

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6094231号
(P6094231)

(45) 発行日 平成29年3月15日 (2017. 3. 15)

(24) 登録日 平成29年2月24日 (2017. 2. 24)

(51) Int. Cl.	F I
FO1P 7/16 (2006.01)	FO1P 7/16 A
FO1P 3/20 (2006.01)	FO1P 3/20 F
FO2M 26/00 (2016.01)	FO1P 7/16 503
FO2M 26/22 (2016.01)	FO1P 7/16 504Z
	FO1P 7/16 504D
請求項の数 7 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2013-9191 (P2013-9191)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成25年1月22日 (2013. 1. 22)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2014-141891 (P2014-141891A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成26年8月7日 (2014. 8. 7)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成27年12月18日 (2015. 12. 18)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(72) 発明者	中西 大介
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会 社デンソー内
		審査官	北村 亮
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 内燃機関の冷却システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関（10）から排出される排気の一部をEGRガスとして吸気系に再循環させるEGR手段（32）を備える内燃機関システムに適用され、

前記内燃機関を冷却する冷却媒体を循環させる循環経路（20）と、

前記循環経路において前記内燃機関の機関冷却通路（13，14）の下流側に設けられ、前記EGRガスを前記冷却媒体により冷却するEGRクーラ（33）と、

前記循環経路において前記EGRクーラに流れる前記冷却媒体の循環流量を調整する流量調整手段（27）と、

前記内燃機関の運転状態に基づいて前記冷却媒体の要求流量を算出する要求流量算出手段（40）と、

前記EGRクーラにおける凝縮水の発生の可能性を判定する凝縮判定手段（40）と、

前記凝縮判定手段により凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、前記冷却媒体の循環流量を前記要求流量よりも制限し、その制限された流量になるように前記流量調整手段による流量制御を実施する制御手段（40）と、

前記内燃機関の暖機後において前記冷却媒体を低温化する低温化制御が実施されているか否かを判定する低温判定手段（40）と、
を備え、

前記要求流量算出手段は、前記低温化制御が実施されていると判定された場合に、前記低温化制御が実施されていない場合に比べて前記要求流量を多くするものであり、

10

20

前記制御手段は、前記低温化制御が実施されている状況下で前記凝縮判定手段により凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、前記循環流量の制限を実施することを特徴とする内燃機関の冷却システム。

【請求項 2】

前記制御手段は、

前記冷却媒体の循環流量について流量制限値として上限ガード値を設定する手段と、

前記凝縮判定手段により凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、前記要求流量算出手段により算出された前記要求流量と前記上限ガード値との比較に基づいて前記循環流量の高流量側の制限を実施する手段と、

を有している請求項 1 に記載の内燃機関の冷却システム。

10

【請求項 3】

前記循環経路において前記機関冷却通路の下流側に、前記冷却媒体の熱を放出する熱交換器（31）が設けられ、さらにその下流側に前記 EGR クーラが設けられている冷却システムであって、

前記熱交換器において前記冷却媒体の放熱が行われている状態であるかどうかを判定する放熱判定手段（40）を備え、

前記制御手段は、

前記冷却媒体の循環流量について流量制限値として上限ガード値及び下限ガード値を設定する手段と、

前記凝縮判定手段により凝縮水発生の可能性有りと判定され、かつ前記放熱判定手段により前記熱交換器が放熱状態であると判定された場合に、前記要求流量算出手段により算出された前記要求流量と前記上限ガード値及び前記下限ガード値との比較に基づいて前記循環流量の高流量側及び低流量側の制限を実施する手段と、

を有している請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の冷却システム。

20

【請求項 4】

前記制御手段は、前記内燃機関の冷間の程度に基づいて前記流量制限値を設定する請求項 2 又は 3 に記載の内燃機関の冷却システム。

【請求項 5】

前記内燃機関での燃焼ガスの空燃比を検出する空燃比検出手段（46）を備え、

前記制御手段は、前記空燃比検出手段により検出した空燃比に基づいて前記流量制限値を設定する請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載の内燃機関の冷却システム。

30

【請求項 6】

前記 EGR ガスで凝縮水が発生する凝縮温度を算出する凝縮温度算出手段（40）と、

前記 EGR ガスの温度を算出するガス温算出手段（40）と、

を備え、

前記凝縮判定手段は、前記ガス温算出手段により算出したガス温度と、前記凝縮温度算出手段により算出した凝縮温度との比較により、前記凝縮水の発生の可能性を判定する請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の内燃機関の冷却システム。

【請求項 7】

前記内燃機関は、前記機関冷却通路として、シリンダブロック（11）を冷却するシリンダブロック冷却通路（13）とシリンダヘッド（12）を冷却するシリンダヘッド冷却通路（14）とを有し、

40

前記循環経路は、前記シリンダブロック冷却通路及び前記シリンダヘッド冷却通路にそれぞれ接続され、互いに別経路となるブロック側経路（22）とヘッド側経路（23）とを有し、

前記ブロック側経路及び前記ヘッド側経路のいずれかに前記 EGR クーラが設けられており、それら両経路のうち前記 EGR クーラが設けられている方の第 1 経路に前記流量調整手段として第 1 流量調整弁（27）が設けられ、前記 EGR クーラが設けられていない方の第 2 経路に当該経路における前記冷却媒体の循環流量を調整する第 2 流量調整弁（26）が設けられており、

50

前記第1経路を流れる前記冷却媒体の流量制御として前記制御手段による前記第1流量調整弁の制御を行う一方、前記第2経路を流れる前記冷却媒体の流量制御として前記内燃機関の運転状態に基づいて前記第2流量調整弁の制御を行う請求項1乃至6のいずれか一項に記載の内燃機関の冷却システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の冷却システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

内燃機関の排気の一部をEGRガスとして吸気側へ還流させるシステムにおいて、EGRクーラによりEGRガスを冷却して還流させる技術が実用化されている。具体的には、排気管から吸気管にEGRガスを還流させるEGR配管に、EGRガスを冷却水と熱交換させる水冷式のEGRクーラを設けている。また、冷却水を循環させる循環経路において、内燃機関内部に設けられた冷却通路の下流側となる位置にEGRクーラを配置し、内燃機関の冷却通路を通過した冷却水をEGRクーラに供給するようにした構成が知られている（例えば特許文献1参照）。こうして内燃機関の冷却通路の下流側にEGRクーラが配置される構成では、内燃機関の運転状態に基づき設定される要求流量に応じてEGRクーラに冷却水が供給される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-289125号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えば内燃機関の冷間始動時において冷却水の温度が比較的低い場合には、その冷却水がEGRクーラに流れることで該EGRクーラにおいてEGRガスが過冷却され、凝縮水が発生することが考えられる。ここで、上記のように内燃機関の運転状態に応じてEGRクーラに冷却水が供給される場合には、例えばEGRガスの冷却を優先することで凝縮水が発生し易くなるとも考えられる。そして、その凝縮水により、EGRクーラの腐食促進や、下流への水飛散による不具合（エンジン水吸い込み、触媒、排気センサヒートショック）が生じることが懸念される。

【0005】

本発明は、EGRクーラでの凝縮水発生による不都合を解消することができる内燃機関の冷却システムを提供することを主たる目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について説明する。

【0007】

本発明では、内燃機関を冷却する冷却媒体を循環させる循環経路（20）と、前記循環経路において前記内燃機関の機関冷却通路（13、14）の下流側に設けられ、前記EGRガスを前記冷却媒体により冷却するEGRクーラ（33）と、前記循環経路において前記EGRクーラに流れる前記冷却媒体の循環流量を調整する流量調整手段（27）とを備える。そして、前記内燃機関の運転状態に基づいて前記冷却媒体の要求流量を算出する要求流量算出手段（40）と、前記EGRクーラにおける凝縮水の発生の可能性を判定する凝縮判定手段（40）と、前記凝縮判定手段により凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、前記冷却媒体の循環流量を前記要求流量よりも制限し、その制限された流量になるように前記流量調整手段による流量制御を実施する制御手段（40）と、を備えることを特徴とする。

【0008】

内燃機関が暖機完了の状態ではなく比較的低温になっている場合には、EGRガスがEGRクーラで過剰に冷却され、それに起因してEGRクーラにおいて凝縮水が発生することが懸念される。この点、上記構成によれば、凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、EGRクーラに流れる冷却媒体について要求流量に対する流量制限が実施される。これにより、EGRクーラにおいて凝縮水の発生が抑制される。その結果、EGRクーラでの凝縮水発生による不都合を解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】エンジンの冷却システムの概要を示す構成図。

10

【図2】冷却水流量制御の手順を示すフローチャート。

【図3】基本要求流量の算出に用いる関係図。

【図4】水温係数の算出に用いる関係図。

【図5】凝縮温度の算出に用いる関係図。

【図6】ガード流量の算出に用いる関係図。

【図7】ガード流量の算出に用いる関係図。

【図8】冷却水流量制御をより具体的に説明するためのタイムチャート。

【図9】他の実施形態において冷却水流量制御の手順を示すフローチャート。

【図10】他の実施形態においてガード流量の算出に用いる関係図。

【図11】他の実施形態においてエンジンの冷却システムの概要を示す構成図。

20

【図12】他の実施形態においてエンジンの冷却システムの概要を示す構成図。

【図13】他の実施形態においてエンジンの冷却システムの概要を示す構成図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明を具体化した一実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態では、車両に搭載される水冷式多気筒エンジン（内燃機関）において同エンジンを冷却する冷却システムとして具体化している。図1は、本システムの概要を示す構成図である。

【0011】

図1において、エンジン10は、シリンダブロック11とシリンダヘッド12とを有しており、それらには各々冷却媒体としての冷却水を流通させるためのウォータジャケットが形成されている。シリンダブロック11のウォータジャケットが、同シリンダブロック11内に冷却水を流通させるシリンダブロック冷却通路13に相当し、シリンダヘッド12のウォータジャケットが、同シリンダヘッド12内に冷却水を流通させるシリンダヘッド冷却通路14に相当する。

30

【0012】

本実施形態では、シリンダブロック冷却通路13とシリンダヘッド冷却通路14とが並列に設けられ、ゆえにシリンダブロック11とシリンダヘッド12とが別系統で冷却されるようになっている。

【0013】

エンジン10の各冷却通路13、14には冷却水を循環させるための循環経路20が接続されている。この循環経路20は、例えば金属製又は合成樹脂製の配管部材により構成されている。循環経路20は、エンジン10（各冷却通路13、14）に対する冷却水の流入側の経路であって二経路に分岐されている入口側経路21と、シリンダブロック冷却通路13からの冷却水の流出側の経路であるシリンダブロック出口側経路22と、シリンダヘッド冷却通路14からの冷却水の流出側の経路であるシリンダヘッド出口側経路23とを有している。入口側経路21の分岐前位置（集合部分）にはウォータポンプ24が設けられている。ウォータポンプ24は、エンジン10の回転により駆動される機械式ウォータポンプであり、このウォータポンプ24の駆動により循環経路20内を冷却水が循環する。

40

【0014】

50

シリンダブロック出口側経路 2 2 には、当該出口側経路 2 2 内を流れる冷却水の流量を調整する流量調整弁 2 6 が設けられている。また、シリンダヘッド出口側経路 2 3 は二経路に分岐されており、その分岐位置には、当該出口側経路 2 3 内を流れる冷却水の流量を調整する機能と、二方の分岐経路 2 3 a, 2 3 b のいずれに冷却水を流すかを切り替える切替機能とを有する流量調整弁 2 7 が設けられている。二つの分岐経路 2 3 a, 2 3 b のうち一方の分岐経路 2 3 a には、冷却水を外気により冷却するラジエータ 2 8 が設けられている。また、他方の分岐経路 2 3 b には、車載空調装置における熱源となるヒータコア 3 1 と、EGR 装置 3 2 を通過する EGR ガスを冷却する EGR クーラ 3 3 とが直列に設けられている。分岐経路 2 3 b は、ラジエータ 2 8 を迂回するバイパス通路である。分岐経路 2 3 b に冷却水が流れる場合、シリンダヘッド冷却通路 1 4 から流出した冷却水は、

10

【0015】

なお、本実施形態では、シリンダヘッド出口側経路 2 3 が「第 1 経路」に、シリンダブロック出口側経路 2 2 が「第 2 経路」に相当する。また、流量調整弁 2 7 が「第 1 調整手段」に、流量調整弁 2 6 が「第 2 調整手段」に相当する。

【0016】

ヒータコア 3 1 は、その内部を通過する冷却水と車室内に送風される空気との熱交換によりその送風空気を暖める熱交換器であり、冷却水の熱を放出する放熱源に相当する。この場合、車室内を暖房する暖房要求に応じてヒータコア 3 1 において熱交換（冷却水の放熱）が実施される。

20

【0017】

EGR 装置 3 2 は、エンジン 1 0 から排出される排気の一部を EGR ガスとして吸気系に再循環させる EGR 手段に相当し、EGR ガスを流通させる EGR 配管と EGR ガス量を調整する EGR 弁とを有している。EGR クーラ 3 3 は、EGR 配管の途中に設けられ、EGR ガスを冷却液と熱交換させる熱交換器として機能する。EGR クーラ 3 3 は、例えば細い長い管状の伝熱管（熱交換パイプ）が複数並列的に設けられ、これら伝熱管内を EGR ガスが流れ、伝熱管の外側を冷却水が流れる構成となっている。

【0018】

シリンダブロック出口側経路 2 2 とシリンダヘッド出口側経路 2 3 とは、ラジエータ 2 8 やヒータコア 3 1、EGR クーラ 3 3 よりも下流側において一経路に集約され、その下流側で入口側経路 2 1 に接続されるようになっている。循環経路 2 0 において、エンジン 1 0 の入口側（詳しくは、ウォーターポンプ 2 4 の上流側）には、冷却水の温度を検出する水温センサ 3 5 が設けられている。

30

【0019】

ECU 4 0 は、CPU や、ROM、RAM 等のメモリよりなる周知のマイクロコンピュータを備えて構成され、ROM に記憶された各種の制御プログラムを実行することで、都度のエンジン運転状態等に応じて本システムの各種制御を実施する。具体的には、ECU 4 0 には、上述の水温センサ 3 5 以外に、エンジン回転速度を検出する回転速度センサ 4 1 や、吸気管内圧力等をエンジン負荷として検出する負荷センサ 4 2、EGR 配管において EGR クーラ 3 3 の出口側の温度（出口ガス温）を検出するガス温センサ 4 3、外気温を検出する外気温センサ 4 4、外気の湿度を検出する湿度センサ 4 5、排気の空燃比を検出する排気センサ 4 6 が接続されており、これら各センサの検出信号が ECU 4 0 に逐次入力される。そして、ECU 4 0 は、それら入力した各種検出信号に基づいて、流量調整弁 2 6、2 7 の開度調整による流量制御を実施する。特に本実施形態では、シリンダブロック出口側経路 2 2 とシリンダヘッド出口側経路 2 3 とが各々個別の経路となっており、ECU 4 0 は、これらの経路ごとに冷却水の流量を制御する。

40

【0020】

ところで、例えばエンジン 1 0 の冷間始動など、冷却水の水温が低い場合に冷却水を EGR クーラ 3 3 に流通させると、EGR ガスが EGR クーラ 3 3 により過剰に冷却されて、EGR ガス中の水分が凝縮することが考えられる。そして、その凝縮水の発生に起因し

50

てEGR配管やEGRバルブ等の各種金属部品の腐食が生じること等が懸念される。そこで本実施形態では、EGRクーラ33における凝縮水の発生の可能性を判定し、凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、EGRクーラ33に対する冷却水の流量制限を行うこととし、その制限された流量になるように流量調整弁27による流量制御を実施する。

【0021】

次に、ECU40により実施される冷却水の流量制御について説明する。図2は、冷却水流量制御の手順を示すフローチャートであり、本処理はECU40により所定周期で繰り返し実施される。なおここでは、シリンダヘッド出口側経路23（EGRクーラ33が設けられている経路）に流れる冷却水の流量制御について説明する。ちなみに、シリンダブロック出口側経路22（EGRクーラ33が設けられていない経路）に流れる冷却水の流量は、冷却水温などのエンジン運転状態に基づき制御され、例えば冷却水温が所定の暖機完了温度（例えば80℃）以上になっている状態で、冷却水温が高いほど流量が大きくなるように流量制御が実施されるとよい。

【0022】

図2において、ステップS11では、エンジン運転状態に基づいて要求流量を算出する。このとき、エンジン運転状態としてのエンジン回転速度とエンジン負荷（トルク）とに基づいて基本要求流量が算出され、その基本要求流量に対して水温補正が行われた結果として要求流量が算出される。より具体的には、図3に示す関係に基づいて、エンジン回転速度が大きいほど、又はエンジン負荷（トルク）が大きいほど、流量が多くなるようにして基本要求流量が算出される。また、図4に示す関係に基づいて、冷却水温が大きいほど、数値が大きくなるようにして水温係数が算出される。ここで、エンジン10が暖機完了の状態になっていなくても早期にEGRを実施したいという要望があり、例えば60℃（暖機完了前の温度）以上の温度範囲においてシリンダヘッド出口側経路23に冷却水が流通されるようになっている。そして、基本要求流量と水温係数との乗算により最終の要求流量が算出される。

【0023】

続くステップS12では、外気温と湿度とに基づいて、EGRガスで凝縮水が発生する凝縮温度を算出する。このとき、図5に示す関係に基づいて、湿度が大きいほど、又は外気温が高いほど、高い温度になるようにして凝縮温度が算出される。ステップS13では、ガス温センサ43の検出結果に基づいて、EGRクーラ33の出口側の温度（出口ガス温）を算出する。

【0024】

その後、ステップS14では、ステップS13で算出した出口ガス温がステップS12で算出した凝縮温度よりも低いか否かを判定する。そして、出口ガス温<凝縮温度であれば、ステップS15に進み、ガード流量の算出を実施する。ここでは、ガード流量として、ステップS11で算出した要求流量を高流量側で制限するための上限ガード流量（上限ガード値）と、低流量側で制限するための下限ガード流量（下限ガード値）とを算出することとしており、水温、外気温、湿度を算出パラメータとしてこれら各ガード流量を算出する。

【0025】

具体的には、水温に関しては図6の（a）、（b）の関係を用い、外気温及び湿度に関しては図7の関係を用いて、上限ガード流量及び下限ガード流量を算出する。図6の（a）によれば、水温が低いほど上限ガード流量が小さい値に設定され、図6の（b）によれば、水温が低いほど下限ガード流量が大きい値に設定される。これは、水温が低いほど（すなわちエンジン10の冷間の程度が大きいほど）、高流量側及び低流量側でそれぞれ制限を強くしていることを意味する。また、図7によれば、外気温が高いほど、又は湿度が大きいほど、ガード補正值が大きい値として算出される。これは、外気温が高いほど、又は湿度が大きいほど、高流量側及び低流量側でそれぞれ制限を強くしていることを意味する。

【0026】

その後、ステップS16では、ヒータコア31において冷却水の放熱が行われている状況であるか否かを判定する。そして、ヒータコア31が放熱状態になっていればステップS17に進み、ヒータコア31が放熱状態になっていなければステップS19に進む。

【0027】

ステップS17では、ステップS11で算出した要求流量がステップS15で算出した上限ガード流量よりも大きいか、又はステップS11で算出した要求流量がステップS15で算出した下限ガード流量よりも小さいかを判定する。そして、要求流量 $\leq$ 上限ガード流量、かつ要求流量 $\geq$ 下限ガード流量であれば、そのまま本処理を終了する。この場合、ステップS11で算出した要求流量により冷却水の流量制御が実施される。また、要求流量 $>$ 上限ガード流量であるか、又は要求流量 $<$ 下限ガード流量であれば、ステップS18に進み、要求流量を上限ガード流量又は下限ガード流量で制限する。この場合、制限された流量で冷却水の流量制御が実施される。

10

【0028】

また、ステップS19では、ステップS11で算出した要求流量がステップS15で算出した上限ガード流量よりも大きいか否かを判定する。そして、要求流量 $\leq$ 上限ガード流量であれば、そのまま本処理を終了する。この場合、ステップS11で算出した要求流量により冷却水の流量制御が実施される。また、要求流量 $>$ 上限ガード流量であれば、ステップS20に進み、要求流量を上限ガード流量で制限する。この場合、制限された流量で冷却水の流量制御が実施される。

【0029】

20

図8は、エンジン10の冷間始動時における冷却水流量制御をより具体的に説明するためのタイムチャートである。なお、図8では、シリンダヘッド側流量のガード流量として上限ガード流量のみを示している。

【0030】

図8では、タイミングt1で車両のIGスイッチ（始動スイッチ）がオンされ、エンジン10が始動される。このとき、水温は例えば10℃であり、エンジン10の運転開始に伴い徐々に上昇する。そして、水温が所定値（本実施形態では60℃）に達すると、流量調整弁27が開放されることでシリンダヘッド出口側経路23において冷却水の流通が開始される（タイミングt2）。このタイミングt2では、EGRクーラ33の出口ガス温 $<$ 凝縮温度になっているとしており、上限ガード流量の算出が行われている。そして、上限ガード流量に対して要求流量が上回っていることから、シリンダヘッド側流量の高流量側の制限が実施されている（t2～t3の斜線部分）。

30

【0031】

その後、水温の上昇に応じて上限ガード流量が増加し、タイミングt3で要求流量 $\leq$ 上限ガード流量になると、流量制限が解除される。

【0032】

なお、タイミングt4では水温が暖機完了温度（例えば80℃）に達し、流量調整弁26が開放されることでシリンダブロック冷却通路13において冷却水の流通が開始される。タイミングt4以降において、シリンダブロック出口側経路22に流れる冷却水の流量は、冷却水温に基づき、冷却水温が高いほど流量が大きくなるように制御が実施される。

40

【0033】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の優れた効果が得られる。

【0034】

上記構成によれば、凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、EGRクーラ33に流れる冷却水について要求流量に対する流量制限が実施される。これにより、EGRクーラ33において凝縮水の発生が抑制される。その結果、EGRクーラ33での凝縮水発生による不都合を解消することができる。

【0035】

冷却水の上限ガード流量（流量制限値）を設定し、凝縮水発生の可能性有りと判定された場合に、要求流量と上限ガード流量との比較に基づいて高流量側の流量制限を実施する

50

構成とした。EGRクーラ33に対する冷却水の流量が過剰に多いと、凝縮水が発生し易くなる。この点、要求流量と上限ガード流量との比較に基づいて高流量側が流量制限されるため、凝縮水の発生を好適に抑制できる。補足すると、循環流量が高流量であるほど冷却水の熱容量が大きく、エンジン10の入口側と出口側との温度差が小さくなる（エンジン10での温度上昇幅が小さくなる）。そのため、EGRクーラ入口における冷却水温度が低くなり、EGRクーラ33での過冷却による凝縮水の発生が懸念されるが、上記のとおり高流量側が流量制限されることで、エンジン10での温度上昇幅を大きくし、EGRクーラ入口における冷却水温度を高くすることができる。これにより、凝縮水の発生を好適に抑制できる。

【0036】

凝縮水発生の可能性有りと判定され、かつヒータコア31が放熱状態であると判定された場合に、要求流量と上限ガード流量及び下限ガード流量との比較に基づいて高流量側及び低流量側の流量制限を実施する構成とした。循環経路20においてエンジン冷却通路（シリンダヘッド冷却通路14）の下流側にヒータコア31が設けられ、さらにその下流側にEGRクーラ33が設けられている構成では、冷却水の循環流量が少なく冷却水の熱容量が小さい場合に、エンジン10での温度上昇幅が大きくなる一方、放熱源となるヒータコア31での温度低下幅が大きくなる。そのため、エンジン10での受熱とヒータコア31での放熱とのバランスによっては、EGRクーラ入口における冷却水温度が低くなり過ぎてしまい、EGRクーラ33での過冷却が生じるおそれがある。この点、上記構成では、ヒータコア31が放熱状態になっている場合に、高流量側及び低流量側の両方が制限されるため、循環流量が過剰に多くなることだけでなく、循環流量が過剰に少なくなることも規制できる。これにより、やはり凝縮水の発生を好適に抑制できる。

【0037】

エンジン10が冷えているほど（冷間の程度が大きいほど）、上限ガード流量を小さくして高流量側の流量制限を強くするとともに、下限ガード流量を大きくして低流量側の流量制限を強くするようにした。この場合、エンジン10が冷えているほど、EGRクーラ入口における冷却水温度が低くなるが、循環流量を制限することで、EGRクーラ入口における冷却水温度の低下の抑制を図ることができる。

【0038】

EGRクーラ33の出口ガス温と凝縮温度との比較により凝縮水の発生の可能性を判定する構成としたため、実際のEGRガスの状況に応じて適正な凝縮判定を実施できる。また、外気温と湿度とに基づいて凝縮温度を算出する構成としたため、凝縮温度を適正に求めることができ、ひいては凝縮水の発生の有無を適正に判定できる。

【0039】

互いに別経路となるシリンダブロック出口側経路22とシリンダヘッド出口側経路23とを有し、個々に冷却水の流量制御が実施される構成とした。エンジン10においてシリンダブロック冷却通路13とシリンダヘッド冷却通路14とが各々独立して設けられている構成では、シリンダヘッド12側を比較的低温にしておくことはノッキング抑制の観点からして望ましいが、シリンダヘッド冷却通路14に繋がるシリンダヘッド出口側経路23にEGRクーラ33が設けられている構成では、シリンダヘッド12の低温化に伴いEGRクーラ33での過冷却が生じやすくなる。この点、上記のとおりシリンダブロック冷却通路13とシリンダヘッド冷却通路14とについて各々独立して冷却水の流量制御が実施され、さらにシリンダヘッド冷却通路14（EGRクーラ33が接続されている方の冷却通路）についてEGRクーラ33での過冷却が抑制されるため、ノッキング抑制を図りつつ、凝縮水の発生による不都合の抑制を図ることができる。

【0040】

（他の実施形態）

上記実施形態を例えば次のように変更してもよい。

【0041】

・上記実施形態では、エンジン10の冷間始動時に冷却水の流量制限を実施する構成と

したが、これ以外に、例えばエンジン１０でのノッキング抑制のためにシリンダヘッド１２を低温化している場合に冷却水の流量制限を実施する構成としてもよい。具体的には、ＥＣＵ４０が、エンジン１０の暖機期間が終了した後も、冷却水温（エンジン出口水温）を例えば６０℃程度に保持する低温化制御を実施する。そして、その低温化制御の実施に際して、ＥＧＲクーラ３３での過冷却を抑制する。ＥＣＵ４０による制御の手順を図９に示す。

【００４２】

図９において、ステップＳ２１では、シリンダヘッド１２の低温化制御が実施されているか否かを判定する。低温化制御が実施されている状態が「所定の低温状態」に相当する。そして、低温化制御の実施状態でなければ、ステップＳ２２に進んで、エンジン運転状態（エンジン回転速度、負荷、水温等）に基づいて通常制御用の要求流量を算出し、低温化制御の実施状態であれば、ステップＳ２３に進んで、エンジン運転状態（エンジン回転速度、負荷、水温等）に基づいて低温化制御用の要求流量を算出する。なお、低温化制御用の要求流量は、通常制御用の要求流量よりも多めになっている。

10

【００４３】

ステップＳ２２の実施後はそのまま本処理を終了し、ステップＳ２３の実施後はステップＳ１２に進む。なお、ステップＳ１２以降は、上述の図２と同様の処理であり、説明は割愛する。

【００４４】

エンジン１０が所定の低温状態にある場合には、ＥＧＲクーラ入口の水温が低温になりがちであり、ＥＧＲクーラ３３での過冷却抑制の必要がある。この点、エンジン１０が所定の低温状態にあると判定された場合に循環流量の制限を実施する構成としたため、必要に応じた流量制限を実施できる。

20

【００４５】

・エンジン１０の空燃比に基づいてガード流量（流量制限値）を設定する構成としてもよい。具体的には、図１０の（ａ）に示すように、排気センサ４６により検出される空燃比がリッチであるほど上限ガード流量を小さい値に設定し、図１０の（ｂ）に示すように、空燃比がリッチであるほど下限ガード流量を大きい値に設定する。つまり、空燃比がリッチである場合には、排気中の水蒸気量が多くなり、凝縮水の発生の可能性が高まることから、上限ガード流量を小さくするか、又は下限ガード流量を大きくして流量制限を強めにする。これにより、凝縮水の発生を適正に抑制できる。

30

【００４６】

・冷却システムの構成は図１に示すものに限られず、以下のように変更して具体化することが可能である。

【００４７】

（１）図１では、シリンダヘッド出口側経路２３にヒータコア３１とＥＧＲクーラ３３とを設けていたが、図１１ではこの構成を変更し、シリンダブロック出口側経路２２にヒータコア３１とＥＧＲクーラ３３とを設けている。この場合、流量調整弁２６の開度調整によりＥＧＲクーラ３３に流れる冷却水の流量が制御される。

【００４８】

（２）図１２では、エンジン１０の冷却通路として、シリンダブロック１１からシリンダヘッド１２へと冷却水を流す冷却通路５１が設けられている。つまり、エンジン１０において、シリンダブロック冷却通路とシリンダヘッド冷却通路とが直列に設けられている。そして、シリンダヘッド１２の通路出口に出口側経路５２が接続され、その出口側経路５２に流量調整弁５３が設けられている。出口側経路５２にヒータコア３１とＥＧＲクーラ３３とが設けられており、流量調整弁５３の開度調整によりＥＧＲクーラ３３に流れる冷却水の流量が制御される。なお、エンジン１０の冷却通路において冷却水が流れる順序は、図１２とは逆に、シリンダヘッド１２→シリンダブロック１１の順であってもよい。

40

【００４９】

（３）図１では、シリンダヘッド出口側経路２３にヒータコア３１とＥＧＲクーラ３３

50

とを設けていたが、図 13 ではこの構成を変更し、シリンダブロック出口側経路 22 にヒータコア 31 を設けるとともに、シリンダヘッド出口側経路 23 に EGR クーラ 33 を設ける構成としている。

【0050】

・上記実施形態では、冷却水（冷却媒体）の熱を放出する熱交換器としてヒータコア 31 を用いたが、これを変更し、同熱交換器として、潤滑油を暖めるオイルウォーマを用いてもよい。この場合、例えば図 1 に示すシリンダヘッド出口側経路 23 において、ヒータコア 31 に代えてオイルウォーマが設けられる。

【0051】

・上記実施形態では、ガス温センサ 43 の検出結果に基づいて、EGR クーラ 33 の出口側の温度（出口ガス温）を算出する構成としたが、これを変更してもよい。例えば、エンジン入口水温、エンジン回転速度、負荷、EGR ガス量、冷却水の要求流量といった算出パラメータに基づいて、出口ガス温を算出することが可能である。この場合、エンジン入口水温が高いほど、エンジン回転速度が大きいほど、負荷が大きいほど、EGR ガス量が多いほど、冷却水の要求流量が少ないほど、出口ガス温を高い温度に算出するとよい。なお、冷却水の循環経路において EGR クーラ 33 の上流側にヒータコア 31 が設けられる構成では、上記算出パラメータとして外気温を加えるとよい。外気温が高いほど、出口ガス温を高い温度に算出する。また、冷却水の循環経路において EGR クーラ 33 の上流側にオイルウォーマが設けられる構成では、上記算出パラメータとして油温を加えるとよい。油温が高いほど、出口ガス温を高い温度に算出する。

【0052】

・上記実施形態では、ウォーターポンプを機械式ウォーターポンプとしたが、これを変更し、電動式ウォーターポンプを用いてもよい。ウォーターポンプを流量調整手段とし、そのウォーターポンプの駆動を制御することで流量制御を行う構成としてもよい。

【0053】

・上記実施形態では、冷却媒体として冷却水を用いたが、これに代えて、冷却媒体としてオイルなど、他の流体を用いることも可能である。

【符号の説明】

【0054】

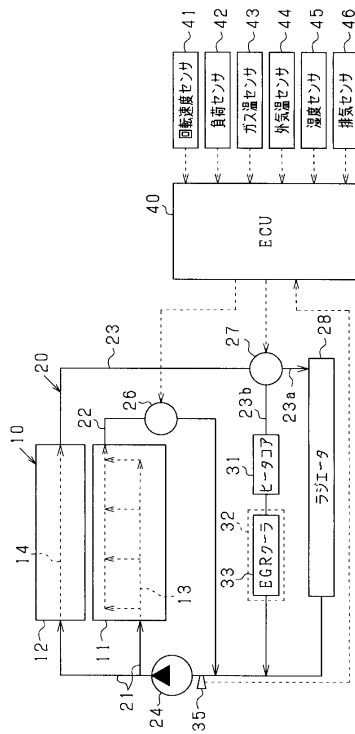
10…エンジン（内燃機関）、13…シリンダブロック冷却通路（機関冷却通路）、14…シリンダヘッド冷却通路（機関冷却通路）、20…循環経路、27…流量調整弁（流量調整手段）、32…EGR 装置（EGR 手段）、33…EGR クーラ、40…ECU（要求流量算出手段、凝縮判定手段、制御手段）。

10

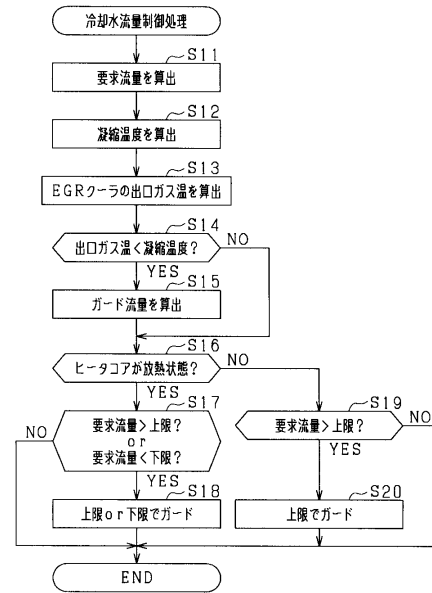
20

30

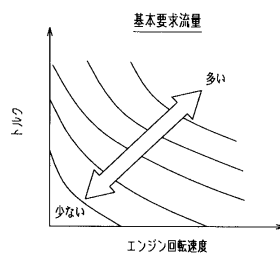
【図 1】



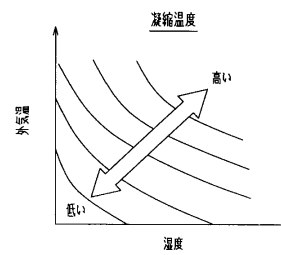
【図 2】



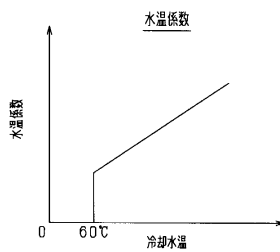
【図 3】



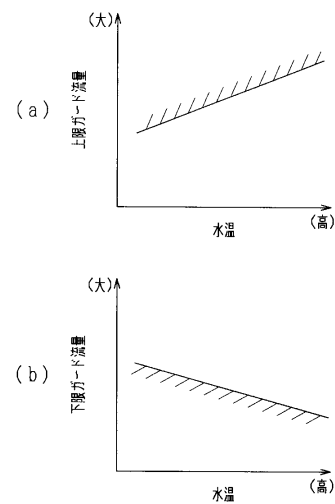
【图 5】



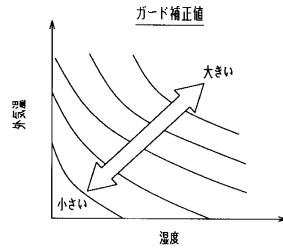
【図 4】



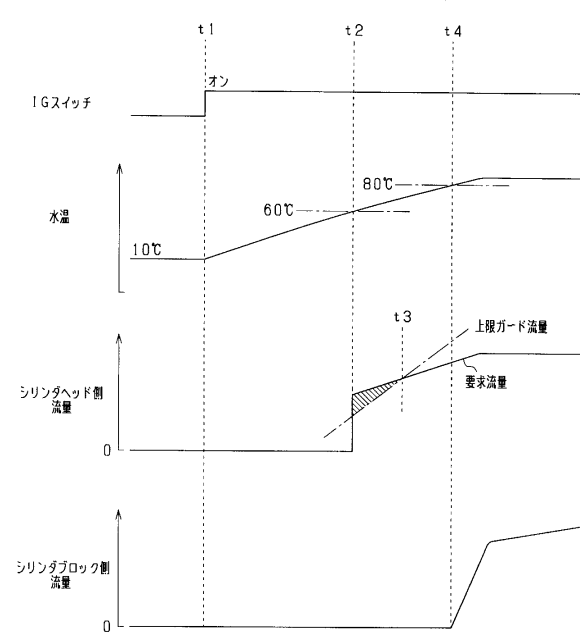
【図 6】



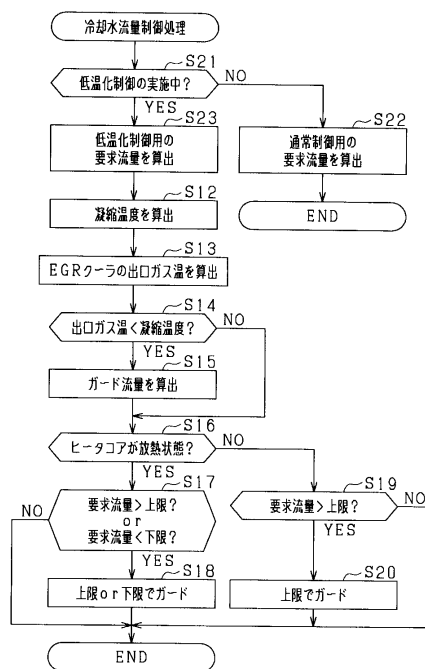
【図 7】



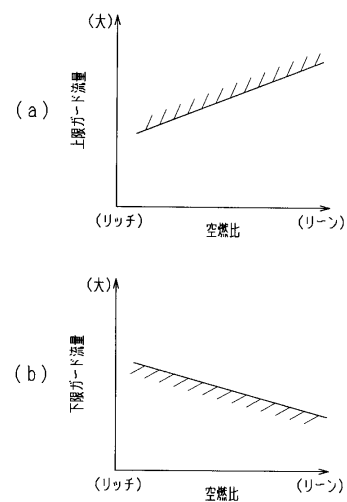
【図 8】



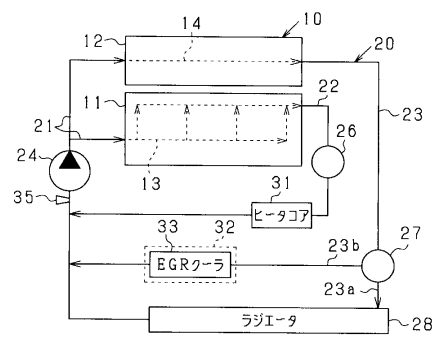
【図 9】



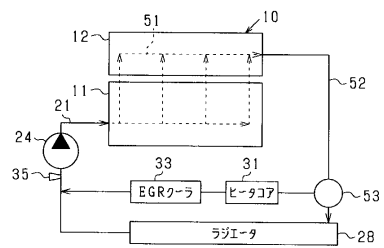
【図 10】



【图 1 3】



【图 1 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 M 26/00
F 0 2 M 26/22

(56)参考文献 特開平11-200956 (JP, A)
特開2012-132394 (JP, A)
特開2011-179454 (JP, A)
国際公開第2012/086181 (WO, A1)
米国特許第05732688 (US, A)
特開2008-274900 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0276886 (US, A1)
特開2012-246792 (JP, A)
特開平08-061156 (JP, A)
特開2003-269168 (JP, A)
特開2005-315106 (JP, A)
米国特許第05546915 (US, A)
特開2001-289125 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 1 P 7/16
F 0 1 P 3/20
F 0 2 M 26/00
F 0 2 M 26/22