

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7632050号
(P7632050)

(45)発行日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日 令和7年2月10日(2025.2.10)

(51)国際特許分類	F I				
F 0 1 P	7/14	(2006.01)	F 0 1 P	7/14	N
F 0 1 P	7/16	(2006.01)	F 0 1 P	7/16	5 0 2 A
F 0 2 B	23/10	(2006.01)	F 0 2 B	23/10	3 2 0

請求項の数 11 (全28頁)

(21)出願番号	特願2021-81789(P2021-81789)	(73)特許権者	000003137
(22)出願日	令和3年5月13日(2021.5.13)		マツダ株式会社
(65)公開番号	特開2022-175421(P2022-175421 A)	(74)代理人	広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号
(43)公開日	令和4年11月25日(2022.11.25)		110001427
審査請求日	令和6年3月21日(2024.3.21)		弁理士法人前田特許事務所
		(72)発明者	三角 春樹
			広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
		(72)発明者	山垣 拓馬
			広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
		審査官	佐々木 淳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エンジンシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃烧室の周囲に設けられたウォータジャケットを有するエンジンと、
 前記エンジンに取り付けられかつ、前記ウォータジャケットに冷却水を循環させる循環装置と、
 前記エンジンの運転状態に応じて前記循環装置を制御する制御器と、を備え、
 前記循環装置は、
 熱交換器を含むラジエータ流路と、
 前記熱交換器をバイパスするバイパス流路と、
 前記ラジエータ流路及び前記バイパス流路のそれぞれを流れる冷却水の流量を調整することによって、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を調整する流量調整装置と、
 前記ラジエータ流路に接続されかつ、冷却水が前記熱交換器を通過するよう開弁するサーモスタット弁と、を有し、
 前記制御器は、前記流量調整装置に電氣的に接続されると共に、
 前記エンジンの負荷が第 1 負荷よりも低い場合に、前記ラジエータ流路を閉じかつ、前記バイパス流路を流れる冷却水の流量を調整することによって、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を、前記負荷に応じて調整するよう、前記流量調整装置を制御し
 かつ、
 前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、冷却水が前記ラジエータ流路及び前記バイパ

10

20

ス流路のそれぞれを流れるよう、前記流量調整装置を制御する、エンジンシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷よりも低い場合において、前記負荷が高い場合は、低い場合よりも、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を増やす、エンジンシステム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記バイパス流路を流れる冷却水の流量及び前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を調整することによって、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度を、前記負荷に応じて調整する、エンジンシステム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記負荷が高い場合は、低い場合よりも、前記バイパス流路を流れる冷却水の流量を減らしかつ、前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やす、エンジンシステム。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を最大流量にする、エンジンシステム。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷よりも低い場合、及び、前記第 1 負荷以上の場合に、前記燃焼室の壁温を一定温度にする、エンジンシステム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度を、前記サーモスタット弁の開弁温度よりも下げる、エンジンシステム。

【請求項 8】

請求項 4 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上でかつ、第 2 負荷よりも低い場合、前記負荷の上昇に対して前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が下がるように、前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やし、前記負荷が前記第 2 負荷以上の場合、前記負荷の上昇に対して前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が一定になるように、前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やす、エンジンシステム。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のエンジンシステムにおいて、

前記エンジンは、混合気を強制点火する点火装置を有しかつ、前記負荷が前記第 1 負荷よりも低い場合に、前記燃焼室内の混合気を、前記点火装置の強制点火無しに燃焼させ、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記燃焼室内の混合気を、前記点火装置の強制点火によって燃焼させる、エンジンシステム。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のエンジンシステムにおいて、
前記流量調整装置は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが分流する部位、又は、
前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが合流する部位に設置され、
前記循環装置は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とを連絡する連絡流路をさらに有し、
前記サーモスタット弁は、前記連絡流路を開閉する、
エンジンシステム。

【請求項 1 1】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のエンジンシステムにおいて、
前記流量調整装置は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが分流する部位、又は、
前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが合流する部位に設置され、
前記循環装置は、前記流量調整装置をバイパスして前記ウォータジャケットと前記ラジエータ流路とを連絡する連絡流路をさらに有し、
前記サーモスタット弁は、前記連絡流路を開閉する、
エンジンシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

ここに開示する技術は、エンジンシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、エンジンの冷却装置が開示されている。この冷却装置は、エンジンとラジエータとの間で冷却水を循環させるラジエータ経路（23、同明細書で示す符号。以下同様）と、ラジエータをバイパスして冷却水を循環させるラジエータバイパス経路（24）とを有している。ラジエータバイパス経路（24）には、空調装置のヒータコア（31）及び自動変速機の潤滑オイルを温める ATF ウォーマー（32）が配設されている。

【0003】

冷却装置は、ロータリ式流量制御弁（50）を有している。ロータリ式流量制御弁（50）は、回転弁体（51）の回転位置に応じて、ラジエータ経路（23）及びラジエータバイパス経路（24）を開閉させる。ロータリ式流量制御弁（50）はまた、ラジエータ経路接続路（71）と、サーモスタット弁配設路（72）とを有している。ラジエータ経路接続路（71）は、ラジエータ経路（23）に接続される。サーモスタット弁配設路（72）には、サーモスタット弁（40）が設けられている。サーモスタット弁 40 の開弁時に、冷却液は、サーモスタット弁配設路（72）からラジエータ経路（23）へ流れる。

【0004】

冷却水の温度が所定温度以上になったエンジンの温間時に、ロータリ式流量制御弁（50）は、回転弁体（51）の回転位置を、ラジエータバイパス経路（24）及びサーモスタット弁配設路（72）のそれぞれに冷却水を流すような回転位置にする。エンジンの温間時には、サーモスタット弁（40）が開弁するため、サーモスタット弁配設路（72）からラジエータ経路（23）へ冷却水が流れる。

【0005】

冷却水の温度がさらに上昇した場合、ロータリ式流量制御弁（50）は、回転弁体（51）の回転位置を、ラジエータバイパス経路（24）、サーモスタット弁配設路（72）及びラジエータ経路接続路（71）の全てに冷却水を流すような回転位置にする。また、冷却水の温度、エンジン負荷、及び／又はエンジン回転数が高いほど、ラジエータ経路（23）への冷却液の流量が多くなるよう、回転弁体（51）の回転位置が調整される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2016 - 128652 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

エンジンが完全暖機した後、燃焼室は高温になる。その燃焼室を冷却するため、特許文献1の冷却装置にもあるように、エンジンの本体を構成しているシリンダボア、シリンダヘッドなどにおける燃焼室の周囲の部分には、ラジエータで冷却した冷却水が流れる流路、いわゆるウォータジャケットが設けられている。

【0008】

ところで、エンジンの燃焼制御において、燃焼室の中の温度（筒内温度）は、重要な因子の1つである。燃焼制御が高度になればなるほど、筒内温度は、緻密な制御が要求される。例えば、圧縮着火燃焼を安定して制御するためには、筒内温度を、火花点火燃焼よりも高温で、しかも精度高く制御することが必要になる。また、エンジンの負荷に応じて燃焼室の中で発生する熱量が変化するため、筒内温度も変化する。

10

【0009】

その筒内温度の制御においては、燃焼室の壁温は、重要な因子の1つである。エンジンの負荷が変わることに対して応答性良く、燃焼室の壁温を調整することが求められる。

【0010】

この点に関して特許文献1の冷却装置は、冷却水の温度が高くなると、ラジエータ経路を流れる冷却水の流量を増やすことによって冷却水の温度を下げる。冷却水の温度が変わると、冷却水と燃焼室との間の熱交換量が変わる。燃焼室の中で発生する熱量に応じて熱交換量を変えれば、燃焼室の壁温を調整することができる。

20

【0011】

しかしながら、冷却水の熱容量が大きいので、冷却水の温度を変えるには長い時間が必要である。冷却水の温度調整によって、エンジンの負荷が変わることに対して応答性良く、燃焼室の壁温を調整することは難しい。

【0012】

ここに開示する技術は、エンジンの負荷に応じて、燃焼室の壁温を高い応答性で調整する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本願発明者らは、冷却水の温度を変えるのではなく、ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を変えることにより、冷却水と燃焼室との間の熱伝達率を変えて燃焼室の壁温を調整する点に着目し、ここに開示する技術を完成させた。

30

【0014】

ここに開示する技術は、エンジンシステムに係り、このエンジンシステムは、燃焼室の周囲に設けられたウォータジャケットを有するエンジンと、前記エンジンに取り付けられかつ、前記ウォータジャケットに冷却水を循環させる循環装置と、

前記エンジンの運転状態に応じて前記循環装置を制御する制御器と、を備え、

前記循環装置は、

40

熱交換器を含むラジエータ流路と、

前記熱交換器をバイパスするバイパス流路と、

前記ラジエータ流路及び前記バイパス流路のそれぞれを流れる冷却水の流量を調整することによって、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を調整する流量調整装置と、

前記ラジエータ流路に接続されかつ、冷却水が前記熱交換器を通過するよう開弁するサーモスタット弁と、を有し、

前記制御器は、前記流量調整装置に電氣的に接続されると共に、

前記エンジンの負荷が第1負荷よりも低い場合に、前記ラジエータ流路を閉じかつ、前記バイパス流路を流れる冷却水の流量を調整することによって、前記ウォータジャケッ

50

トを流れる冷却水の流量を、前記負荷に応じて調整するよう、前記流量調整装置を制御し
かつ、

前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、冷却水が前記ラジエータ流路及び前記バイパス流路のそれぞれを流れるよう、前記流量調整装置を制御する。

【 0 0 1 5 】

この構成によると、エンジンのウォータジャケットを通過する冷却水は、燃焼室との間で熱交換を行う。冷却水は、循環装置によって、ウォータジャケットに循環する。

【 0 0 1 6 】

循環装置はサーモスタット弁を有している。サーモスタット弁は、冷却水が所定温度の場合に開弁する。サーモスタット弁が開弁すると、冷却水の一部が熱交換器を通過するため、冷却水の温度が下がる。サーモスタット弁は、冷却水の温度を、サーモスタット弁の開弁温度に対応する特定の温度に維持させる。

10

【 0 0 1 7 】

エンジンの負荷が第 1 負荷よりも低い場合、流量調整装置は、ラジエータ流路を閉じる。冷却水は、バイパス流路を流れる。流量調整装置はまた、冷却水の流量を調整する。これにより、ウォータジャケットを流れる冷却水の流量が変わる。冷却水の流量は、流量調整装置によって、冷却水の温度に比べて速やかに変更できるから、流量調整装置は、ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を、負荷の変化に対して高い応答性で調整できる。

【 0 0 1 8 】

ウォータジャケットを流れる冷却水の流量が下がると熱伝達率が下がり、ウォータジャケットを流れる冷却水の流量が上がると熱伝達率が上がる。エンジンの負荷に応じて、燃焼室の中で発生する熱量は変わる。従って、前記のエンジンシステムは、エンジンの負荷に応じて、制御器が、流量調整装置を通じてウォータジャケットを流れる冷却水の流量を変えるから、燃焼室の壁温を高い応答性で調整することができる。

20

【 0 0 1 9 】

エンジンの負荷が第 1 負荷以上の場合、燃焼室の中で発生する熱量が相対的に増える。制御器は、流量調整装置を通じて、ラジエータ流路及びバイパス流路のそれぞれを冷却水が流れるようにする。例えばラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やすことによって、冷却水の温度が下がる。エンジンの負荷が第 1 負荷以上の場合に、燃焼室の壁温が適切な温度になる。

30

【 0 0 2 0 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷よりも低い場合において、前記負荷が高い場合は、低い場合よりも、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を増やす、としてもよい。

【 0 0 2 1 】

エンジンの負荷が高くなると燃焼室の中で発生する熱量が増大する。負荷が高い場合は、低い場合よりも、ウォータジャケットを流れる冷却水の流量が増えることにより、熱伝達率が上がる。燃焼室の壁温が、適切な温度に維持される。

【 0 0 2 2 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記バイパス流路を流れる冷却水の流量及び前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を調整することによって、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度を、前記負荷に応じて調整する、としてもよい。

40

【 0 0 2 3 】

ラジエータ流路を流れる冷却水の流量が増え、冷却水の温度が下がる。負荷が高くなると燃焼室の中に発生する熱量が増えるが、ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が負荷に応じて調整されることによって、燃焼室の壁温が適切な温度になる。

【 0 0 2 4 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記負荷が高い場合は、低い場合よりも、前記バイパス流路を流れる冷却水の流量を減らしかつ、前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やす、としてもよい。

50

【 0 0 2 5 】

ラジエータ流路を流れる冷却水の流量が増え、冷却水の温度が下がる。負荷が高かつ、燃焼室の中で発生する熱量が高い場合に冷却水の温度が下がることによって、燃焼室の壁温が適切な温度になる。逆に、ラジエータ流路を流れる冷却水の流量が減ると、冷却水の温度が上がる。負荷が低かつ、燃焼室の中で発生する熱量が低い場合に冷却水の温度が上がることによって、燃焼室の壁温が適切な温度になる。

【 0 0 2 6 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を最大流量にする、としてもよい。

【 0 0 2 7 】

負荷が第 1 負荷以上になると、燃焼室の中で発生する熱量が増える。ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を最大流量にすることによって、燃焼室の中で発生する熱量が高い場合に、燃焼室の壁温が適切な温度になる。

【 0 0 2 8 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷よりも低い場合、及び、前記第 1 負荷以上の場合に、前記燃焼室の壁温を一定温度にする、としてもよい。

【 0 0 2 9 】

エンジンの負荷が低い場合において理想とされる燃焼室の壁温と、エンジンの負荷が高い場合において理想とされる燃焼室の壁温とは必ずしも一致しない。負荷の高低に応じて燃焼室の壁温を変更することが理想的である。しかしながら、燃焼室の壁部は熱容量が大きいいため、燃焼室の壁部の温度を、短時間で上げたり下げたりすることは難しい。

【 0 0 3 0 】

そこで、前記の構成は、燃焼室の壁温を、負荷が第 1 負荷よりも低い場合、及び、第 1 負荷以上の場合のそれぞれにおいて許容できる特定温度に維持する。具体的に負荷が第 1 負荷よりも低い場合は、サーモスタット弁を用いて冷却水を一定の温度にしながら、ウォータジャケットを流れる冷却水の流量を、負荷に応じて調整することによって、燃焼室の壁温を特定温度に維持する。負荷が第 1 負荷以上の場合は、バイパス流路を流れる冷却水の流量及びラジエータ流路を流れる冷却水の流量を調整することによって、ウォータジャケットを流れる冷却水の温度を負荷に応じて調整し、燃焼室の壁温を、同じ特定温度に維持する。その結果、エンジンの負荷が第 1 負荷よりも低くなったり、第 1 負荷以上になったりしても、燃焼室の壁温は適切な温度になる。

【 0 0 3 1 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度を、前記サーモスタット弁の開弁温度よりも下げる、としてもよい。

【 0 0 3 2 】

エンジンの負荷が高いと、燃焼室の中で発生する熱量が多い。ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が相対的に下がることによって、燃焼室の壁温を適切な温度にできる。

【 0 0 3 3 】

エンジンの負荷が低い場合、燃焼室の中で発生する熱量が少ない。負荷が第 1 負荷よりも低い場合、冷却水の温度は、前述したようにサーモスタット弁の開弁温度によって定まる。サーモスタット弁の開弁温度を相対的に高い温度に設定することにより、ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が相対的に上がるから、燃焼室の壁温を適切な温度にできる。

【 0 0 3 4 】

前記制御器は、前記負荷が前記第 1 負荷以上でかつ、第 2 負荷よりも低い場合、前記負荷の上昇に対して前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が下がるように、前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やし、前記負荷が前記第 2 負荷以上の場合、前記負荷の上昇に対して前記ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が一定になるように、前記ラジエータ流路を流れる冷却水の流量を増やす、としてもよい。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

負荷が第 1 負荷以上でかつ第 2 負荷よりも低い場合、つまり中負荷の場合、負荷が上がると、ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が下がる。燃烧室の壁温を、負荷の上昇に対して一定の温度に維持できる。負荷が第 2 負荷以上である場合、つまり高負荷の場合、負荷の上昇に対し、ウォータジャケットを流れる冷却水の温度が一定になる。燃烧室の壁温を適切な温度にできる。

【 0 0 3 6 】

前記エンジンは、混合気を強制点火する点火装置を有しかつ、前記負荷が前記第 1 負荷よりも低い場合に、前記燃烧室内の混合気を、前記点火装置の強制点火無しに燃烧させ、前記負荷が前記第 1 負荷以上の場合に、前記燃烧室内の混合気を、前記点火装置の強制点火によって燃烧させる、としてもよい。

10

【 0 0 3 7 】

燃烧室内の混合気が、強制点火なしで燃烧する場合、つまり、自着火により燃烧する場合、エンジンの熱効率が向上するから燃烧室の壁温は低くなりがちであるのに対し、燃烧安定化の観点からは、燃烧室の壁温は相対的に高い温度に維持することが好ましい。前述したように、サーモスタット弁の開弁温度を相対的に高い温度に設定することにより、ウォータジャケットを流れる冷却水の温度を相対的に上げかつ、燃烧室の壁温を高くしてもよい。

【 0 0 3 8 】

ウォータジャケットを流れる冷却水の流量は、前述したように、負荷に応じて調整される。このことによって、燃烧室の中で発生する熱量に応じて熱伝達率が変わり、燃烧室の壁温が適切な温度に維持される。

20

【 0 0 3 9 】

燃烧室内の混合気が、強制点火によって燃烧する場合、熱効率の低下により燃烧室の壁温は相対的に高くなると共に、燃烧室の壁温が高くなりすぎることは、ノッキングといった異常燃烧を招く恐れがある。そのため、燃烧室内の混合気が、強制点火によって燃烧する場合、冷却水がラジエータ流路及びバイパス流路のそれぞれを流れるよう、制御器が流量調整装置を制御する。このことにより、冷却水の温度が相対的に低下するから、燃烧室の壁温を適切な温度にできる。

【 0 0 4 0 】

前記流量調整装置は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが分流する部位、又は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが合流する部位に設置され、

30

前記循環装置は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とを連絡する連絡流路をさらに有し、

前記サーモスタット弁は、前記連絡流路を開閉する、としてもよい。

【 0 0 4 1 】

この構成によると、ラジエータ通路が閉じられた状態において、冷却水の温度が上がってサーモスタット弁が開弁すると、冷却水はバイパス流路からラジエータ流路へ流れる。冷却水の温度が低下する。サーモスタット弁は、冷却水を所定の温度に維持できる。

【 0 0 4 2 】

前記流量調整装置は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが分流する部位、又は、前記バイパス流路と前記ラジエータ流路とが合流する部位に設置され、

40

前記循環装置は、前記流量調整装置をバイパスして前記ウォータジャケットと前記ラジエータ流路とを連絡する連絡流路をさらに有し、

前記サーモスタット弁は、前記連絡流路を開閉する、としてもよい。

【 0 0 4 3 】

この構成によると、流量調整装置によってラジエータ通路が閉じられた状態において、冷却水の温度が上がってサーモスタット弁が開弁すると、冷却水は、流量調整装置をバイパスして、ラジエータ流路へ流れる。冷却水の温度が低下する。この場合も、サーモスタット弁は、冷却水を所定の温度に維持できる。

【 0 0 4 4 】

50

前記流量調整装置は、

前記バイパス流路に接続される第 1 ポートと、前記ラジエータ流路に接続される第 2 ポートと、前記第 1 ポート及び前記第 2 ポートの各々につながる第 3 ポートと、が設けられたハウジングと、

前記ハウジングに回転可能な状態で収容され、前記第 1 ポートと前記第 2 ポートと前記第 3 ポートとの間に介在し、前記第 1 ポートにつながる第 1 通水開口および前記第 2 ポートにつながる第 2 通水開口を有する回転弁体と、

前記回転弁体を回転させて前記第 1 通水開口および前記第 2 通水開口の各々の開度を変更することにより、前記第 1 ポートおよび前記第 2 ポートの各々を流れる冷却水の流量を調整するアクチュエータと、
を有している、としてもよい。

10

【0045】

回転弁体を有する流量調整装置は、バイパス流路及び／又はラジエータ流路を選択的に閉じることができると共に、バイパス流路の流量、及び、ラジエータ流路の流量を調整できる。流量調整装置を備えたエンジンシステムは、前述したウォータジャケットの流量調整を簡易な構成で実現できる。

【発明の効果】

【0046】

以上説明したように、前記のエンジンシステムによると、エンジンの負荷に応じて、燃焼室の壁温を高い応答性で調整することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図 1】図 1 は、例示的なエンジンシステムを示す。

【図 2】図 2 は、例示的なエンジンシステムのブロック図である。

【図 3】図 3 は、エンジンシステムの例示的な制御マップを示す。

【図 4】図 4 は、例示的な循環装置を示す。

【図 5】図 5 は、例示的な流量調整装置を示す。

【図 6】図 6 は、循環装置の例示的な制御を示す。

【図 7】図 7 は、循環装置の例示的な制御を示す。

【図 8】図 8 は、循環装置の例示的な制御手順を示す。

【図 9】図 9 は、循環装置の例示的な制御手順を示す。

【図 10】図 10 は、例示的な循環装置を示す。

30

【発明を実施するための形態】

【0048】

以下、エンジンシステムの実施形態について、図面を参照しながら説明する。ここで説明するエンジンシステムは例示である。

【0049】

(エンジンシステムの構成例)

図 1 及び図 2 は、エンジンシステム 1 の構成例を示している。エンジンシステム 1 は、自動車に搭載されている。エンジンシステム 1 は、内燃機関であるエンジン 10 を備えている。エンジン 10 が運転すると、自動車は走行する。尚、自動車は、走行の動力源としてエンジン 10 のみが搭載された自動車であってもよいし、エンジン 10 及び電気モータが搭載されたハイブリッド自動車であってもよい。

40

【0050】

エンジン 10 は、シリンダブロック 11 と、シリンダヘッド 12 とを備えている。シリンダブロック 11 には、複数のシリンダ 13 が形成されている。エンジン 10 は、多気筒エンジンである。

【0051】

複数のシリンダ 13 は、クランクシャフト 14 に沿って一列に並んでいる(図 4 も参照)。各シリンダ 13 には、ピストン 15 が内挿されている。ピストン 15 は、コネクティ

50

ングロッド 151 を介してクランクシャフト 14 に連結されている。ピストン 15、シリンダ 13 及びシリンダヘッド 12 は、燃焼室 16 を形成する。

【0052】

シリンダヘッド 12 には、各シリンダ 13 に連通する吸気ポート 121 が形成されている。吸気ポート 121 に配設された吸気弁 122 は、吸気ポート 121 を開閉する。吸気動弁装置 123 (図 2 参照) は、吸気弁 122 を所定のタイミングで開閉する。吸気動弁装置 123 は、バルブタイミング及び/又はバルブリフトを可変にする可変動弁装置である。

【0053】

シリンダヘッド 12 には、各シリンダ 13 に連通する排気ポート 124 が形成されている。排気ポート 124 に配設された排気弁 125 は、排気ポート 124 を開閉する。排気動弁装置 126 は、排気弁 125 を所定のタイミングで開閉する。排気動弁装置 126 は、バルブタイミング及び/又はバルブリフトを可変にする可変動弁装置である。

【0054】

シリンダヘッド 12 には、シリンダ 13 毎に、インジェクタ 131 が取り付けられている。インジェクタ 131 は、シリンダ 13 の中に燃料を直接噴射する。シリンダヘッド 12 には、シリンダ 13 毎に、点火プラグ 132 が取り付けられている。点火プラグ 132 は、シリンダ 13 の中の混合気に強制的に点火をする。

【0055】

エンジン 10 の一側面には吸気通路 17 が接続されている。吸気通路 17 は、吸気ポート 121 に連通している。吸気通路 17 には、スロットル弁 171 が配設されている。スロットル弁 171 は、シリンダ 13 の中への空気の導入量を調節する。エンジン 10 の他側面には、排気通路 18 が接続されている。排気通路 18 は排気ポート 124 に連通している。

【0056】

吸気通路 17 と排気通路 18 との間には、EGR 通路 19 が接続されている。EGR 通路 19 は、排気ガスの一部を吸気通路 17 に還流させる。EGR 通路 19 には、EGR クーラー 191 が配設されている。EGR クーラー 191 は、排気ガスを冷却する。EGR 通路 19 にはまた、EGR 弁 192 が配設されている。EGR 弁 192 は、EGR 通路 19 を流れる排気ガスの流量を調節する。

【0057】

エンジンシステム 1 は、エンジン 10 を運転するための ECU (Engine Control Unit) 100 を備えている。ECU 100 は、周知のマイクロコンピュータをベースとするコントローラーであって、中央演算処理装置 (Central Processing Unit: CPU) 101 と、メモリ 102 と、I/F 回路 103 と、を備えている。CPU 101 は、プログラムを実行する。メモリ 102 は、例えば RAM (Random Access Memory) や ROM (Read Only Memory) により構成されてプログラム及びデータを格納する。I/F 回路 103 は、電気信号の入出力をする。ECU 100 は、制御器の一例である。

【0058】

ECU 100 には、各種のセンサ SN1 ~ SN5 が接続されている。センサ SN1 ~ SN5 は、信号を ECU 100 に出力する。センサには、以下のセンサが含まれる。

第 1 水温センサ SN1 : 後述する冷却水の循環装置 91 において、エンジン 10 に流入する冷却水の温度に対応する信号を出力する。

第 2 水温センサ SN2 : エンジン 10 に取り付けられ、エンジン 10 内を流れる冷却水の温度に対応する信号を出力する。

筒内圧センサ SN3 : シリンダヘッド 12 に取り付けられかつ、各シリンダ 13 内の圧力に対応する信号を出力する。

クランク角センサ SN4 : エンジン 10 に取り付けられかつ、クランクシャフト 14 の回転角に対応する信号を出力する。

アクセル開度センサ SN5 : アクセルペダル機構に取り付けられかつ、アクセルペダルの

10

20

30

40

50

操作量に対応した信号を出力する。

【 0 0 5 9 】

ＥＣＵ１００は、これらのセンサＳＮ１～ＳＮ５の信号に基づいて、エンジン１０の運転状態を判断すると共に、予め定められている制御ロジックに従って、各デバイスの制御量を演算する。制御ロジックは、メモリ１０２に記憶されている。制御ロジックは、メモリ１０２に記憶しているマップを用いて、目標量及び／又は制御量を演算することを含む。ＥＣＵ１００は、演算をした制御量に係る電気信号を、インジェクタ１３１、点火プラグ１３２、吸気動弁装置１２３、排気動弁装置１２６、スロットル弁１７１、ＥＧＲ弁１９２、及び、後述する冷却水制御バルブ４に出力する。

【 0 0 6 0 】

より詳細に、ＥＣＵ１００は、機能ブロックとして、負荷演算部１０４、燃焼形態判定部１０５、水温判定部１０６、及び、ＣＣＶ制御部１０７を有している。

【 0 0 6 1 】

負荷演算部１０４は、アクセル開度センサＳＮ５の出力信号に基づいて、エンジン１０の目標負荷を演算する。燃焼形態判定部１０５は、エンジン１０の負荷と、クランク角センサＳＮ４の出力信号に基づいて、後述するベースマップ３０１（図３参照）におけるエンジン１０の運転領域を判定し、運転領域に対応する燃焼形態を判定する。水温判定部１０６は、第２水温センサＳＮ２の出力信号に基づいて、燃焼室１６の周囲のウォータジャケット２０（図４参照）を流れる冷却水の温度を判定する。ＣＣＶ制御部１０７は、エンジン１０の運転状態に応じて冷却水制御バルブ４を制御することにより、エンジン１０を冷却する。

【 0 0 6 2 】

（エンジンの運転制御マップ）

図３は、エンジン１０の制御に係るベースマップ３０１を例示している。ベースマップ３０１は、ＥＣＵ１００のメモリ１０２に記憶されている。図示しているベースマップ３０１は、エンジン１０が完全暖機の場合のベースマップ３０１である。

【 0 0 6 3 】

ベースマップ３０１は、エンジン１０の負荷及び回転数によって規定されている。ベースマップ３０１は、負荷の高低及び回転数の高低に対して大別して、四つの領域に分かれる。より詳細に、第１領域３１１は、高回転における低負荷から高負荷までの領域と、低回転及び中回転における高負荷の領域とを含む。第２領域３１２は、低回転及び中回転における低負荷の領域である。第３領域３１３は、低回転及び中回転における負荷が低から中程度の領域である。第４領域３１４は、低回転及び中回転における負荷が中から高程度の領域である。尚、低回転領域、中回転領域、及び、高回転領域はそれぞれ、エンジン１０の全運転領域を回転数方向に、低回転領域、中回転領域及び高回転領域の略三等分したときの、低回転領域、中回転領域、及び、高回転領域としてもよい。

【 0 0 6 4 】

次に、各領域におけるエンジン１０の運転について簡単に説明をする。ＥＣＵ１００は、エンジン１０に対する目標負荷、及び、エンジン１０の回転数に応じて、運転領域を判定し、判定した運転領域に応じて、ＥＣＵ１００は、吸気弁１２２及び排気弁１２５の開閉動作、燃料の噴射タイミング、及び、強制点火の有無を変える。それによって、エンジン１０の燃焼形態は、ＳＩ（Spark Ignition）燃焼、ＨＣＣＩ（Homogeneous Charge Compression Ignition）燃焼、ＭＰＣＩ（Multiple Premixed fuel injection Compression Ignition）燃焼、及び、ＳＰＣＣＩ（Spark Controlled Compression Ignition）燃焼に変わる。

【 0 0 6 5 】

（ＳＩ燃焼）

エンジン１０の運転状態が第１領域３１１にある場合に、ＥＣＵ１００は、シリンダ１３内の混合気を火炎伝播燃焼させる。吸気動弁装置１２３は、吸気弁１２２を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁し、排気動弁装置１２６は、排気弁１２５を所定

10

20

30

40

50

のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁する。インジェクタ１３１は、吸気行程及び／又は圧縮行程の期間中に、シリンダ１３の中に燃料を噴射する。点火プラグ１３２は、圧縮上死点の付近において、混合気に点火する。

【００６６】

（ＨＣＣＩ燃焼）

エンジン１０の運転状態が第２領域３１２にある場合に、ＥＣＵ１００は、シリンダ１３内の混合気を圧縮着火燃焼させる。吸気動弁装置１２３は、吸気弁１２２を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁し、排気動弁装置１２６は、排気弁１２５を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁する。インジェクタ１３１は、吸気行程の期間中に、シリンダ１３の中に燃料を噴射する。点火プラグ１３２は、混合気への点火を行わない。混合気は、圧縮上死点の付近において、圧縮自着火し、燃焼する。

10

【００６７】

（ＭＰＣＩ燃焼）

エンジン１０の運転状態が第３領域３１３にある場合に、ＥＣＵ１００は、シリンダ１３内の混合気を圧縮着火燃焼させる。吸気動弁装置１２３は、吸気弁１２２を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁し、排気動弁装置１２６は、排気弁１２５を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁する。インジェクタ１３１は、吸気行程の期間内と、圧縮行程の期間内とのそれぞれにおいて、シリンダ１３内に燃料を噴射する。インジェクタ１３１は、分割噴射を行う。点火プラグ１３２は、混合気への点火を行わない。混合気は、圧縮上死点の付近において、圧縮自着火し、燃焼する。

20

【００６８】

分割噴射によって、シリンダ１３内の混合気が不均質になる。この点で、ＭＰＣＩ燃焼は、均質な混合気が形成されるＨＣＣＩ燃焼とは異なる。ＭＰＣＩ燃焼は、エンジン１０の負荷が、相対的に高い場合において、圧縮自着火のタイミングをコントロール可能にする。

【００６９】

（ＳＰＣＣＩ燃焼）

エンジン１０の運転状態が第４領域３１４にある場合に、ＥＣＵ１００は、シリンダ１３内の混合気の一部を火炎伝播燃焼させ、残りを圧縮着火燃焼させる。吸気動弁装置１２３は、吸気弁１２２を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁し、排気動弁装置１２６は、排気弁１２５を所定のタイミング及び／又は所定のリフト量で開弁する。インジェクタ１３１は、圧縮行程の期間中に、シリンダ１３の中に燃料を噴射する。点火プラグ１３２は、圧縮上死点の付近において、混合気に点火する。混合気は火炎伝播燃焼を開始する。燃焼の発熱によりシリンダ１３の中の温度が高くなりかつ、火炎伝播によりシリンダ１３の中の圧力が上昇する。このことによって、未燃混合気が、例えば圧縮上死点後に圧縮自着火し、燃焼を開始する。圧縮着火燃焼の開始後、火炎伝播燃焼と圧縮着火燃焼とは並行して進行する。

30

【００７０】

（循環装置の構成）

次に、図４を参照しながら、エンジンシステム１が有する循環装置９１の構成を説明する。循環装置９１は、エンジン１０に取り付けられかつ、ウォータジャケット２０に冷却水を循環させる装置である。

40

【００７１】

ウォータジャケット２０は、エンジン１０の内部に形成されている。ウォータジャケット２０は、循環装置９１に接続されかつ、循環装置９１と共に、冷却水が循環する回路を構成する。ウォータジャケット２０は、ブロック内ジャケット２１、および、ヘッド内ジャケット２２を有している。ブロック内ジャケット２１は、各シリンダ１３の外周に沿って広がるように、シリンダブロック１１に形成されている。

【００７２】

ヘッド内ジャケット２２は、シリンダヘッド１２に形成されている。ヘッド内ジャケッ

50

ト 2 2 は、ブロック内ジャケット 2 1 と連通する（図 4 の点線参照）。ヘッド内ジャケット 2 2 は、第 1 ジャケット 2 2 a と第 2 ジャケット 2 2 b とを有している。第 1 ジャケット 2 2 a および第 2 ジャケット 2 2 b は、互いに独立している。

【 0 0 7 3 】

第 1 ジャケット 2 2 a は、一列に並んだ複数の燃焼室 1 6 の上部に沿って延びるように形成されている。第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水は、主に、燃焼室 1 6 と熱交換（主に冷却）する。詳細には、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水は、燃焼室 1 6 の中の雰囲気と、燃焼室 1 6 の壁面を介して熱交換する。

【 0 0 7 4 】

第 2 ジャケット 2 2 b は、一列に並んだ複数のシリンダ 1 3 の排気ポート 1 2 4 の周辺部位に沿って延びるように形成されている。第 2 ジャケット 2 2 b を流れる冷却水は、主に、高温の排気ガスが流れる排気ポート 1 2 4 と熱交換（主に冷却）する。

【 0 0 7 5 】

エンジン 1 0 の端部（流入側端部 1 0 a ）におけるシリンダブロック 1 1 には、ウォーターポンプ 3 が設置されている。ウォーターポンプ 3 は、循環装置 9 1 の一部を構成している。

【 0 0 7 6 】

ウォーターポンプ 3 は、プーリ、ベルトなどを介して、エンジン 1 0 のクランクシャフト 1 4 にポンプの回転軸が連結されている機械式ポンプである。ウォーターポンプ 3 は、エンジン 1 0 の駆動力によって作動する。なお、ウォーターポンプ 3 は、エンジン 1 0 から独立して作動できる電動ポンプであってもよい。

【 0 0 7 7 】

ブロック内ジャケット 2 1 は、冷却水導入路 2 3 を介してウォーターポンプ 3 の吐出口 3 a と接続されている。従って、ウォーターポンプ 3 が吐出する冷却水は、冷却水導入路 2 3 を通ってブロック内ジャケット 2 1 に流入する。ブロック内ジャケット 2 1 に流入した冷却水は、ヘッド内ジャケット 2 2 に流入する。詳細には、第 1 ジャケット 2 2 a と第 2 ジャケット 2 2 b とに分かれて流入する。

【 0 0 7 8 】

エンジン 1 0 の流入側端部 1 0 a とは反対側の端部（流出側端部 1 0 b ）におけるシリンダヘッド 1 2 には、冷却水制御バルブ 4（Coolant Control Valve：CCV、開示する技術における「流量調整装置」に相当）が設置されている。冷却水制御バルブ 4 は、循環装置 9 1 の一部を構成している。

【 0 0 7 9 】

冷却水制御バルブ 4 の第 3 ポート 6 5（図 5 参照）は、第 1 冷却水導出路 2 4 を介して第 1 ジャケット 2 2 a と接続されている。従って、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水は、第 1 冷却水導出路 2 4 を通ってエンジン 1 0 から流出し、冷却水制御バルブ 4 に流入する（冷却水制御バルブ 4 の詳細は後述）。

【 0 0 8 0 】

流出側端部 1 0 b におけるシリンダヘッド 1 2 の排気側の部位には、第 2 ジャケット 2 2 b に連通した第 2 冷却水導出路 2 5 が形成されている。従って、第 2 ジャケット 2 2 b を流れる冷却水は、第 2 冷却水導出路 2 5 を通ってエンジン 1 0 から流出し、後述する第 2 循環流路 3 1 に流入する。

【 0 0 8 1 】

流出側端部 1 0 b におけるシリンダブロック 1 1 の吸気側の部位には、ブロック内ジャケット 2 1 に連通した第 3 冷却水導出路 2 6 が形成されている。従って、ブロック内ジャケット 2 1 を流れる冷却水の一部は、第 3 冷却水導出路 2 6 を通ってエンジン 1 0 から流出し、後述する第 3 循環流路 4 1 に流入する。

【 0 0 8 2 】

循環装置 9 1 は、上述したウォーターポンプ 3 および冷却水制御バルブ 4 に加え、ラジエータ 2 7（開示する技術における「熱交換器」に相当）、および、サーモスタット弁 2 8 を備える。そして、循環装置 9 1 を含むエンジンシステム 1 は、大別すると、冷却水が循

10

20

30

40

50

環する流路として、第 2 回路 3 0、第 3 回路 4 0、および、第 1 回路 5 0 を備える。

【 0 0 8 3 】

(第 2 回路)

第 2 回路 3 0 は、2 つに分岐した流路 (第 1 分岐流路 3 1 a および第 2 分岐流路 3 1 b) が設けられた第 2 循環流路 3 1 を有している。第 1 分岐流路 3 1 a には、E G R クーラー 1 9 1 およびヒーター 7 1 が配置されている。ヒーター 7 1 は、車室内の空気を調節する空調機に組み込まれている。第 2 分岐流路 3 1 b には、スロットル弁 (Electric Throttle Body : ETB) 1 7 1 および E G R 弁 1 9 2 が配置されている。第 2 循環流路 3 1 の上流側の端部は、第 2 冷却水導出路 2 5 に接続されている。第 2 循環流路 3 1 の下流側の端部は、第 1 回路 5 0 および第 3 回路 4 0 と合流した状態で、ウォーターポンプ 3 の吸込口 3 b に接続されている。

10

【 0 0 8 4 】

エンジン 1 0 の内部では、ブロック内ジャケット 2 1、第 2 ジャケット 2 2 b、および、第 2 冷却水導出路 2 5 が、第 2 回路 3 0 の流路を構成している。従って、第 2 回路 3 0 では、ウォーターポンプ 3 から吐出された冷却水のうち、ブロック内ジャケット 2 1 および第 2 ジャケット 2 2 b を流れた冷却水が、第 1 分岐流路 3 1 a および第 2 分岐流路 3 1 b の各々に分流して流れる。そして、合流した後、ウォーターポンプ 3 に戻るように構成されている。

【 0 0 8 5 】

第 2 回路 3 0 を流れる冷却水は、エンジン 1 0 の主に排気ポート 1 2 4 と熱交換する。そして、E G R クーラー 1 9 1、ヒーター 7 1、スロットル弁 1 7 1、および、E G R 弁 1 9 2 とともに熱交換する。

20

【 0 0 8 6 】

(第 3 回路)

第 3 回路 4 0 は、オイルクーラー 7 2 および A T F 熱交換器 7 3 が設置された第 3 循環流路 4 1 を有している。オイルクーラー 7 2 は、エンジン 1 0 に潤滑油を循環供給するシステムに設置されている。A T F 熱交換器 7 3 は、自動変速機の作動油を循環供給するシステムに設置されている。第 3 循環流路 4 1 の上流側の端部は、第 3 冷却水導出路 2 6 に接続されている。第 3 循環流路 4 1 の下流側の端部は、第 1 回路 5 0 および第 2 回路 3 0 と合流した状態で、ウォーターポンプ 3 の吸込口 3 b に接続されている。

30

【 0 0 8 7 】

エンジン 1 0 の内部では、ブロック内ジャケット 2 1 および第 3 冷却水導出路 2 6 が、第 3 回路 4 0 の流路を構成している。従って、第 3 回路 4 0 では、ウォーターポンプ 3 から吐出された冷却水のうち、ブロック内ジャケット 2 1 を流れる冷却水の一部が、第 3 循環流路 4 1 を流れてウォーターポンプ 3 に戻るように構成されている。第 3 回路 4 0 を流れる冷却水は、オイルクーラー 7 2 および A T F 熱交換器 7 3 と熱交換する。

【 0 0 8 8 】

(第 1 回路)

第 1 回路 5 0 は、バイパス流路 5 1、連絡流路 5 2、および、ラジエータ流路 5 3 を有している。エンジン 1 0 の内部では、ブロック内ジャケット 2 1、第 1 ジャケット 2 2 a、および、第 1 冷却水導出路 2 4 が、第 1 回路 5 0 の流路を構成している。

40

【 0 0 8 9 】

第 1 回路 5 0 の流路は、冷却水制御バルブ 4 において、バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 に分岐している。バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 の各々の下流側の端部は、第 2 回路 3 0 および第 3 回路 4 0 と合流した状態で、ウォーターポンプ 3 の吸込口 3 b に接続されている。

【 0 0 9 0 】

ラジエータ流路 5 3 には、ラジエータ 2 7 が設けられている。ラジエータ 2 7 は、自動車のフロントグリルの後方に設置されている。ラジエータ 2 7 を流れる冷却水は、主に走行風による外気との間で熱交換する。冷却水は、ラジエータ流路 5 3 を流れることで放熱

50

して冷却される。

【 0 0 9 1 】

それにより、ラジエータ流路 5 3 は、ウォータポンプ 3 から吐出されて、ブロック内ジャケット 2 1 および第 1 ジャケット 2 2 a を流れて熱交換して加熱された冷却水を、ラジエータ 2 7 で冷却して、ブロック内ジャケット 2 1 および第 1 ジャケット 2 2 a に還流させる。

【 0 0 9 2 】

バイパス流路 5 1 は、ラジエータ流路 5 3 をバイパスする流路である。バイパス流路 5 1 は、ラジエータ流路 5 3 よりも短い。バイパス流路 5 1 には、サーモスタット弁 2 8 のみが設けられている。サーモスタット弁 2 8 は、バイパス流路 5 1 の上流側と下流側とを常時連通させた状態で、連絡流路 5 2 を介して、ラジエータ流路 5 3 と接続されている。

10

【 0 0 9 3 】

それにより、バイパス流路 5 1 は、ウォータポンプ 3 から吐出されて、ブロック内ジャケット 2 1 および第 1 ジャケット 2 2 a を流れて熱交換した冷却水を、ラジエータ 2 7 で冷却することなく、ブロック内ジャケット 2 1 および第 1 ジャケット 2 2 a に還流させる。

【 0 0 9 4 】

サーモスタット弁 2 8 は、予め設定された高い温度で開閉する公知の装置である。サーモスタット弁 2 8 は、パネの弾性力で閉じ方向に付勢された弁体を有している。その弁体が、ワックスの作用によって変位することで、サーモスタット弁 2 8 は開閉する。このエンジンシステム 1 のサーモスタット弁 2 8 は、その開弁温度が、従来のサーモスタット弁の開弁温度に比べて高く設定されている。

20

【 0 0 9 5 】

サーモスタット弁 2 8 が開くことで、バイパス流路 5 1 は、連絡流路 5 2 を介して、ラジエータ流路 5 3 と連通する。従って、サーモスタット弁 2 8 が開くと、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の一部は、連絡流路 5 2 を通って、ラジエータ流路 5 3 に流入する。

【 0 0 9 6 】

(冷却水制御バルブ)

図 5 に、冷却水制御バルブ 4 を示す。冷却水制御バルブ 4 は、冷却水の流量調整が可能なバルブであり、ハウジング 6 0、回転弁体 6 1、アクチュエータ 6 2 などで構成されている。

30

【 0 0 9 7 】

ハウジング 6 0 の内部には、円筒状の分流室 6 0 a が設けられている。分流室 6 0 a には、円筒状の回転弁体 6 1 が、回転可能な状態で収容されている。ハウジング 6 0 には、分流室 6 0 a の外周における所定の位置から径方向外側に延びるように、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 が形成されている。第 1 ポート 6 3 は、バイパス流路 5 1 に接続されている。第 2 ポート 6 4 は、ラジエータ流路 5 3 に接続されている。

【 0 0 9 8 】

分流室 6 0 a の一端は、開口している。その開口により、分流室 6 0 a に冷却水が流入する第 3 ポート 6 5 が構成されている。そして、その第 3 ポート 6 5 が第 1 冷却水導出路 2 4 と中心を一致させた状態で接続されるように、ハウジング 6 0 がシリンダヘッド 1 2 に取り付けられている。それにより、第 3 ポート 6 5 と、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の各々との間には、回転弁体 6 1 の周壁が介在している。

40

【 0 0 9 9 】

回転弁体 6 1 の周壁の所定位置には、第 1 通水開口 6 1 a と第 2 通水開口 6 1 b とが形成されている。第 1 通水開口 6 1 a は、第 2 通水開口 6 1 b よりも周方向の長さが長く、相対的に大きな開口面積を有している。回転弁体 6 1 の回転位置により、第 3 ポート 6 5 は、第 1 通水開口 6 1 a および第 2 通水開口 6 1 b の各々を介して、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の各々と連通したり連通しなかったりする。また、連通する場合においても、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の各々と第 3 ポート 6 5 との間の開度が、回転弁体 6 1 の回転位置によって大小に変化する。

50

【 0 1 0 0 】

分流室 6 0 a の他端は、封止壁 6 6 で密閉されている。ハウジング 6 0 の内部における封止壁 6 6 を挟んだ分流室 6 0 a の反対側には、アクチュエータ 6 2 が収容されている。そのアクチュエータ 6 2 の回転軸 6 2 a が、封止壁 6 6 の中心に開口した軸穴を通して分流室 6 0 a の内部に突出している。分流室 6 0 a に突出した回転軸 6 2 a に、支持アーム 6 2 b を介して回転弁体 6 1 が取り付けられている。E C U 1 0 0 は、アクチュエータ 6 2 に制御信号を出力する。E C U 1 0 0 がアクチュエータ 6 2 を制御することにより、回転弁体 6 1 は回転する。

【 0 1 0 1 】

図 4 に戻り、第 1 水温センサ S N 1 は、第 1 回路 5 0、第 2 回路 3 0、および、第 3 回路 4 0 が合流してウォータポンプ 3 に流入する流路に配置されている。第 2 水温センサ S N 2 は、第 1 ジャケット 2 2 a に配置されている。第 1 水温センサ S N 1 は、エンジン 1 0 に流入する冷却水の温度を計測する。第 2 水温センサ S N 2 は、ウォータジャケット 2 0、より正確には第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度を計測する。これらセンサ S N 1、S N 2 は、冷却水の制御および燃焼制御に利用される。例えば、第 2 水温センサ S N 2 は、高度な燃焼制御を行う際に、燃焼室 1 6 の壁温の推定に利用される。第 2 水温センサ S N 2 はまた、アクチュエータ 6 2 の制御に利用される。

【 0 1 0 2 】

この循環装置 9 1 では、第 2 水温センサ S N 2 の計測値に基づいて、E C U 1 0 0 が冷却水制御バルブ 4 を制御する。それにより、第 1 回路 5 0、つまり、バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水の流量を調整する（連絡流路 5 2 の冷却水の流れはサーモスタット弁 2 8 によって自動的に調整される）。

【 0 1 0 3 】

循環装置 9 1 を流れる冷却水は、主に、ラジエータ流路 5 3 に設置されているラジエータ 2 7 によって冷却される。冷却水の温度が調整される。

【 0 1 0 4 】

すなわち、この循環装置 9 1 の主体は第 1 回路 5 0 である。第 2 回路 3 0 および第 3 回路 4 0 の各々における冷却水の流量および温度は、第 1 回路 5 0 での冷却水の流量および温度の調整に応じて変化する。この循環装置 9 1 において、第 1 回路 5 0 は必須であるが、第 2 回路 3 0 および第 3 回路 4 0 は必須でない。

【 0 1 0 5 】

（冷却水の流し方）

上述したように、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水は、主に、燃焼室 1 6 の壁部と熱交換し、燃焼室 1 6 の壁部を冷却する。このエンジンシステム 1 では、エンジン 1 0 の燃焼制御を安定的かつ効率的に行うために、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度（第 2 水温センサ S N 2 の計測値）に応じて、冷却水の流し方が複数設定されている。図 6 は、冷却水の温度に応じたエンジンシステム 1 における各回路の通水状態を示す。

【 0 1 0 6 】

冷却水制御バルブ 4 では、アクチュエータ 6 2 が制御され、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の双方を流れる冷却水の流量が調整される。すなわち、回転弁体 6 1 が所定の回転位置となるように、第 1 通水開口 6 1 a および第 2 通水開口 6 1 b の各々の開度が変更される。

【 0 1 0 7 】

「低温」は、エンジン 1 0 の始動直後など、いわゆる冷間時の状態である。「低温」は、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度 t が、第 1 切替温度 t_{11} （例えば、40）未満の状態である。「完全暖機」は、エンジン 1 0 が運転に適した温度に暖まった状態であり、いわゆる温間時の状態である。「完全暖機」は、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度 t が、第 2 切替温度 t_{12} （例えば、80）以上の状態である。「半暖機」は、「低温」と「完全暖機」との間の状態、つまり過渡期の状態である。「半暖機」は、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度 t が第 1 切替温度 t_{11} 以上でかつ、第

10

20

30

40

50

2 切替温度 t_{12} 未満の状態であり、冷却水の温度 t が例えば 40 から 80 の状態である。

【0108】

「低温」の時には、図 6 の左に示す状態 8 1 のように、バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 のいずれにも、冷却水は流さない（これら双方の流量はゼロ）。すなわち、第 1 回路 5 0 では、冷却水の循環は行わない。このとき、冷却水制御バルブ 4 では、回転弁体 6 1 が、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の双方が第 3 ポート 6 5 と連通しない回転位置に設定される。

【0109】

ラジエータ流路 5 3 に冷却水は流れないので、冷却水がラジエータ 2 7 で冷却されることはない。従って、冷却水は速やかに温度が上昇する。しかも、燃焼室 1 6 は、冷却水の循環で冷却されない。燃焼室 1 6 を、燃焼熱で速やかに暖めることができる。燃焼に適した温度状態にエンジン 1 0 が早期に立ち上がるので、燃費を向上できる。このとき、ウォータポンプ 3 で吐出される冷却水は第 2 回路 3 0 および第 3 回路 4 0 を循環する。

10

【0110】

「半暖機」の時には、図 6 の中央に示す状態 8 2 のように、バイパス流路 5 1 に冷却水は流すが、ラジエータ流路 5 3 に冷却水は流さない（ラジエータ流路 5 3 の流量はゼロ）。すなわち、第 1 回路 5 0 では、バイパス流路 5 1 においてのみ冷却水の循環を行う。このとき、冷却水制御バルブ 4 では、回転弁体 6 1 が、第 1 ポート 6 3 のみが第 3 ポート 6 5 と連通する回転位置に設定される。第 1 通水開口 6 1 a の開度は、例えば全開である。

20

【0111】

ラジエータ流路 5 3 に冷却水は流れないので、冷却水は速やかに温度が上昇する。対して、バイパス流路 5 1 に冷却水が流れるので、第 1 ジャケット 2 2 a に冷却水が流れる。バイパス流路 5 1 は短い。そして、冷却水制御バルブ 4 は全開に設定されているので、冷却水の多くがバイパス流路 5 1 および第 1 ジャケット 2 2 a を流れる。

【0112】

燃焼室 1 6 を、循環する冷却水で速やかに暖めることができる。冷却水が循環するので、燃焼室 1 6 およびその周辺を、偏ることなく暖めることができる。燃焼に適した温度状態にエンジン 1 0 が早期に立ち上がるので、燃費を向上できる。

【0113】

なお、このとき、ウォータポンプ 3 で吐出される冷却水の残部は第 2 回路 3 0 および第 3 回路 4 0 を循環する（「完全暖機」の時も同様）。また、「半暖機」の時の冷却水の温度は、サーモスタット弁 2 8 の開弁温度よりも低い。従って、サーモスタット弁 2 8 は全閉の状態である。ラジエータ流路 5 3 に、バイパス流路 5 1 から冷却水の一部が流入することはない。

30

【0114】

「完全暖機」の時は、エンジン 1 0 は、燃焼に適した温度状態に達している。完全暖機後のエンジン 1 0 は、前述したように、負荷の高低、及び、回転数の高低に応じて、燃焼形態を切り替える。このエンジンシステム 1 は、燃焼室 1 6 の壁温を、燃焼形態に適した温度になるよう、循環装置 9 1 を制御する。「完全暖機」の時には、図 6 の中央に示す状態 8 2 と、図 6 の右に示す状態 8 3 とを、エンジン 1 0 の運転状態に応じて切り替える。状態 8 2 は、前述の通り、バイパス流路 5 1 を開けて、ラジエータ流路 5 3 を閉じる状態である。但し、「完全暖機」の時には、冷却水の温度が上昇しているため、後述するようにサーモスタット弁 2 8 が開弁することにより、冷却水がラジエータ流路 5 3 を流れる場合がある。状態 8 3 は、バイパス流路 5 1 及びラジエータ流路 5 3 の両方を開けることによって、第 1 回路 5 0 の全体を用いて冷却水の循環が行われる状態である。

40

【0115】

より詳細に、「完全暖機」の場合であって、中央に示す状態 8 2 では、冷却水制御バルブ 4 では、回転弁体 6 1 が、第 1 ポート 6 3 が第 3 ポート 6 5 と連通し、第 2 ポート 6 4 が第 3 ポート 6 5 と連通しない回転位置に設定される。そしてエンジン 1 0 の負荷に応じ

50

て、第 1 ポート 6 3 (バイパス流路 5 1) において、冷却水の流量が調整される。

【 0 1 1 6 】

「完全暖機」の場合であって、右に示す状態 8 3 では、バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 の双方に冷却水が流される。その場合、冷却水制御バルブ 4 では、回転弁体 6 1 が、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の双方が第 3 ポート 6 5 と連通する回転位置に設定される。そしてエンジン 1 0 の負荷に応じて、第 1 ポート 6 3 (バイパス流路 5 1) および第 2 ポート 6 4 (ラジエータ流路 5 3) の双方において、冷却水の流量が調整される。

【 0 1 1 7 】

(完全暖機時における冷却水の流し方)

10

図 7 に、完全暖機時における冷却水の流し方の具体例を示す。図 7 には、エンジン 1 0 の負荷の大小に応じた主な諸元の変化が、(A) ~ (D) の各チャートに表してある。

【 0 1 1 8 】

(A) には、冷却水制御バルブ 4 を通過する冷却水の流量の変化 G 1、および、ラジエータ流路 5 3 を通過する冷却水の流量の変化 G 2 が表されている。(B) には、第 1 回路 5 0 を流れる冷却水の流量の変化の内訳、つまり、冷却水制御バルブ 4 からバイパス流路 5 1 へ流れる冷却水の流量の変化 G 3、連絡流路 5 2 を流れる冷却水の流量の変化 G 4、および、冷却水制御バルブ 4 からラジエータ流路 5 3 へ流れる冷却水の流量の変化 G 5 が表されている。

【 0 1 1 9 】

20

(C) には、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度の変化 G 6、および、ウォーターポンプ 3 に流入する冷却水の温度の変化 G 7 が表されている。換言すれば、第 2 水温センサ S N 2 および第 1 水温センサ S N 1 の計測値の変化が表されている。(D) には、燃焼室 1 6 の壁温の変化 G 8 が表されている。

【 0 1 2 0 】

エンジン 1 0 の負荷の領域は、冷却水の制御に関連して、第 1 負荷 L 1 未満の領域、第 2 負荷 L 2 以上の領域、および、第 1 負荷 L 1 以上第 2 負荷 L 2 未満の領域からなる 3 つの領域に区画されている。図 7 の各チャートは、エンジン 1 0 の回転数が低回転又は中回転の場合に対応する。第 1 負荷 L 1 未満の領域は、エンジン 1 0 が、H C C I 燃焼または M P C I 燃焼を行う領域に、概ね対応する。第 2 負荷 L 2 以上の領域は、エンジン 1 0 が、S I 燃焼を行う領域に、概ね対応する。第 1 負荷 L 1 以上第 2 負荷 L 2 未満の領域は、エンジン 1 0 が、S P C C I 燃焼を行う領域に、概ね対応する。尚、第 1 負荷 L 1、及び、第 2 負荷はそれぞれ、燃焼形態が切り替わる負荷とは、一致する場合、及び、一致しない場合の両方があり得る。

30

【 0 1 2 1 】

そして、このエンジンシステム 1 では、第 1 負荷 L 1 未満の領域で冷却水の流量制御が行われ、第 1 負荷 L 1 以上第 2 負荷 L 2 未満の領域で冷却水の温度制御が行われる。それにより、エンジン 1 0 の負荷が低い領域および負荷が中程度の領域において、燃焼室 1 6 の壁温を、特定の一定温度に維持している (G 8 参照)。

【 0 1 2 2 】

40

すなわち、H C C I 燃焼または M P C I 燃焼のような、強制点火を伴わない圧縮自着火燃焼を実現するためには、燃焼室 1 6 の中の温度 (筒内温度) を、S I 燃焼時よりも高温で、しかも精度高く制御することが必要になる。一方、S P C C I 燃焼は、一部の混合気が圧縮着火により燃焼するものの、強制点火を伴う燃焼であり、燃焼室 1 6 の中の温度は、H C C I 燃焼または M P C I 燃焼の場合よりも、低いことが許容される。逆に、燃焼室 1 6 の中の温度が高過ぎると、強制点火を行う前に混合気が自着火したり、火炎伝播燃焼と自着火燃焼とが組み合わさった S P C C I 燃焼において、自着火燃焼の割合が大きくなりすぎたりする。つまり、燃焼室 1 6 の中の温度が高過ぎると、安定した S P C C I 燃焼が実現しない。

【 0 1 2 3 】

50

従って、燃焼形態の切り替えに応じて、燃焼室 16 の壁温を高くしたり低くしたりすることが理想である。しかしながら、燃焼室 16 の壁部の熱容量が大きいため、燃焼室 16 の壁温を、燃焼形態の切り替え、又は、負荷の変化に対して、応答性良く変更することは難しい。そこで、このエンジンシステム 1 では、低負荷から中負荷にかけての領域では、燃焼室 16 の壁温を、特定の一定温度に維持する。この特定の温度は、HCCI 燃焼または MP-CI 燃焼に最適な温度と、SPCCI 燃焼に最適な温度との中間の温度であり、HCCI 燃焼または MP-CI 燃焼の実行において許容できる温度であると共に、SPCCI 燃焼の実行においても許容できる温度である。燃焼室 16 の壁温を一定温度に維持することによって、燃焼形態が切り替わったり、負荷が変化したりしても、燃焼室 16 の壁温が適切な温度になる。

10

【0124】

ところが、エンジン 10 の負荷が低いと、一般的に燃焼熱が減少する一方、エンジン 10 の負荷が高くなると、一般的に燃焼熱が増加する。エンジン 10 の負荷の高低にかかわらず、燃焼室 16 の壁温を一定に維持するためには、発生する燃焼熱に対して、冷却水による熱交換量を高い応答性で調整する必要がある。

【0125】

熱交換量を調整するために、例えば冷却水の温度を、エンジン 10 の負荷に応じて調整することが考えられる。しかしながら、冷却水の熱容量が大きいため、冷却水の温度を上げたり下げたりするには長い時間が必要である。冷却水の温度を、エンジン 10 の負荷の変化に対して高応答で調整することは難しい。

20

【0126】

そこでこのエンジンシステム 1 は、冷却水の温度を所定の温度で一定に保ちつつ、冷却水制御バルブ 4 を用いて、第 1 ポート 63 および第 1 ジャケット 22a を流れる冷却水の流量を、エンジン 10 の負荷の高低に応じて調整する。流量の調整は、高応答に変更できるため、発生する燃焼熱に対して、冷却水による熱伝達率を高い応答性で調整することができ、その結果、燃焼室 16 の壁温を一定に維持することができる。

【0127】

(第 1 負荷 L1 未満の領域)

図 7 に示すように、第 1 負荷 L1 未満の領域では、冷却水制御バルブ 4 により、ラジエータ流路 53 には冷却水を流さないで、バイパス流路 51 を流れる冷却水の流量を調整する (G3, G5 参照)。

30

【0128】

ラジエータ流路 53 が閉じているため、冷却水の温度は、サーモスタット弁 28 の開弁温度によって決定される。サーモスタット弁 28 の開弁温度は比較的高い温度に設定されている。第 1 ジャケット 22a を流れる冷却水の温度は、負荷の高低にかかわらず、第 1 目標温度 t_{21} で一定である (G6 参照)。第 1 目標温度 t_{21} は、エンジン 10 の信頼性限界に係る温度に近い温度である。冷却水の温度を比較的高い温度にすることによって、第 1 負荷 L1 未満の領域において、燃焼室 16 の壁温を比較的高い温度 (つまり、目標温度 t_w) に維持することが可能になる。燃焼室 16 の壁温が高いと、HCCI 燃焼または MP-CI 燃焼のような、強制点火を伴わない圧縮自着火燃焼の安定化に有利である。尚、図例において、第 1 負荷 L1 未満の領域では、エンジン 10 の負荷が上がるに従って、エンジン 10 に流入する冷却水の温度は次第に上昇している (G7 参照)。

40

【0129】

第 1 負荷 L1 未満の領域では、エンジン 10 の負荷が低いと、バイパス流路 51 を流れる冷却水の流量が少なく、エンジン 10 の負荷が高いと、バイパス流路 51 を流れる冷却水の流量が多くなるように、冷却水制御バルブ 4 で流量を調整する。

【0130】

このとき、冷却水制御バルブ 4 では、第 3 ポート 65 が第 2 ポート 64 と連通しない状態、かつ、第 3 ポート 65 が第 1 ポート 63 と連通する状態となる回転位置に回転弁体 61 が位置するように、アクチュエータ 62 が制御される。そして、エンジン 10 の負荷に

50

応じて、第 3 ポート 6 5 と第 1 ポート 6 3 との間の開度が大小に調整される。

【 0 1 3 1 】

尚、第 1 負荷 L 1 未満の領域では、サーモスタット弁 2 8 の開弁に伴い連絡流路 5 2 を流れる冷却水の流量は、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の流量の変化に対応するように変化する (G 4 参照) 。

【 0 1 3 2 】

ここで、図例では、エンジン 1 0 の負荷と冷却水の流量とは、線形の関係性を有しているが、線形の関係性に限定されない。

【 0 1 3 3 】

第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量は、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の流量に対応する。従って、エンジン 1 0 の負荷が低いと、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量が少なく、エンジン 1 0 の負荷が高いと、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量が多い。図 7 の例において、エンジン 1 0 の負荷が第 1 負荷 L 1 である場合に、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量は、最大流量になる (G 1 参照) 。但し、エンジン 1 0 の負荷が第 1 負荷 L 1 である場合に、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量は、最大流量よりも低い流量にしてもよい。

10

【 0 1 3 4 】

第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量が少ないと、燃焼室 1 6 との熱伝達率が下がる。従って、燃焼熱が減少しても、燃焼室 1 6 の壁温を高く調整できる。第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量が多いと、燃焼室 1 6 との熱伝達率が上がる。従って、燃焼熱が増加しても、燃焼室 1 6 の壁温を低く調整できる。

20

【 0 1 3 5 】

こうして、サーモスタット弁 2 8 を用いて冷却水の温度を一定に維持しながら (G 6 参照) 、冷却水制御バルブ 4 を使って、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量を、エンジン 1 0 の負荷の高低に応じて高応答に増減することにより (G 1 、 G 3 参照) 、燃焼室 1 6 の壁温を、目標温度 t_w で一定に保持できる (G 8 参照) 。

【 0 1 3 6 】

(第 1 負荷 L 1 以上第 2 負荷 L 2 未満の領域)

冷却水制御バルブ 4 を流れる冷却水の流量、つまり第 1 回路 5 0 を流れる冷却水の流量は、第 1 負荷 L 1 において上限に達している (G 1 参照) 。すなわち、第 1 負荷 L 1 以上の負荷では、流量制御は行えない。そこで、第 1 負荷 L 1 以上第 2 負荷 L 2 未満の領域では、冷却水の温度制御を行う。バイパス流路 5 1 を流れる冷却水を、エンジン 1 0 の負荷が高くなるに従い徐々にラジエータ流路 5 3 に流して冷却することで、燃焼室 1 6 の壁温を目標温度 t_w に保持する。

30

【 0 1 3 7 】

具体的には、冷却水制御バルブ 4 により、第 1 回路 5 0 を流れる冷却水の流量を最大に保持した状態で、エンジン 1 0 の負荷が高くなるに従い、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の流量を徐々に減らしながら、ラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水の流量を徐々に増やしていく (G 1 , G 2 , G 3 , G 5 参照) 。第 1 負荷 L 1 以上第 2 負荷 L 2 未満の領域では、冷却水制御バルブ 4 において、ラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水の流量を調整することによって、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度を調整する。尚、エンジン 1 0 の負荷が第 1 負荷 L 1 以上である場合に、ラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水の流量が、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の流量を超える。流量が逆転するエンジン 1 0 の負荷は、エンジン 1 0 の運転環境 (例えば、外気温、走行風の風量等) に依って変化する。

40

【 0 1 3 8 】

冷却水制御バルブ 4 では、第 3 ポート 6 5 が第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の双方と連通する状態となる回転位置に回転弁体 6 1 が位置するように、アクチュエータ 6 2 が制御される。そして、エンジン 1 0 の負荷に応じて、第 3 ポート 6 5 と第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6 4 の各々との間の開度が大小に調整される。

【 0 1 3 9 】

50

それにより、第1ジャケット22aを流れる冷却水、及び、エンジン10に流入する冷却水の温度は、エンジン10の負荷が高いほど低い(G6, G7参照)。エンジン10の負荷が高くなって燃焼熱が増大した場合に、第1ジャケット22aを流れる冷却水の流量は一定でも、その温度が低いので、第1ジャケット22aを流れる冷却水による冷却量を保持することができる。また、第1回路50を流れる冷却水の流量が最大流量であるから、燃焼室16の冷却に有利である。その結果、第1負荷L1以上第2負荷L2未満の領域においても、燃焼室16の壁温を、目標温度 t_w に保持できる(G8参照)。

【0140】

燃焼室16の過剰な温度上昇を抑制するために、この冷却システム2では、第1ジャケット22aを流れる冷却水の目標とする温度として、第1目標温度 t_{21} よりも低い第2目標温度 t_{22} (例えば、88)が設定されている。温度制御は、第1ジャケット22aを流れる冷却水の温度がこの第2目標温度 t_{22} に達するまで行われる。

10

【0141】

尚、図7のG5に例示するように、冷却水の温度が第2目標温度 t_{22} に達する場合に、ラジエータ流路53を流れる冷却水の流量は、最大流量よりも少ない。ラジエータ流路53を流れる冷却水の流量をさらに増やすと、冷却水の温度をさらに低下させることができる。つまり、エンジン10の負荷がL2を超えても、燃焼室16の壁温を目標壁温 t_w に維持することは可能である。

【0142】

このように、このエンジンシステム1では、流量制御と温度制御との組み合わせによって、エンジンシステム1は、エンジン10の低負荷から中負荷までの広い範囲にわたって、燃焼室16の壁温を一定に維持することができる。エンジン10の負荷が変わることに対応して、燃焼形態が、HCCI燃焼、MPCI燃焼、及び、SPCCI燃焼の間で切り替わっても、燃焼室16の壁温が適切な温度に維持されているから、各燃焼が安定して実行される。

20

【0143】

回転弁体61を有する冷却水制御バルブ4は、バイパス流路51及び/又はラジエータ流路53を選択的に閉じることができると共に、バイパス流路51の流量、及び、ラジエータ流路53の流量を調整できる。冷却水制御バルブ4を備えたエンジンシステム1は、前述したウォータジャケット20の流量調整を簡易な構成で実現できる。

30

【0144】

尚、第1負荷L1以上第2負荷L2未満の領域では、連絡流路52を通過してラジエータ流路53に流入する冷却水は、エンジン10の負荷が上がるのに従って、次第に減少して流れなくなる(G4参照)。詳細には、冷却水制御バルブ4からバイパス流路51に流入する冷却水の温度は、第1目標温度 t_{21} から次第に低下していく。それに伴い、サーモスタット弁28を流れる冷却水の温度も低下する。従って、第1負荷L1以上第2負荷L2未満の領域の中で、サーモスタット弁28は、次第に閉じて全閉になる。それにより、連絡流路52を通過してラジエータ流路53に流入する冷却水は、次第に減少して流れなくなる。

【0145】

40

また、図7の例では、バイパス流路51を流れる冷却水の流量減少と、ラジエータ流路53を流れる冷却水の流量増加との間に比例関係が存在しているが、比例関係である必要性はない。第1負荷L1以上第2負荷L2未満の領域において、冷却水制御バルブ4を流れる冷却水の流量は上限以下であってもよい。

【0146】

(第2負荷L2以上の領域)

第2負荷L2以上の領域では、第1ジャケット22aを流れる冷却水の温度が第2目標温度 t_{22} に保持されるように、冷却水制御バルブ4で調整が行われる。具体的には、アクチュエータ62が制御され、エンジン10の負荷が上がるのに従って、第3ポート65と第2ポート64との間の開度が大きくなるように、そして、第3ポート65と第1ポ

50

ト 6 3 との間の開度が小さくなるように調整される。それにより、ラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水は次第に増加し、そして、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水は次第に減少していく (G 3 , G 5 参照)。そうすることにより、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度を、第 2 目標温度 t_{22} に保持することができる (G 6 参照)。

【 0 1 4 7 】

S I 燃焼を行う領域において、冷却水の温度を相対的に低くすることにより、ノッキングといった異常燃焼を抑制することが可能になる。

【 0 1 4 8 】

前述した第 1 負荷 L_1 以上第 2 負荷 L_2 未満の領域では、燃焼室 1 6 の壁温を一定に保つために、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の温度を、エンジン 1 0 の負荷が高くなるに従い積極的に下げるべく、エンジン 1 0 の負荷が高くなることに対する、冷却水制御バルブ 4 からバイパス流路 5 1 へ流れる冷却水の流量、および、冷却水制御バルブ 4 からラジエータ流路 5 3 へ流れる冷却水の流量の変化の度合いを相対的に大きくしている。つまり、G 3 及び G 5 の傾きが大きい。

10

【 0 1 4 9 】

一方で、第 2 負荷 L_2 以上の領域では、冷却水の温度を第 2 目標温度 t_{22} に保持するため、エンジン 1 0 の負荷が高くなることに対する、冷却水制御バルブ 4 からバイパス流路 5 1 へ流れる冷却水の流量、および、冷却水制御バルブ 4 からラジエータ流路 5 3 へ流れる冷却水の流量の変化の度合いは相対的に小さい。つまり、G 3 及び G 5 の傾きが小さく、G 3 及び G 5 の傾きは、第 2 負荷 L_2 を境に変わる。

20

【 0 1 5 0 】

尚、第 2 負荷 L_2 以上の領域においても、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の流量減少と、ラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水の流量増加との間の比例関係は、必須ではない。第 2 負荷 L_2 以上の領域において、冷却水制御バルブ 4 を流れる冷却水の流量は上限以下であってもよい。

【 0 1 5 1 】

第 2 負荷 L_2 以上の領域では、第 1 ジャケット 2 2 a を流れる冷却水の流量が最大でかつ、冷却水の温度を第 2 目標温度 t_{22} に保持している。エンジン 1 0 の負荷が高まるに従い、燃焼室 1 6 の中で発生する熱量が増えるため、燃焼室 1 6 の壁温は、エンジン 1 0 の負荷が高まるに従って、次第に上昇する (G 8 参照)。

30

【 0 1 5 2 】

なお、第 2 負荷 L_2 以上の領域では、冷却水の温度を第 2 目標温度 t_{22} に維持しているため、サーモスタット弁 2 8 は全閉である。連絡流路 5 2 に冷却水は流れない。バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 は、互いに独立した流路を構成している。

【 0 1 5 3 】

次に、図 8 及び図 9 を参照しながら、エンジン 1 0 の冷却に関して、E C U 1 0 0 が実行する制御を説明する。

【 0 1 5 4 】

図 8 は、エンジン 1 0 の低温状態、半暖機状態、及び、完全暖機状態の切り替えに関するフローチャートである。まず、スタート後のステップ S 8 1 において、E C U 1 0 0 は、各種のセンサ $S_{N1} \sim S_{N5}$ が出力した信号値を取得する。続くステップ S 8 2 において、E C U 1 0 0 は、第 2 水温センサ S_{N2} の信号に基づいて、冷却水の温度 t が、第 2 切替温度 t_{12} 以上であるか否かを判断する。冷却水の温度 t が、第 2 切替温度 t_{12} 以上である場合、プロセスはステップ S 8 2 からステップ S 8 3 に進む。ステップ S 8 3 において E C U 1 0 0 は、完全暖機制御を実行する。完全暖機制御の詳細は、図 9 を参照しながら説明する。

40

【 0 1 5 5 】

冷却水の温度が、第 2 切替温度 t_{12} 未満である場合、プロセスはステップ S 8 2 からステップ S 8 4 に進む。ステップ S 8 4 において、E C U 1 0 0 は、冷却水の温度 t が、第 1 切替温度 t_{11} 以上であるか否かを判断する。冷却水の温度 t が第 1 切替温度 t_{11}

50

以上である場合、プロセスはステップ S 8 4 からステップ S 8 5 に進む。ステップ S 8 5 において E C U 1 0 0 は、半暖機制御を実行する。前述したように、E C U 1 0 0 は、冷却水制御バルブ 4 を通じて、バイパス流路 5 1 を開きかつ、ラジエータ流路 5 3 を閉じる。

【 0 1 5 6 】

冷却水の温度 t が第 1 切替温度 $t 1 1$ 未満である場合、プロセスはステップ S 8 4 からステップ S 8 6 に進む。ステップ S 8 6 において E C U 1 0 0 は、低温制御を実行する。前述したように、E C U 1 0 0 は、冷却水制御バルブ 4 を通じて、バイパス流路 5 1 を閉じかつ、ラジエータ流路 5 3 を閉じる。

【 0 1 5 7 】

図 9 は、ステップ S 8 3 の完全暖機制御のフローを示している。スタート後のステップ S 9 1 において、E C U 1 0 0 は、センサ S N 1 ~ S N 5 が出力した信号値に基づいて、エンジン 1 0 の目標負荷を演算する。続くステップ S 9 2 において、目標負荷 L が第 1 負荷 $L 1$ 未満であるか否かを判定する。目標負荷 L が第 1 負荷 $L 1$ 未満であれば、プロセスはステップ S 9 2 からステップ S 9 3 に進む。ステップ S 9 3 において E C U 1 0 0 は、流量制御を行う。つまり、E C U 1 0 0 は、冷却水制御バルブ 4 を通じて、ラジエータ流路 5 3 を閉じかつ、バイパス流路 5 1 の流量を、エンジン 1 0 の負荷に応じて調整する。

【 0 1 5 8 】

目標負荷 L が第 1 負荷 $L 1$ 以上である場合、プロセスはステップ S 9 2 からステップ S 9 4 に進む。ステップ S 9 4 において E C U 1 0 0 は、目標負荷 L が第 2 負荷 $L 2$ 未満であるか否かを判定する。目標負荷 L が第 2 負荷 $L 2$ 未満であれば、プロセスはステップ S 9 4 からステップ S 9 5 に進む。ステップ S 9 5 において E C U 1 0 0 は、温度制御を行う。つまり、E C U 1 0 0 は、燃焼室 1 6 の壁温が一定になるよう、冷却水制御バルブ 4 を通じて、ラジエータ流路 5 3 及びバイパス流路 5 1 の流量を、エンジン 1 0 の負荷に応じて調整する。

【 0 1 5 9 】

目標負荷 L が第 2 負荷 $L 2$ 以上であれば、プロセスはステップ S 9 4 からステップ S 9 6 に進む。ステップ S 9 6 において E C U 1 0 0 は、冷却水の温度が一定になるよう、冷却水制御バルブ 4 を通じて、ラジエータ流路 5 3 及びバイパス流路 5 1 の流量を、エンジン 1 0 の負荷に応じて調整する。

【 0 1 6 0 】

(循環装置の変形例)

図 1 0 は、変形例に係る循環装置 9 2 を示している。この循環装置 9 2 は、サーモスタット弁 2 8 の位置が、図 4 の循環装置 9 1 とは異なる。

【 0 1 6 1 】

具体的にサーモスタット弁 2 8 は、バイパス流路 5 1 ではなく、エンジン 1 0 の流出側端部 1 0 b に取り付けられている。シリンダヘッド 1 2 に設けられた第 1 ジャケット 2 2 a の下流端は、二つに分岐している。冷却水制御バルブ 4 およびサーモスタット弁 2 8 はそれぞれ、第 1 ジャケット 2 2 a に接続されている。

【 0 1 6 2 】

サーモスタット弁 2 8 はまた、連絡流路 5 2 を介して、ラジエータ流路 5 3 に接続されている。より詳細に、連絡流路 5 2 は、ラジエータ流路 5 3 における、ラジエータ 2 7 の上流に接続されている。

【 0 1 6 3 】

尚、図 4 の循環装置 9 1 におけるバイパス流路 5 1 とラジエータ流路 5 3 とを接続する連絡流路を、この循環装置 9 2 は有していない。

【 0 1 6 4 】

循環装置 9 2 における、冷却水の流し方は、図 4 の循環装置 9 1 と同じである。つまり、冷却水の温度 t が第 1 切替温度 $t 1 1$ 未満の「低温」の時には、バイパス流路 5 1 およびラジエータ流路 5 3 のいずれにも、冷却水は流さない（これら双方の流量はゼロ）。このとき、冷却水制御バルブ 4 では、回転弁体 6 1 が、第 1 ポート 6 3 および第 2 ポート 6

10

20

30

40

50

4の双方が第3ポート65と連通しない回転位置に設定される。また、サーモスタット弁28は閉じている。そのため、第1回路50では、冷却水の循環は行わない。

【0165】

冷却水の温度 t が第1切替温度 t_{11} 以上でかつ、第2切替温度 t_{12} 未満の「半暖機」の時には、バイパス流路51に冷却水は流すが、ラジエータ流路53に冷却水は流さない(ラジエータ流路53の流量はゼロ)。このとき、冷却水制御バルブ4では、回転弁体61が、第1ポート63のみが第3ポート65と連通する回転位置に設定される。第1通水開口61aの開度は、例えば全開である。また、冷却水の温度が低いため、サーモスタット弁28は閉じている。第1回路50では、バイパス流路51においてのみ冷却水の循環を行う。

10

【0166】

冷却水の温度 t が第2切替温度 t_{12} 以上の「完全暖機」の時は、負荷の高低に応じて循環装置92が制御される。

【0167】

具体的に、エンジン10の運転状態が第1負荷 L_1 未満の領域にある場合、流量制御が実行される。サーモスタット弁28によって冷却水の温度が一定に保たれる。冷却水制御バルブ4は、バイパス流路51を開けて、ラジエータ流路53を閉じる。但し、サーモスタット弁28が開弁することによって、冷却水がラジエータ27を通過する場合がある。冷却水制御バルブ4は、エンジン10の負荷の高低に応じて、バイパス流路51を流れる冷却水の流量を調整する。それによって、燃焼室16の壁温を、目標温度 t_w に維持する。

20

【0168】

エンジン10の運転状態が第1負荷 L_1 以上第2負荷 L_2 未満の領域にある場合、温度制御が実行される。冷却水制御バルブ4は、バイパス流路51及びラジエータ流路53を共に開ける。より詳細に、冷却水制御バルブ4は、エンジン10の負荷が高くなるに従い、バイパス流路51を流れる冷却水の流量を減らし、ラジエータ流路53を流れる冷却水の流量を増やす。それによって、燃焼室16の壁温を、目標温度 t_w に維持する。

【0169】

エンジン10の運転状態が第2負荷 L_2 以上の領域にある場合、冷却水制御バルブ4は、冷却水の温度 t が第2目標温度 t_{22} で一定となるように、バイパス流路51及びラジエータ流路53を流れる冷却水の流量を調整する。より詳細に、冷却水制御バルブ4は、エンジン10の負荷が高くなるに従い、バイパス流路51を流れる冷却水の流量を減らし、ラジエータ流路53を流れる冷却水の流量を増やす。サーモスタット弁28は閉じている。

30

【0170】

循環装置92を備えたエンジンシステム1も、第1負荷 L_1 未満の領域において流量制御を行うため、エンジン10の負荷が変化することに対して、第1ジャケット22aを流れる冷却水の流量を高応答で変更することができ、燃焼室16の壁温を一定に保つことができる。

【0171】

また、第1負荷 L_1 以上第2負荷 L_2 未満の領域において温度制御を行うことによって、燃焼室16の壁温を、目標温度 t_w に維持できるから、エンジン10の負荷が、第1負荷 L_1 から第2負荷 L_2 までの間において変化しても、燃焼室16の壁温が変化しない。強制点火を伴わないHCCI燃焼及びMPCI燃焼を安定的に実行させることができると共に、強制点火を伴うSPCCI燃焼も、安定的に実行させることができる。

40

【0172】

循環装置92は、サーモスタット弁28を、冷却水制御バルブ4の下流に設けていない。連絡流路52は、冷却水制御バルブ4をバイパスする流路である。このため、仮に冷却水制御バルブ4が固着する等のフェイル時であっても、冷却水の温度がサーモスタット弁28の開弁温度に到達すれば、サーモスタット弁28が開弁することによって、冷却水をラジエータ27によって冷却できる。循環装置92は、冷却水の温度が過剰に高くなるこ

50

とを抑制できるから、エンジンシステム 1 の信頼性の向上に有利である。

【 0 1 7 3 】

(他の実施形態)

尚、図 4 の循環装置 9 1 において、冷却水制御バルブ 4 の位置を変更してもよい。具体的には、冷却水制御バルブ 4 を、バイパス流路 5 1 とラジエータ流路 5 3 とが合流する箇所 (図 4 の一点鎖線で囲んだ箇所) に設けてもよい。この構成の場合、バイパス流路 5 1 の上流端とラジエータ流路 5 3 の上流端とは、互いに独立して第 1 ジャケット 2 2 a に接続される。また、連絡流路 5 2 は、バイパス流路 5 1 と、ラジエータ流路 5 3 におけるラジエータ 2 7 の下流とを連絡し、サーモスタット弁 2 8 は、その連絡流路 5 2 を開閉するように設ければよい。

10

【 0 1 7 4 】

同様に、図 1 0 の循環装置 9 2 において、冷却水制御バルブ 4 の位置を変更してもよい。具体的には、冷却水制御バルブ 4 を、バイパス流路 5 1 とラジエータ流路 5 3 とが合流する箇所 (図 1 0 の一点鎖線で囲んだ箇所) に設けてもよい。この構成の場合、バイパス流路 5 1 の上流端とラジエータ流路 5 3 の上流端とは、互いに独立して第 1 ジャケット 2 2 a に接続される。また、連絡流路 5 2 は、冷却水制御バルブ 4 をバイパスするように、ラジエータ流路 5 3 におけるラジエータ 2 7 の下流とウォータポンプ 3 の上流とを連絡し、サーモスタット弁 2 8 は、その連絡流路 5 2 を開閉するように設ければよい。

【 0 1 7 5 】

また、流量調整装置は、回転弁体 6 1 を有する冷却水制御バルブ 4 によって構成することに限らない。流量調整装置は、バイパス流路 5 1 を流れる冷却水の流量を調整する第 1 の流量調整バルブと、ラジエータ流路 5 3 を流れる冷却水の流量を調整する、第 1 の流量調整バルブから独立した第 2 の流量調整バルブとによって構成してもよい。

20

【 0 1 7 6 】

また、図 3 はエンジンシステム 1 の制御の一例を示している。エンジンシステム 1 は、燃焼形態を切り替えなくてもよい。また、エンジンシステム 1 が燃焼形態の切り替えを行う場合であっても、その切り替えは、図 3 の例に限定されない。

【 符号の説明 】

【 0 1 7 7 】

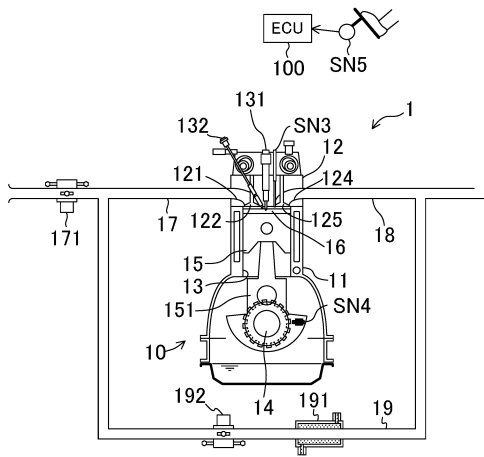
- 1 エンジンシステム
- 1 0 エンジン
- 1 6 燃焼室
- 1 0 0 ECU (制御器)
- 2 2 a 第 1 ジャケット (ウォータジャケット)
- 2 7 ラジエータ (熱交換器)
- 2 8 サーモスタット弁
- 4 冷却水制御バルブ (流量調整装置)
- 5 1 バイパス流路
- 5 2 連絡流路
- 5 3 ラジエータ流路
- 9 1 循環装置
- 9 2 循環装置

30

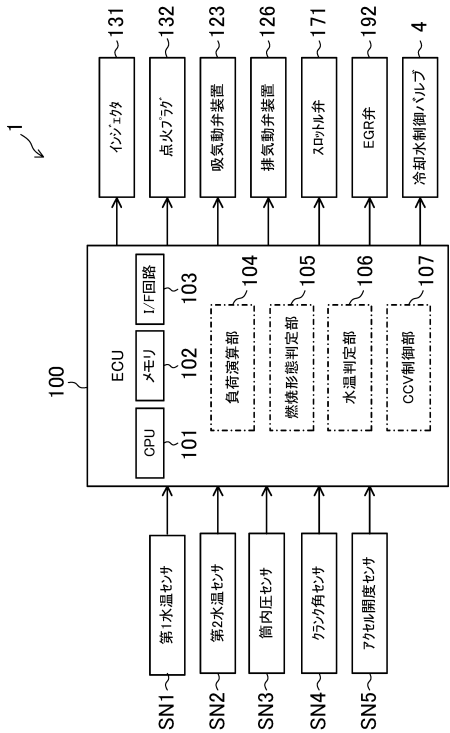
40

【図面】

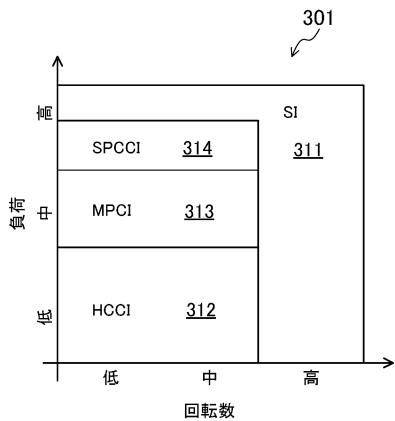
【図 1】



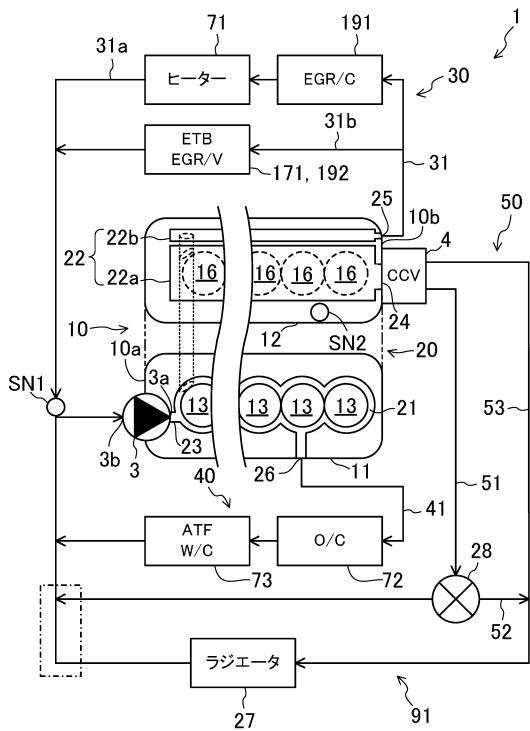
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

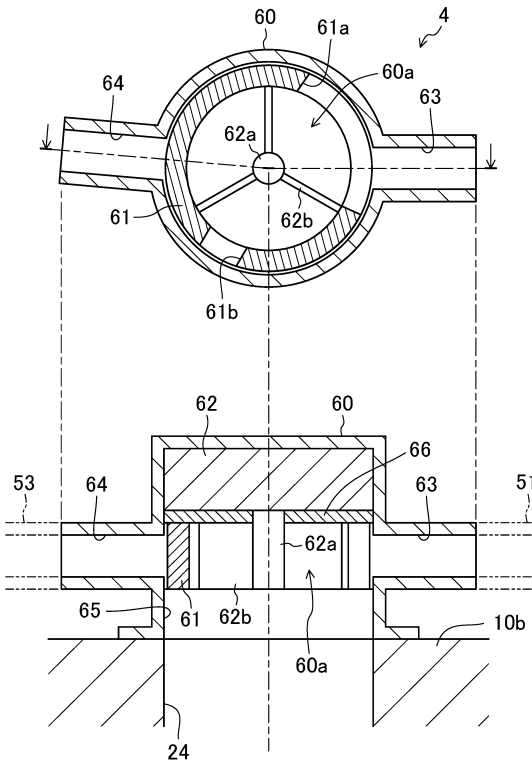
20

30

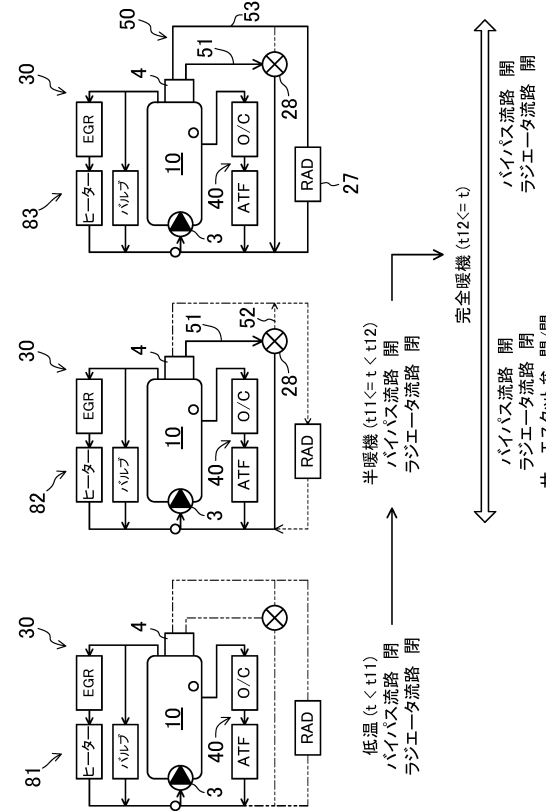
40

50

【図 5】



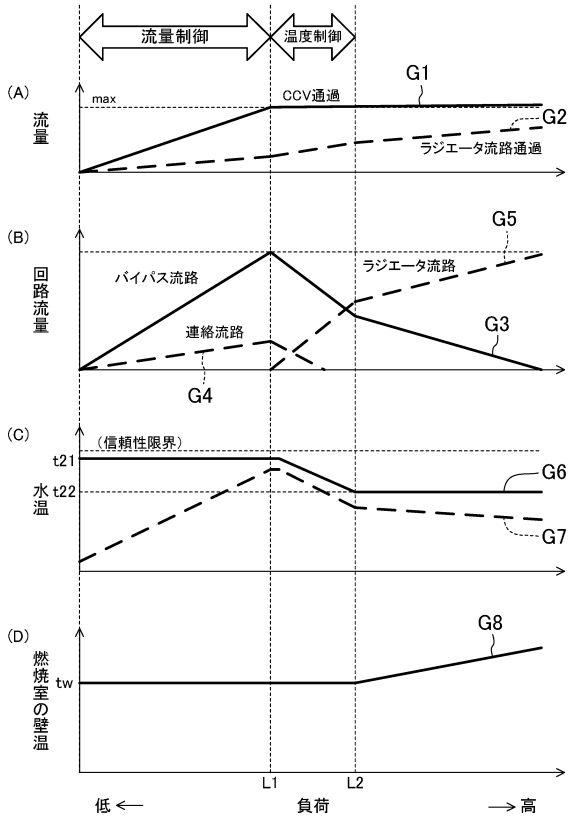
【図 6】



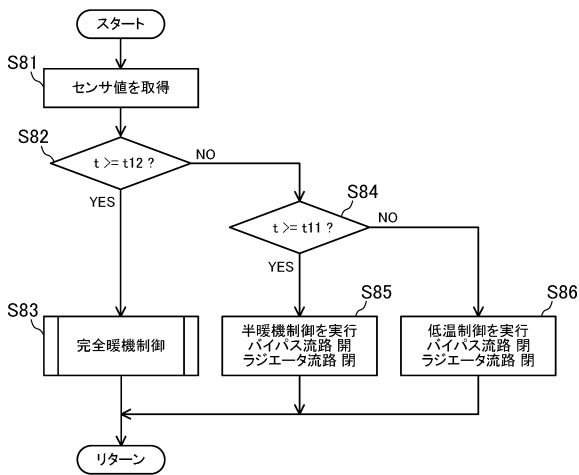
10

20

【図 7】



【図 8】

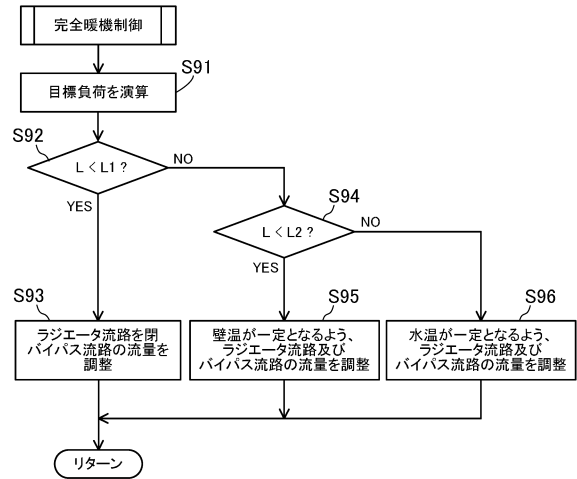


30

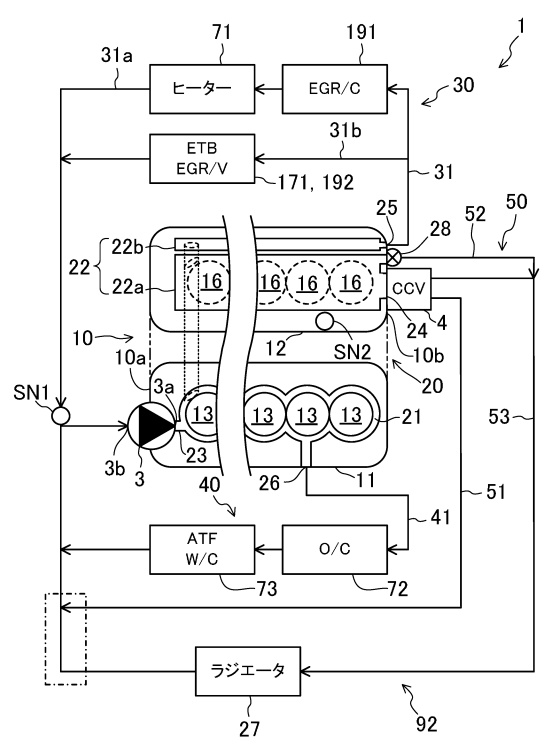
40

50

【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 0 2 9 1 1 3 (J P , A)

特開 2 0 2 0 - 1 6 9 6 0 1 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 0 1 P 7 / 1 4 - 7 / 1 6

F 0 2 B 2 3 / 1 0