中、点線で示すように、圧力 P2 よりも高い圧力 P1 となる。また、本例では、期間 T2 及び期間 T3 においても、気体燃料噴射弁 8 が閉異常なときの供給流路 21 の圧力は、気体燃料噴射弁 8 が正常なときの供給流路 21 の圧力よりも高くなる。したがって、制御装置 10 は、例えば、期間 Th の圧力センサ 23 の検出結果に基づいて、ゲート弁 22 が異常か否かを検出することができる。

【0062】

本実施形態において、図 8 に示す圧力（ゲート弁 22 が開異常のときの圧力）と図 11 に示す圧力（気体燃料噴射弁 8 が閉異常のときの圧力）とは、期間 T2 及び期間 T3 において異なるものの、期間 T4 において近似する。そのため、ゲート弁 22 及び気体燃料噴射弁 8 のどちらが異常なのかを、期間 T4 における圧力センサ 23 の検出結果に基づいて判断することが困難となる可能性がある。

【0063】

その場合、制御装置 10 は、圧力センサ 23 の検出結果と燃焼室 7 の圧力を検出する筒内センサ 16 の検出結果に基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 のどちらに異常が生じたかを判定してもよい。ゲート弁 22 が開異常のときと気体燃料噴射弁 8 が閉異常のときとで、燃焼室 7 の圧力は異なる。例えば、気体燃料噴射弁 8 が閉異常のとき、気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に気体燃料 PG が噴射されないため、燃焼室 7 において失火

が生じる可能性が高くなる。一方、ゲート弁 22 が開異常のとき、ゲート弁 22 及び気体燃料噴射弁 8 を介して燃焼室 7 に気体燃料 PG が供給されるため、燃焼室 7 において失火が生じる可能性は低い。このように、ゲート弁 22 が開異常のときと気体燃料噴射弁 8 が閉異常のときとで、燃焼室 7 の異常の種類は異なる可能性が高い。また、上述したように、燃焼室 7 の異常の種類によって、燃焼室 7 の圧力は異なる。そのため、気体燃料噴射弁 8 に異常が生じたときの圧力センサ 23 の検出結果と、ゲート弁 22 に異常が生じたときの圧力センサ 23 の検出結果とが近似する場合、筒内センサ 16 による燃焼室 7 の圧力の検出結果に基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。

【0064】

10

上述のように、燃焼室 7 の異常の種類とその異常の種類に対応する燃焼室 7 の圧力との関係が記憶装置に記憶されている。制御装置 10 は、筒内センサ 16 の検出結果と、記憶装置の記憶情報とに基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。

【0065】

また、図 9 に示す圧力（ゲート弁 22 が閉異常のときの圧力）と図 10 に示す圧力（気体燃料噴射弁 8 が開異常のときの圧力）とは、期間 T2 において異なるものの、期間 T4 において近似する。そのため、ゲート弁 22 及び気体燃料噴射弁 8 のどちらが異常なのかを、期間 T4 における圧力センサ 23 の検出結果に基づいて判断することが困難となる可能性がある。

20

【0066】

その場合においても、ゲート弁 22 が閉異常のときと気体燃料噴射弁 8 が開異常のときとで、燃焼室 7 の異常の種類は異なり、燃焼室 7 の圧力は異なる。例えば、ゲート弁 22 が閉異常のとき、ゲート弁 22 から気体燃料噴射弁 8 に気体燃料 PG が供給されないため、燃焼室 7 において失火が生じる可能性は高くなる。一方、気体燃料噴射弁 8 が開異常のとき、気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に気体燃料 PG が噴射されるため、燃焼室 7 において失火が生じる可能性は低い。そのため、制御装置 10 は、筒内センサ 16 の検出結果と、記憶装置の記憶情報とに基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。

【0067】

30

以上説明したように、本実施形態によれば、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 22 との間の供給流路 21 の圧力の検出結果と、クランク角度の検出結果とに基づいて、気体燃料噴射弁 8 の異常及びゲート弁 22 の異常の少なくとも一方を検出することができる。したがって、例えば、その異常を解消するための適切な措置を講ずることができる。また、異常が生じている気体燃料供給システム 15 を使用し続けてしまう不都合を防止できる。

【0068】

また、本実施形態において、ゲート弁 22 は、安全弁（インターロック機構）として機能し、気体燃料 PG を噴射するためにピストン 3 が上死点の近傍に配置されるときに作動する。気体燃料噴射弁 8 は、ゲート弁 22 が開いている状態で作動するため、気体燃料噴射弁 8 から燃焼室 7 に適切なタイミングで気体燃料 PG が噴射される。ピストン 3 が上死点の近傍に配置されている状態で気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 が作動するため、ピストン 3 が下死点近傍に配置されているときの期間 Th における圧力センサ 23 の検出結果に基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 の少なくとも一方の異常を円滑に検出することができる。

40

【0069】

また、本実施形態においては、期間 Th における、気体燃料噴射弁 8 に異常が生じたときの圧力センサ 23 の検出結果と、ゲート弁 22 に異常が生じたときの圧力センサ 23 の検出結果とが近似する場合でも、筒内センサ 16 の検出結果を参照することにより、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 22 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。

【0070】

50

なお、本実施形態において、例えば、燃焼室 7 から排気ポート 1 2 を介して排出される気体（排気ガス）の温度を検出可能な温度センサを設け、その温度センサの検出結果と圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 のどちらに異常が生じたかを判定してもよい。期間 T h における、気体燃料噴射弁 8 に異常が生じたときの圧力センサ 2 3 の検出結果と、ゲート弁 2 2 に異常が生じたときの圧力センサ 2 3 の検出結果とが近似する場合でも、その温度センサの検出結果を参照することにより、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。

【0071】

燃焼室 7 の異常の種類によって、排気ポート 1 2 から排出される排気ガスの温度は異なる。そのため、気体燃料噴射弁 8 に異常が生じたときの圧力センサ 2 3 の検出結果と、ゲート弁 2 2 に異常が生じたときの圧力センサ 2 3 の検出結果とが近似する場合、温度センサによる排気ガスの温度の検出結果に基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。燃焼室 7 の異常の種類とその異常の種類に対応する排気ガスの温度との関係を記憶装置に記憶しておくことにより、制御装置 1 0 は、温度センサの検出結果と、記憶装置の記憶情報に基づいて、気体燃料噴射弁 8 及びゲート弁 2 2 のどちらに異常が生じたかを判定することができる。

【0072】

<第2実施形態>

第2実施形態について説明する。以下の実施形態において、上述の実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

【0073】

本実施形態においては、燃料油専用モードにおける圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、気体燃料噴射弁 8 の異常を検出する例について説明する。燃料油専用モードにおいて、気体燃料供給源から気体燃料 PG は供給されず、制御装置 1 0 は、気体燃料噴射弁 8 を閉じるように指令信号を出力する。燃料油専用モードにおいて、気体燃料噴射弁 8 が正常に作動するとき、気体燃料噴射弁 8 は閉じ、気体燃料噴射弁 8 から気体燃料 PG は噴射されない。

【0074】

制御装置 1 0 が気体燃料噴射弁 8 を閉じる指令信号を出力したにもかかわらず、気体燃料噴射弁 8 が開いている異常（開異常）が生じた場合、圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、その気体燃料噴射弁 8 の異常を検出することができる。

【0075】

図 1 2 は、燃料油専用モードにおいて気体燃料噴射弁 8 が正常及び開異常であるときの、クランク角度と供給流路 2 1 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）との関係を示す図である。図 1 2 において、横軸はクランク角度であり、縦軸は、気体燃料噴射弁 8 とゲート弁 2 2 との間の供給流路 2 1 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）である。

【0076】

燃料油専用モードにおいて気体燃料噴射弁 8 が正常である場合、圧力センサ 2 3 の出力は一定である。一方、燃料油専用モードにおいて気体燃料噴射弁 8 が異常である場合（開いている場合）、燃焼室 7 の高温高圧の気体が気体燃料噴射弁 8 から供給流路 2 1 に流入する。これにより、供給流路 2 1 の圧力が上昇する。供給流路 2 1 の圧力は、圧力センサ 2 3 に検出される。そのため、制御装置 1 0 は、圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、燃料油専用モードにおいて気体燃料噴射弁 8 に異常が生じたか否かを検出することができる。

【0077】

以上説明したように、本実施形態によれば、気体燃料噴射弁 8 が使用されない燃料油専用モードにおいても、気体燃料噴射弁 8 の異常を検出することができる。

【0078】

<第3実施形態>

第3実施形態について説明する。以下の実施形態において、上述の実施形態と同一又は

10

20

30

40

50

同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略又は省略する。

【0079】

図13は、本実施形態に係る気体燃料供給システム15の一例を示す模式図である。図13に示すように、気体燃料供給システム15は、燃焼室7に気体燃料PGを噴射する気体燃料噴射弁8と、プレ噴射弁30とを備えている。プレ噴射弁30は、制御装置10に制御される。プレ噴射弁30は、気体燃料PGを燃焼室7に噴射する。

【0080】

プレ噴射弁30は、気体燃料噴射弁8からの気体燃料PGの噴射前に、気体燃料PGを燃焼室7に噴射する。本実施形態においては、プレ噴射弁30から噴射された気体燃料PGにより、燃焼室7において、まず空気と気体燃料PGとの混合気体が生成された後、さらに気体燃料噴射弁8から気体燃料PGが噴射されることにより、燃焼室7において燃焼が行われる。

【0081】

図14は、部分予混合燃焼を行う部分予混合燃焼モードのクランク角度と供給流路21の圧力（気体燃料噴射弁8の入口の圧力）との関係を示す図である。図14において、横軸はクランク角度であり、縦軸は、気体燃料噴射弁8とゲート弁22との間の供給流路21の圧力（気体燃料噴射弁8の入口の圧力）である。また、図14は、プレ噴射弁30が正常及び開異常であるときの、クランク角度と供給流路21の圧力との関係を示す。

【0082】

部分予混合燃焼モードにおいては、気体燃料噴射弁8からの気体燃料PGの噴射が行われる前に、プレ噴射弁30からの気体燃料PGの噴射が行われる。気体燃料噴射弁8から気体燃料PGを噴射するときの気体燃料噴射弁8及びゲート弁22の動作は、上述の実施形態と同様である。すなわち、制御装置10は、クランク角度がA1度のとき、ゲート弁22を開け、クランク角度がA2度のとき、気体燃料噴射弁8を開け、クランク角度がA3度のとき、気体燃料噴射弁8を閉じ、クランク角度がA4度のとき、ゲート弁22を開じるように指令信号を出力する。

【0083】

プレ噴射弁30から気体燃料PGを噴射するときのゲート弁22及びプレ噴射弁30の開閉のシーケンスは、気体燃料噴射弁8から気体燃料PGを噴射するときのゲート弁22及び気体燃料噴射弁8の開閉のシーケンスと同様である。すなわち、プレ噴射弁30から気体燃料PGを噴射するとき、制御装置10は、クランク角度がA1p度のとき、ゲート弁22を開け、クランク角度がA2p度のとき、プレ噴射弁30を開け、クランク角度がA3p度のとき、プレ噴射弁30を閉じ、クランク角度がA4p度のとき、プレ噴射弁30を開じる。

【0084】

制御装置10は、クランク角度A3pにおいて気体燃料PGを噴射したプレ噴射弁30を閉じてからクランク角度A4pにおいてゲート弁22を閉じた後、気体燃料噴射弁8からの気体燃料PGの噴射が行われるように、クランク角度A1においてゲート弁22を開けるように指令信号を出力する。

【0085】

図14を参照して、制御装置10がプレ噴射弁30を閉じる指令信号を出力したにもかかわらず、プレ噴射弁30が開いている異常（開異常）について説明する。

【0086】

クランク角度A3pのとき、制御装置10からプレ噴射弁30を閉じる指令信号が出力されたにもかかわらず、プレ噴射弁30が閉じずに、クランク角度A4pのとき、ゲート弁22が閉じると、ゲート弁22が閉じた状態で、気体燃料PGはプレ噴射弁30から燃焼室7に噴射される。その結果、図14に示すように、クランク角度A3pの時点から、供給流路21の圧力は低下する。このように、プレ噴射弁30が異常（開異常）なときと正常なときとで、クランク角度A3pにおいてプレ噴射弁30を閉じるための指令信号が出力されてからクランク角度A1においてゲート弁22を開くための指令信号が出力され

10

20

30

40

50

るまでの期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は異なる。すなわち、プレ噴射弁 3 0 が正常なときは、期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は、図 14 中、実線で示すように、圧力 P_2 となり、プレ噴射弁 3 0 が閉異常なときは、期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は、図 14 中、点線で示すように、圧力 P_2 よりも低い圧力となる。したがって、制御装置 1 0 は、期間 T_j における圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、プレ噴射弁 3 0 が異常か否かを検出することができる。

【0087】

次に、制御装置 1 0 がプレ噴射弁 3 0 を開ける指令信号を出力したにもかかわらず、プレ噴射弁 3 0 が閉じている異常（閉異常）について説明する。図 15 は、プレ噴射弁 3 0 が閉異常であるときの、クランク角度と供給流路 2 1 の圧力（気体燃料噴射弁 8 の入口の圧力）との関係を示す図である。

10

【0088】

クランク角度 A_{2p} のとき、制御装置 1 0 からプレ噴射弁 3 0 を開く指令信号が出力されたにもかかわらず、プレ噴射弁 3 0 が開かないと、プレ噴射弁 3 0 が閉じ、ゲート弁 2 2 が開いている状態で、圧力 P_1 の気体燃料 P_G が供給流路 2 1 に供給される。これにより、図 15 に示すように、期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は、圧力 P_1 となる。このように、プレ噴射弁 3 0 が異常（閉異常）なときと正常なときとで、期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は異なる。すなわち、プレ噴射弁 3 0 が正常なときは、期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は、図 15 中、実線で示すように、圧力 P_2 となり、プレ噴射弁 3 0 が閉異常なときは、期間 T_j における供給流路 2 1 の圧力は、図 15 中、点線で示すように、圧力 P_2 よりも高い圧力 P_1 となる。したがって、期間 T_j における圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいて、プレ噴射弁 3 0 が異常か否かを検出することができる。

20

【0089】

以上説明したように、本実施形態によれば、気体燃料供給システム 1 5 がプレ噴射弁 3 0 を有する場合、プレ噴射弁 3 0 が閉じてからゲート弁 2 2 が開くまでの期間 T_j における圧力センサ 2 3 の検出結果に基づいてプレ噴射弁 3 0 の異常を検出することができる。

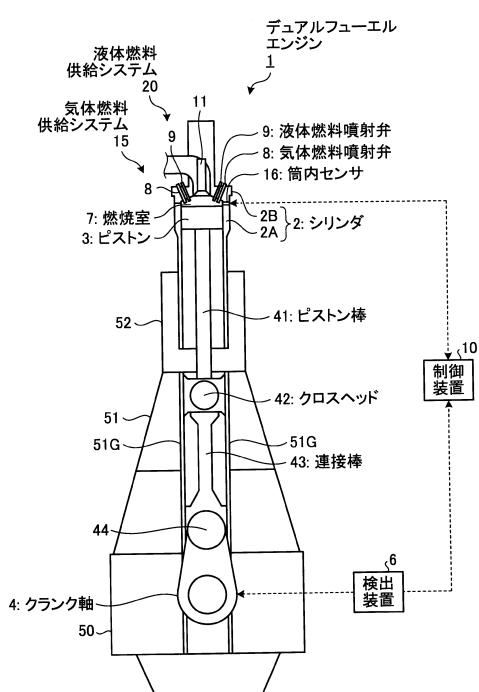
【符号の説明】

【0090】

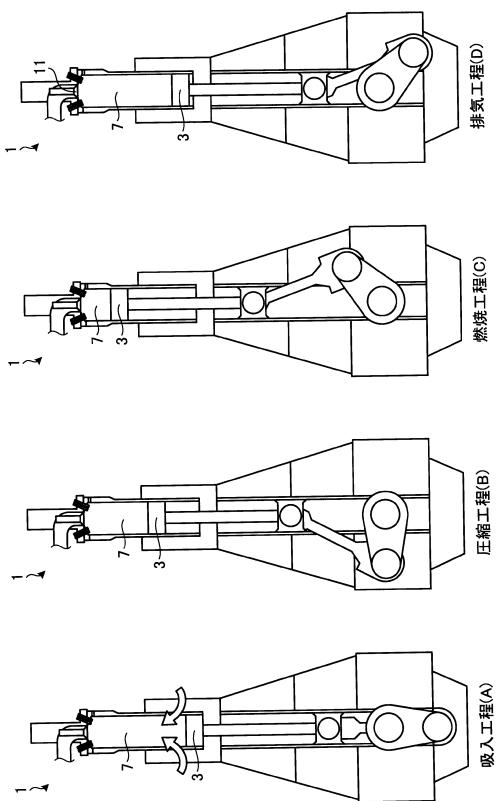
- 1 デュアルフューエルエンジン
- 7 燃焼室
- 8 気体燃料噴射弁
- 15 気体燃料供給システム
- 16 筒内センサ
- 21 供給流路
- 22 ゲート弁
- 23 圧力センサ
- 30 プレ噴射弁
- P_G 気体燃料

30

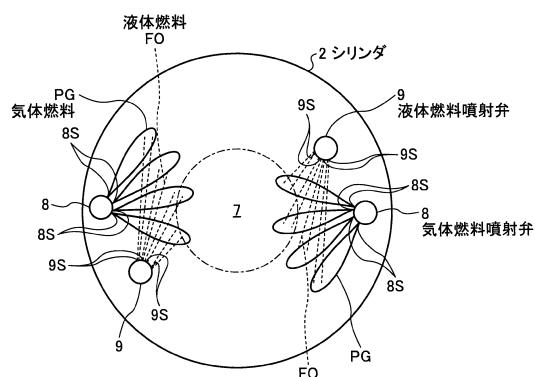
【図1】



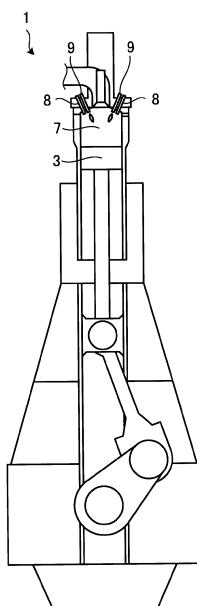
【図2】



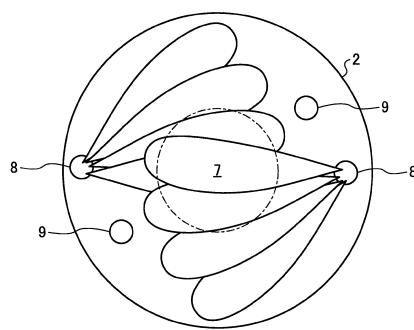
【図3】



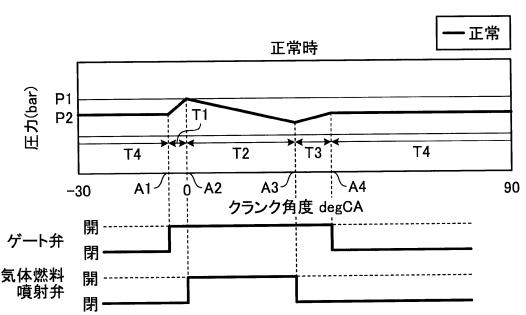
【図4】



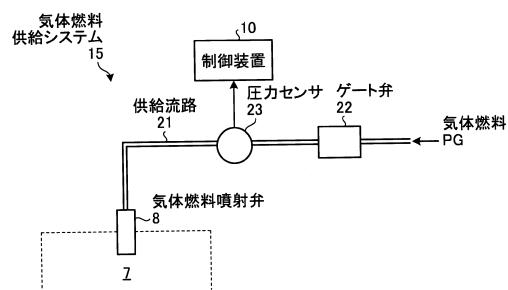
【図5】



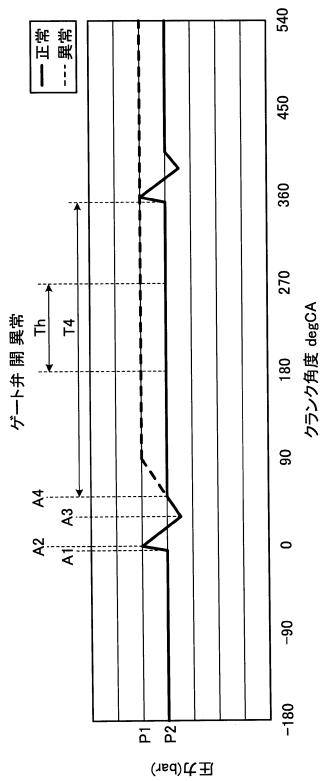
【図7】



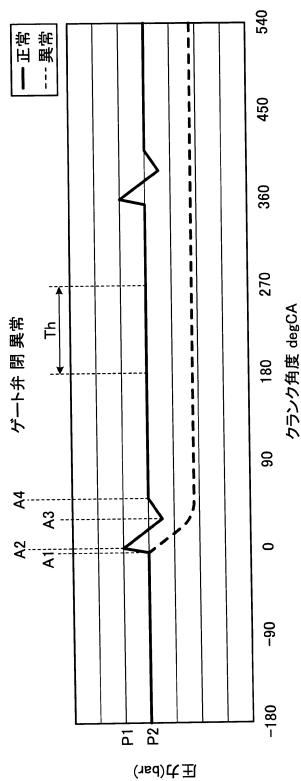
【図6】



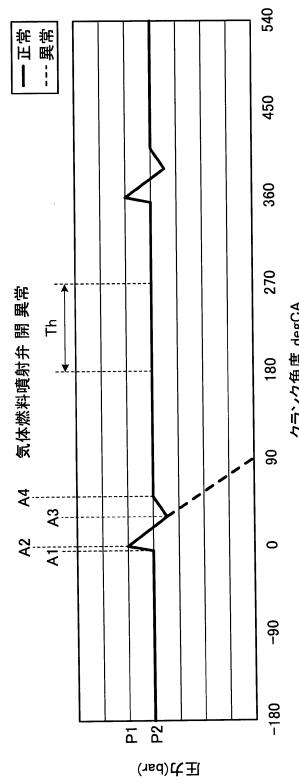
【図8】



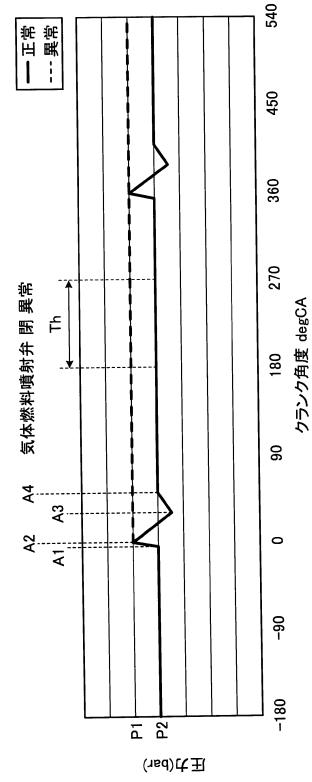
【図9】



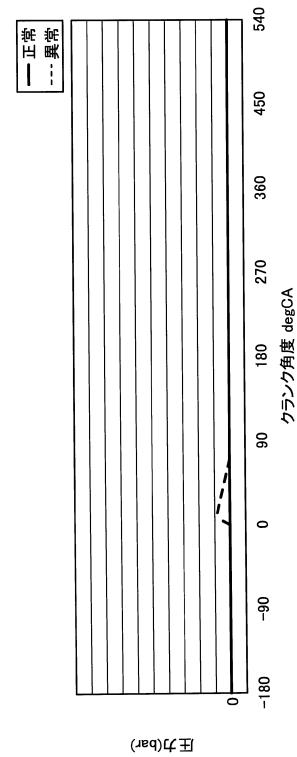
【図10】



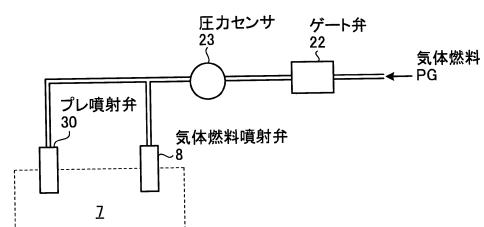
【図11】



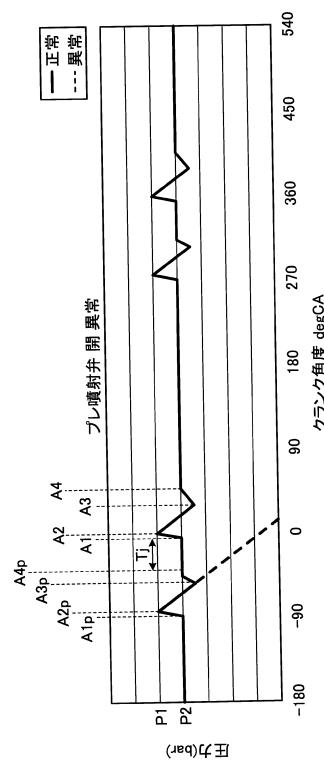
【図12】



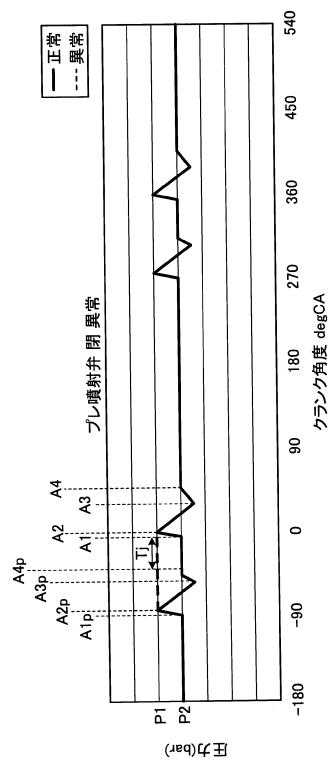
【図13】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(72)発明者 駒田 耕之
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(72)発明者 平岡 直大
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 戸田 耕太郎

(56)参考文献 特開2012-132418(JP, A)
特開2009-013992(JP, A)
特開2000-282956(JP, A)
特開2006-329135(JP, A)
特許第3432098(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 02 D 19 / 08
F 02 D 41 / 22