

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5215984号
(P5215984)

(45) 発行日 平成25年6月19日(2013.6.19)

(24) 登録日 平成25年3月8日(2013.3.8)

(51) Int.Cl. F I
F O 2 B 39/16 (2006.01) F O 2 B 39/16 G
F O 2 B 39/10 (2006.01) F O 2 B 39/10

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-276417 (P2009-276417)	(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
(22) 出願日	平成21年12月4日(2009.12.4)	(74) 代理人	110000785 特許業務法人 高橋松本&パートナーズ
(65) 公開番号	特開2011-117383 (P2011-117383A)	(72) 発明者	山下 幸生 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
(43) 公開日	平成23年6月16日(2011.6.16)	(72) 発明者	林 慎之 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
審査請求日	平成24年1月20日(2012.1.20)	審査官	安井 寿儀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動過給機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータにより過給機を駆動して内燃機関への給気を過給する電動過給機の回転数制御装置において、

モータの温度もしくは該モータの温度と相関を有する他の部位の温度を検出する温度センサーと、該温度センサーによる検出値が作動制限開始温度を超えたときモータの回転数制限を行う回転数制限手段とを備え、

該回転数制限手段は、前記温度センサーによる検出温度の上昇率が閾値を超えた場合に前記作動制限開始温度を低下させる作動制限開始温度補正手段と、前記作動制限開始温度を超えた後に作動制限開始温度と検出温度との温度差および検出温度の上昇率に基づいて回転数制限値を設定する制限回転数設定手段とを有し、該制限回転数設定手段によって設定された制限回転数にモータの回転数を制限することを特徴とする電動過給機の回転数制御装置。

10

【請求項2】

前記制限回転数設定手段は、前記制限回転数を内燃機関の運転条件に基づく指令回転数から前記温度差に基づく低減量と前記検出温度の上昇率に基づく低減量とを引いた値として設定することを特徴とする請求項1記載の電動過給機の回転数制御装置。

【請求項3】

前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度と検出温度との温度差に定数を温度差調整ゲインとして乗算して、温度差が大きくなるに従って制限回転数をより低い回転数

20

に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電動過給機の回転数制御装置。

【請求項 4】

前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度と検出温度との温度差に前記作動制限開始温度を超えている時間の積分値を温度差調整ゲインとして乗算して、前記時間の経過に従って制限回転数をより低い回転数に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電動過給機の回転数制御装置。

【請求項 5】

前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度を超えた後の検出温度の上昇率に定数を温度上昇率調整ゲインとして乗算して、制限回転数を温度上昇率が大きくなるに従ってより低い回転数に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電動過給機の回転数制御装置。

10

【請求項 6】

前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度を超えた後の検出温度の上昇率に検出温度から求めた変数を温度上昇率調整ゲインとして乗算して、温度が高くなるに従って制限回転数をより低い回転数に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電動過給機の回転数制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータにより過給機を駆動して内燃機関への給気を過給する電動過給機に関し、特に、そのモータの温度上昇を抑える回転数制御に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

エンジン出力を増大させる目的およびエンジン出力の過渡応答を改善する目的で、エンジンの排ガスによりタービンを駆動して過給を行うターボチャージャーに代えて、コンプレッサを電動モータで高速回転させ、圧縮空気を送り込む電動過給機、電動コンプレッサが提案されている。

この電動過給機、電動コンプレッサは高速モータのローターとコンプレッサがギアレスで直結されて、回転数は数万 rpm ~ 十数万 rpm に達する。

また、この電動過給機は、主に自動車用として用いられ、車載品であるため、小型コンパクト化、高温対策が求められている。また、過給量によって、エンジントルクが変動するため、急激な過給量変化や停止が生じないようにモータの回転数を制御する必要がある。

30

【0003】

このように、車載品で小型コンパクト化が求められることから、モータの冷却設計は余裕が小さく、想定した運転パターン以上の運転がなされるとモータ温度（巻線や磁石）が許容値を超えてしまう問題があり、この温度許容値を超えると、巻線の場合は、絶縁劣化や短絡が生じ、運転停止に至るおそれがある。

さらに、この温度許容値を超えると、磁石の場合には、不可逆減磁（常温に戻っても低下した磁力が回復しない現象）によって、性能が低下するおそれもある。

40

【0004】

一方、モータ温度（巻線や磁石）が温度許容値を超えた場合、モータ損出發熱を減らすためにモータ出力を急激に低下（すなわちモータ回転数を低下）させると、過給量も低下してエンジントルクへ影響する。そして、エンジントルクの急変はドライバビリティを悪化させるだけでなく、ドライバーにとって危険でもあるため回避する必要がある。

【0005】

以上のような電動過給機に関し、モータ温度の上昇に対する抑制制御について、先行技術として特許文献 1（特開 2006 - 342738 号公報）が知られている。

この特許文献 1 には、コンプレッサを駆動するモータの巻線温度が通常温度領域を超えたときに、緩勾配の第 1 の増加率に基づきコンプレッサの回転速度を穏やかに制限してト

50

ルクショックや過給中断を防止し、巻線温度が耐熱限界温度に近くなると、急勾配の第2の増加率に基づきコンプレッサの回転速度を急激に制限して巻線温度が耐熱限界に突入する事態を防止する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-342738号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、モータの巻線や、モータの温度上昇や、該モータの巻線や、モータの温度上昇と相関ある部位の温度上昇は、計測温度の時定数が長いため、図5に示すように発熱が急上昇したことを検知して回転数を抑制しても、実温度は温度許容値を超えてしまう（オーバーシュート）おそれがあり、温度許容値を超えると巻線の絶縁劣化や短絡による運転停止や、磁石の不可逆減磁による性能低下を生じるおそれがあった。

また、特許文献1においては、コンプレッサを駆動するモータの巻線温度が通常温度領域を超えたときに回転速度の制限制御を開始するものであるため、制限制御の開始条件は通常温度であり略一定の温度としており、制御開始温度を可変化すること、さらには、通常温度領域を超えときの温度上昇率まで考慮しての温度上昇抑制技術は開示されていない。このため、特許文献1では実温度のオーバーシュート回避手段としては十分とはいえない。

【0008】

そこで、本発明は、これら問題に鑑みてなされたもので、計測温度の時定数が長い場合であっても、温度上昇時にモータの実温度が許容温度を超えてオーバーシュートしないような適切な回転数に制御される電動過給機を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決するために、本発明は、モータにより過給機を駆動して内燃機関への給気を過給する電動過給機の回転数制御装置において、モータの温度もしくは該モータの温度と相関を有する他の部位の温度を検出する温度センサーと、該温度センサーによる検出値が作動制限開始温度を超えたときモータの回転数制限を行う回転数制限手段とを備え、該回転数制限手段は、前記温度センサーによる検出温度の上昇率が閾値を超えた場合に前記作動制限開始温度を低下させる作動制限開始温度補正手段と、前記作動制限開始温度を超えた後に作動制限開始温度と検出温度との温度差および検出温度の上昇率に基づいて回転数制限値を設定する制限回転数設定手段とを有し、該制限回転数設定手段によって設定された制限回転数にモータの回転数を制限することを特徴とする。

【0010】

かかる発明によれば、作動制限開始温度補正手段によって、温度センサーによる検出温度の上昇率が閾値を超えた場合に前記作動制限開始温度を低下させるため、発熱急上昇時には回転数制限制御に早期に突入するようになるので、温度検出遅れ等により実温度が許容値を超えることを確実に回避できる。

【0011】

また、作動制限開始温度を超えた場合には、制限回転数設定手段によって、モータの制限回転数を低下させるため、発熱の減少、および温度低下が可能となる。しかも、回転数の制限値を作動制限開始温度と検出温度との温度差および検出温度の上昇率に基づいて設定するので、すなわち、温度差と温度変化率との両方を用いて設定するので、迅速かつ確実に差動制限開始温度以下に下げることができ、高温による巻線や磁石の劣化を防止してモータの性能低下を回避できる。

【0012】

また、本発明において、好ましくは、前記制限回転数設定手段は、前記制限回転数を内

10

20

30

40

50

燃機関の運転条件に基づく指令回転数から前記温度差に基づく低減量と前記検出温度の上昇率に基づく低減量とを引いた値として設定するとよい。

このように、内燃機関の運転条件に基づく指令回転数から前記温度差に基づく低減量と前記検出温度の上昇率に基づく低減量とを引いた値として設定することで、回転数の制限値を作動制限開始温度と検出温度との温度差および検出温度の上昇率に基づいて設定するので、温度差のみまたは温度の上昇率のみを指標として回転数の作動制限をかけるよりも温度急上昇時のオーバーシュートに対して迅速かつ確実に回転数制限による温度低下を行うことができる。

【0013】

また、本発明において、好ましくは、前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度と検出温度との温度差に定数を温度差調整ゲインとして乗算（掛け算）して温度差が大きくなるに従って制限回転数をより低い回転数に設定するとよい。また、前記作動制限開始温度を超えている時間の積分値を温度差調整ゲインとして乗算して時間の経過に従って制限回転数をより低い回転数に設定するとよい。

10

【0014】

このように、温度差だけでなく、定数を温度差調整ゲインとして乗算するので、温度差が大きい場合にはより大きく下がった制限回転数とすることができ、また、作動制限開始温度を超えている時間を温度差調整ゲインとして乗算するので、時間が経つに従って制限回転数がより下がるように設定でき、确实且つ迅速な温度低下を行うことができる。

【0015】

20

また、本発明において、好ましくは、前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度を超えた後の検出温度の上昇率に定数を温度上昇率調整ゲインとして乗算して、制限回転数を温度上昇率が大きくなるに従ってより低い回転数に設定するとよい。また、前記制限回転数設定手段は、前記作動制限開始温度を超えた後の検出温度の上昇率に検出温度から求めた変数を温度上昇率調整ゲインとして乗算して、温度が高くなるに従って制限回転数をより低い回転数に設定するとよい。

【0016】

このように、温度上昇率だけでなく、定数を温度上昇率調整ゲインとして乗算するので、温度上昇率が大きい場合にはより大きく下がった制限回転数とすることができ、また、検出温度から求めた変数を温度上昇率調整ゲインとして乗算するので、温度が高くなるに従ってより温度上昇率に対して敏感に反応して制限回転数をより低い回転数に設定でき、确实且つ迅速な温度低下を行うことができる。

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、温度計測の時定数が長い場合であっても、温度上昇時にモータの実温度が許容温度を超えてオーバーシュートしないような回転数に制御される。

すなわち、作動制限開始温度補正手段によって、温度センサーによる検出温度の上昇率が閾値を超えた場合に前記作動制限開始温度を低下させるため、発熱急上昇時には回転数制限制御に早期に突入するようになるので、温度検出遅れ等により実温度がオーバーシュートして許容値を超えることを確実に回避できる。

40

また、モータの回転数制限を行っても回転数が作動制限開始温度以下に低下しない場合には、制限回転数設定手段によって、モータの制限回転数を低下させるため、発熱の減少、および温度低下が可能となる。しかも、回転数の制限値を作動制限開始温度と検出温度との温度差および検出温度の上昇率に基づいて設定するので、すなわち、温度差と温度変化率との両方を用いて設定するので、迅速かつ確実に差動制限開始温度以下に下げることができ、高温による巻線や磁石の劣化を防止してモータの性能低下を回避できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の電動過給機の回転数制御装置の全体構成図である。

【図2】第1実施形態の回転数制御装置の制御フロー図である。

50

【図3】第2実施形態および第3実施形態を示す制御フロー図の要部である。

【図4】本発明の回転数制御装置による温度変化を示す説明図である。

【図5】従来技術の温度許容値と実温度との関係を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

(第1実施形態)

図1は本発明の第1実施形態の電動過給機の回転数制御装置を示す全体構成図である。エンジン1の吸気通路3に、電動モータ(モータ)5によって回転駆動されるコンプレッサ(過給機)7が設けられている。なお、コンプレッサ7としては、遠心型、ルーツ型、リショルム型等、周知のものが用いられ、その種類は限定されるものではないが、遠心型を例に説明する。

10

【0020】

コンプレッサ7を構成する羽根車の回転軸は、前記モータ5の回転軸と直結し、モータ5の回転が直接羽根車の回転として作用するようになっており、モータ5の回転数がコンプレッサ7の回転数となっている。

コンプレッサ7の回転数が上昇して過給を開始すると、過給された給気が吸気通路3の下流化側に流通し、エンジン1の各気筒に設けられた吸気弁9を介して燃焼室11内に流入するようになっていく。

【0021】

また、モータ5の回転数は、インバータ13によって制御されるとともに、インバータ13はコントローラ15からの制御信号に基づいて制御されるようになっていく。

20

このコントローラ15には、制御プログラムや制御マップ等が記憶される記憶装置、タイマカウンタや演算処理を行う処理装置等を備え、コントローラ15には入力信号として、モータ温度もしくはモータ温度と相関を有する他の部位の温度を検出する温度センサー17からの信号、コンプレッサ7の回転数を検出する回転数センサー19からの信号が入力される。インバータがモータ回転数センサレス制御機能を有する場合には回転数センサーは省略できる。

また、インバータとコントローラは一体的に構成することも可能である。

【0022】

モータ5の温度としては、モータの巻線温度を検出する例を説明するが、巻線でなくても、モータ温度と相関を有する他の部位、例えばモータの回転軸受の温度、モータの磁石の温度、インバータの温度、コンプレッサ7によって加圧された給気の給気温度等を検出してもよい。

30

【0023】

また、コントローラ15の処理装置内には、温度センサー17による検出値が作動制限開始温度を超えたときモータ5の回転数制限を行う回転数制限手段21が設けられ、該回転数制限手段21には、温度センサー17による検出温度の上昇率が閾値Kを超えた場合に作動制限開始温度を低下させる作動制限開始温度補正手段23と、作動制限開始温度を超えた後に作動制限開始温度 T_m と検出温度 T との温度差および検出温度の上昇率に基づいて回転数制限値を設定する制限回転数設定手段25とが設けられており、該制限回転数設定手段25によって設定された制限回転数にモータ5の回転数を制限するように制御される。

40

【0024】

図2のフローチャートを参照して、回転数制限手段21におけるモータ5の回転数制御について説明する。

ステップS1でスタートすると、まずステップS2において、温度センサー17からの温度信号を基に温度変化率 dT/dt が所定の閾値Kを超えているか否かが判定される。この温度変化率 dT/dt が閾値Kを超えている場合には、急激にモータ温度が上昇していると判定し、ステップS3において、作動制限開始温度 T_m を低下させるように温度上昇率調整ゲインAを設定する。例えば $A = a$ (定数)とする。その後、ステップS5に進

50

み、作動制限開始温度 T_m を、式 (1) によって算出する。

$$T_m = T_0 - A \times dT / dt \quad (1)$$

T_0 は、作動制限開始温度の初期設定値であり、これ以上上昇するとモータの機能が害される最高許容温度より余裕をもって、低温度側に設定された設定値である (図4参照)。このように作動制限開始温度 T_m が、初期設定値 T_0 を補正して設定される。

【0025】

ステップ S2 で、温度変化率 dT / dt が所定の閾値 K を超えていないと判定された場合には、ステップ S4 に進み、作動制限開始温度はデフォルトとされ、 $A = 0$ に設定してステップ S5 において、作動制限開始温度 T_m は前記初期設定値 T_0 に設定され、初期の設定温度によって作動制限開始の要否が判定される。

10

【0026】

このステップ S2 ~ S5 までの作動制限開始温度の設定については、図4の四角枠 X 内に矢印で示すように、温度上昇率 dT / dt が閾値 K を超えて大きくなった場合には作動制限開始温度 T_m を下げ、温度上昇率 dT / dt が大きくなるに従って、作動制限開始温度 T_m を下げることができ、これによって、発熱急上昇時には回転数制限制御に早期に突入するようになるので、温度検出遅れ等により実温度が許容値を超えることが確実に回避されるようになる。

なお、前記ステップ S2 ~ S5 までの作動制限開始温度の設定については、コントローラ 15 内の作動制限開始温度補正手段 23 によって実行される。

【0027】

20

次に、ステップ S6 において、温度センサー 17 からの温度信号が設定した作動制限開始温度 T_m を超えたか否かを判定し、超えている場合には、ステップ S7 に進み、モータ 5 の回転数を制限するための制限回転数 N_s の設定をするのに用いる温度差調整ゲイン B 、および温度上昇調整ゲイン C を設定する。

【0028】

本第1実施形態では、温度差調整ゲイン $B = b$ (定数)、および温度上昇調整ゲイン $C = c$ (定数) に設定する。そして、次のステップ S8 で制限回転数 N_s を、式 (2) を基に算出する。

$$N_s = N_c - B (T - T_m) - C \times dT / dt \quad (2)$$

N_c は、コントローラ指令回転数であり、コントローラ 15 内の記憶装置に制御マップとしてあらかじめ、エンジン回転数、エンジン負荷等の運転条件や環境条件に対応して設定されているコンプレッサ 7 の指令回転数である。 B は温度差調整ゲインであり、 C は温度上昇調整ゲインであり、 T は温度センサー 17 からの実際の温度信号検出値であり、 T_m は作動制限開始温度である。

30

【0029】

従って、制限回転数 N_s はエンジンの運転条件に基づくコントローラ指令回転数 (指令回転数) N_c から温度差に基づく低減量に相当する $B (T - T_m)$ と、温度上昇率に基づく低減量に相当する $C \times dT / dt$ とを引いた値として設定される。

【0030】

このように、回転数の制限値を作動制限開始温度 T_m と検出温度 T との温度差および検出温度の上昇率 dT / dt に基づいて設定するので、温度差のみまたは温度の上昇率のみを指標として回転数の作動制限をかけるよりも温度の急上昇時のオーバーシュートから迅速かつ確実に回転数制限による温度低下を行うことができる。

40

【0031】

温度差調整ゲイン $B = b$ (定数)、温度上昇調整ゲイン $C = c$ (定数) は、作動制限をかけた後に温度が最高許容温度を超えないこと、および作動制限によって温度が下がるようになること、さらには回転数の急激な低下に伴うエンジントルクの急変によるドライバビリティの悪化を生じさせないように設定する。

【0032】

以上のように第1実施形態によれば、作動制限開始温度補正手段 23 によって、発熱急

50

上昇時には回転数制限制御に早期に突入するようになるので、温度検出遅れ等により実温度が許容値を超えることを早期の段階で確実に回避できるようになる。

【0033】

また、作動制限開始温度を超えた場合には、制限回転数設定手段25によって、モータ5の制限回転数を低下させるため、発熱の減少、および温度低下が可能となる。しかも、回転数の制限値を作動制限開始温度 T_m と検出温度 T との温度差および検出温度の上昇率 dT/dt に基づいて設定するので、すなわち、温度差と温度変化率との両方を用いて設定するので、迅速かつ確実に差動制限開始温度以下に下げることができ、高温による巻線や磁石の劣化を防止してモータの性能低下を回避できる。

【0034】

また、作動制限開始温度の調整、および制限回転数の作動制限開始温度 T_m と検出温度 T との温度差および検出温度の上昇率 dT/dt に基づいて設定することによって、早期の時期から、さらに確実に温度上昇を回避したモータ回転数制御がなされるため、モータ出力の急激な低下に伴うエンジントルクの急変によるドライバビリティの悪化も回避することができる。

【0035】

(第2実施形態)

図3を参照して第2実施形態について説明する。

第1実施形態では、温度差調整ゲイン B を定数 b として設定したが、第2実施形態では、ステップS11に示すように、 $B = b \times \int dt$ として、検出温度が作動制限開始温度 T_m を超えている時間を積分した値から求めた変数として設定する。

【0036】

温度差調整ゲイン B をこのように検出温度 T が作動制限開始温度 T_m を超えている時間を積分した値から求めた変数とすることによって、温度が長時間、作動制限開始温度 T_m を超えている場合にはさらに回転数制限の制限回転数を下げることで温度低下を早めることができる。

【0037】

(第3実施形態)

また、図3を参照して第3実施形態について説明する。

第1実施形態では、温度上昇調整ゲイン C を定数 c として設定したが、第3実施形態では、

ステップS12に示すように、 $C = C(T)$ として、温度 T の関数から求められる変数として設定する。例えば、 $C(T) = T + \dots$ 、 $C(T) = T^2 + \dots$ のような関数とする。

【0038】

温度上昇調整ゲイン C をこのように検出温度 T の関数として設定することによって、検出温度 T が高いときには、より温度変化率 dT/dt に対して敏感に反応するようにすることで、最高許容温度(図4参照)を超えることを確実に防止できる。

また、 $C(T)$ の温度関数は、一例であり、作動制限をかけた後に温度が最高許容温度を超えないこと、および作動制限によって温度が下がるようになること、さらには回転数の急激な低下に伴うエンジントルクの急変によるドライバビリティの悪化を生じさせないように設定する。

【0039】

なお、第2実施形態で温度差調整ゲイン B の変数化、第3実施形態で温度上昇調整ゲイン C の変数化について説明したが、第2実施形態と第3実施形態とをともに実施してもよく、また、一方のゲインだけを変数化し、他方のゲインは定数のままとして設定してもよいことは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0040】

本発明によれば、計測温度の時定数が長い場合であっても、温度上昇時にモータの実温

10

20

30

40

50

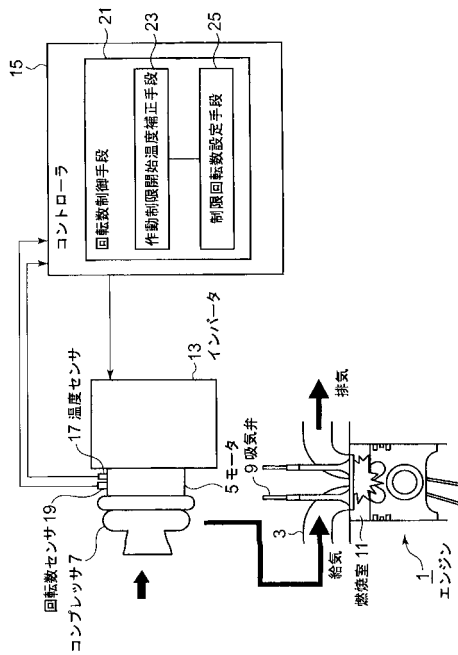
度が許容温度を超えてオーバーシュートしないような適切な回転数に制御されるので、電動過給機の回転数制御装置への利用に適している。

【符号の説明】

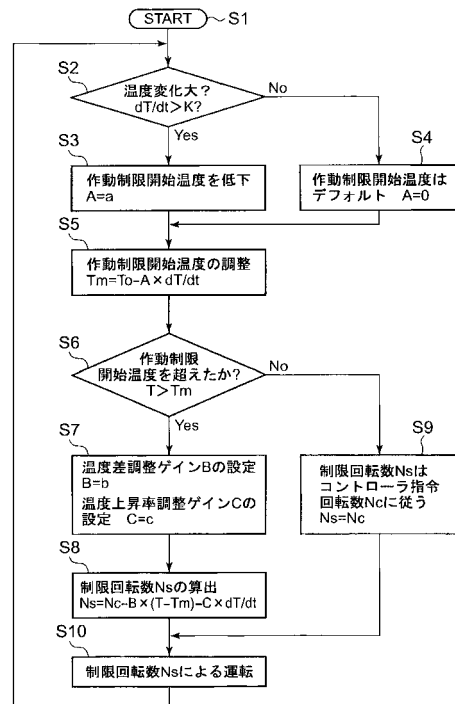
【0041】

- 1 エンジン
- 3 吸気通路
- 5 モータ
- 7 コンプレッサ
- 9 吸気弁
- 11 燃焼室
- 13 インバータ
- 15 コントローラ
- 17 温度センサー
- 19 回転数センサー
- 21 回転数制御手段
- 23 作動制限開始温度補正手段
- 25 制限回転数設定手段

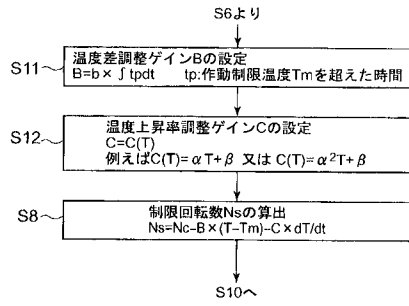
【図1】



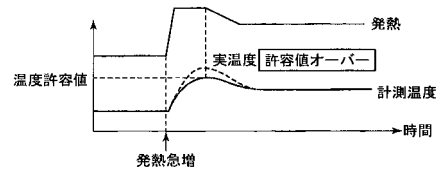
【図2】



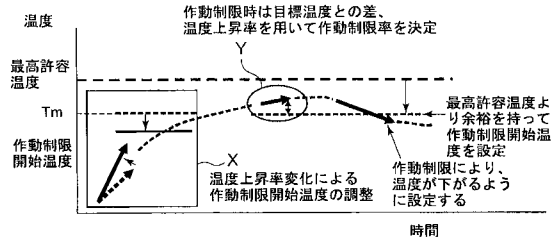
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-228624(JP,A)
特開2003-161156(JP,A)
特開2006-342738(JP,A)
特開2011-080415(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02B 39/16
F02B 39/10
H02H 7/06