

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-59978  
(P2010-59978A)

(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**F02D 45/00 (2006.01)** F02D 45/00 330 3G384  
 F02D 45/00 364C

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2009-283575 (P2009-283575)  
 (22) 出願日 平成21年12月15日(2009.12.15)  
 (62) 分割の表示 特願2007-132315 (P2007-132315)  
 の分割  
 原出願日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(71) 出願人 00005326  
 本田技研工業株式会社  
 東京都港区南青山二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100105119  
 弁理士 新井 孝治  
 (72) 発明者 四竈 真人  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内  
 (72) 発明者 河野 龍治  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内  
 (72) 発明者 山崎 英世  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内

最終頁に続く

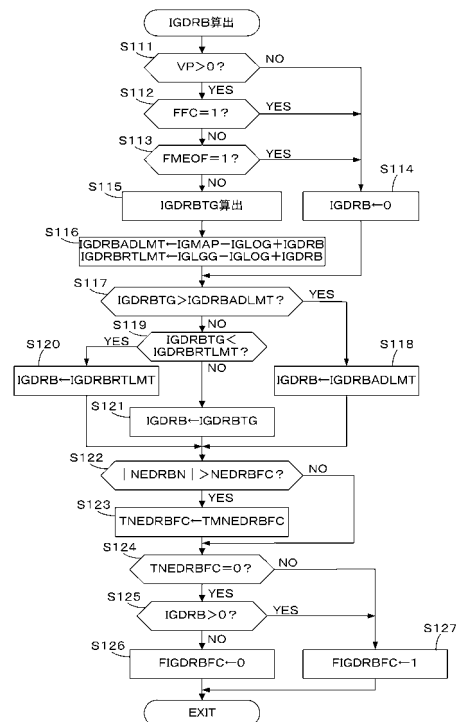
(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 内燃機関の出力軸に加わるトルクが急変したときに発生する車両駆動系の振動の抑制性能を向上させることができる内燃機関の制御装置を提供する。

【解決手段】 エンジン回転数NEのハイパスフィルタ処理を行うことによりフィルタ処理後エンジン回転数NEDRBNを算出し、フィルタ処理後エンジン回転数NEDRBNが「0」となるように点火時期のフィードバック補正量IGDRBを算出する(S115~S121)。フィルタ処理後エンジン回転数NEDRBNは、エンジン出力トルク変動を示すので、フィルタ処理後エンジン回転数NEDRBNを「0」とするように点火時期を補正することにより、車両駆動系の振動が抑制される。

【選択図】 図14



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

車両を駆動する内燃機関の出力トルクを制御する内燃機関の制御装置において、  
 前記機関の回転数を検出する回転数検出手段と、  
 検出された機関回転数のハイパスフィルタ処理を行うハイパスフィルタ手段と、  
 前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数に応じて前記機関の出力トルク制御量をフ  
 ィードバック補正するフィードバックトルク補正手段とを備え、  
 前記フィードバックトルク補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数が  
 「0」となるように前記出力トルク制御量を補正することを特徴とする内燃機関の制御装  
 置。

10

## 【請求項 2】

前記ハイパスフィルタ処理のカットオフ周波数は、前記車両の駆動系の共振周波数より  
 低い周波数に設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置

## 【請求項 3】

前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数について、タイミング補正を行うタイミン  
 グ補正手段を備え、前記フィードバックトルク補正手段は、タイミング補正が行われた機  
 関回転数に応じて前記出力トルク制御量を補正することを特徴とする請求項 1 または 2 に  
 記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 4】

前記タイミング補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理による位相の進み、前記回転数  
 検出手段における検出遅れ、及び前記出力トルク制御量の変化が前記機関の出力トルクの  
 変化に反映されるまでのトルク変化遅れに応じて前記タイミング補正を行うことを特徴と  
 する請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

20

## 【請求項 5】

前記タイミング補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理による位相の進みに対応する進  
 み時間を、前記機関の出力軸に接続された変速機の変速比に応じて算出し、前記進み時間  
 を用いて前記タイミング補正を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の内燃機関の制御装  
 置。

## 【請求項 6】

前記フィードバックトルク補正手段は、前記機関出力軸に接続された変速機の変速比及  
 び前記機関の吸入空気流量に応じて前記フィードバック補正のゲインを設定することを特  
 徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

30

## 【請求項 7】

前記フィードバックトルク補正手段が、前記出力トルク制御量を前記出力トルクを増加  
 させる方向に補正するときは、前記機関への燃料供給を停止する燃料カット運転を禁止す  
 る禁止手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか 1 項に記載の内燃機  
 関の制御装置。

## 【請求項 8】

前記機関の要求トルクが急変したことを検出するトルク変化検出手段と、  
 前記要求トルクの急変が検出された時点から、前記車両の駆動系の共振周期とほぼ等し  
 い補正期間だけフィードフォワード補正量を生成するフィードフォワード補正量生成手段  
 と、  
 前記フィードフォワード補正量により前記機関の出力トルク制御量を補正するフィード  
 フォワードトルク補正手段とをさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1  
 項に記載の内燃機関の制御装置。

40

## 【請求項 9】

車両を駆動する内燃機関の出力トルクを制御する内燃機関の制御装置において、  
 前記機関の要求トルクが急変したことを検出するトルク変化検出手段と、  
 前記要求トルクの急変が検出された時点から、前記車両の駆動系の共振周期とほぼ等し  
 い補正期間だけフィードフォワード補正量を生成するフィードフォワード補正量生成手段

50

と、

前記フィードフォワード補正量により前記機関の第 1 出力トルク制御量を補正するフィードフォワードトルク補正手段と、

前記機関の回転数を検出する回転数検出手段と、

検出された機関回転数のハイパスフィルタ処理を行うハイパスフィルタ手段と、

前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数に応じて前記機関の第 2 出力トルク制御量をフィードバック補正するフィードバックトルク補正手段とを備え、

前記フィードバックトルク補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数が「0」となるように前記第 2 出力トルク制御量を補正することを特徴とする内燃機関の制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両を駆動する内燃機関の制御装置に関し、特に内燃機関の出力トルクの変動に起因する車両の振動を抑制する制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、アクセルペダル操作時に発生する車両駆動系の振動を、スロットル弁の開度制御により抑制するスロットル制御装置が示されている。この装置によれば、インバースフィルタ制御による駆動系の振動抑制と、他の振動抑制制御（例えば点火時期の遅角制御）とが相互に干渉しないように実行される。ここで、インバースフィルタ制御は、スロットル弁開度指令値に対する駆動軸トルクの伝達特性  $G_p$  と、アクセル開度に対する駆動軸トルクの目標伝達特性  $G_m$  とを予め求めておき、 $W (= G_m / G_p)$  の伝達特性を有する位相補償器を用いて、アクセル開度からスロットル弁開度指令値を算出する制御である。

20

【0003】

また特許文献 2 には、車両駆動系の加速度  $A$  の微分値（微分加速度） $DA$  を算出し、微分加速度  $DA$  に応じて点火時期を遅角補正することにより、車両の振動を抑制するようにした制御装置が示されている。微分加速度  $DA$  は例えば機関回転数を 2 回微分することにより算出される。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2000 - 205008 号公報

【特許文献 2】特許 2701270 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に示された装置は、検出されるアクセル開度について、位相補償器を用いて位相補償を行うものであるため、制御装置における演算量が多くなる。そのため、振動抑制制御が必要なアクセル開度が急変する状態に対処するためには、高性能の演算装置を使用する必要があり、コストを上昇させる要因となる。また、特許文献 1 に示された装置では位相補償器の設計に要する工数が大きくなるという課題もある。

40

【0006】

また特許文献 2 に示された装置では、微分加速度  $DA$  には検出遅れ及び演算遅れが含まれているため、振動の抑制効果が十分得られない場合があった。また、機関の回転速度に依存して検出遅れや演算遅れの影響が変化するため、すべての機関運転状態で良好な振動抑制効果を得ることが困難であった。

【0007】

本発明は上述した点を考慮してなされたものであり、機関の出力軸に加わるトルクが急

50

変したときに発生する車両駆動系の振動の抑制性能を向上させることができる内燃機関の制御装置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】

【0008】

上記目的を達成するため請求項1に記載の発明は、車両を駆動する内燃機関の出力トルクを制御する内燃機関の制御装置において、前記機関の回転数（NE）を検出する回転数検出手段と、検出された機関回転数（NE）のハイパスフィルタ処理を行うハイパスフィルタ手段と、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数（NEDRBN）に応じて前記機関の出力トルク制御量（IGLOG）をフィードバック補正するフィードバックトルク補正手段とを備え、前記フィードバックトルク補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数（NEDRBN）が「0」となるように前記出力トルク制御量（IGLOG）を補正することを特徴とする。

10

【0009】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、前記ハイパスフィルタ処理のカットオフ周波数は、前記車両の駆動系の共振周波数（ $\omega$ ）より低い周波数に設定されることを特徴とする。

【0010】

請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の内燃機関の制御装置において、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数（NEDRB）について、タイミング補正を行うタイミング補正手段を備え、前記フィードバックトルク補正手段は、タイミング補正が行われた機関回転数（NEDRBN）に応じて前記出力トルク制御量（IGLOG）を補正することを特徴とする。

20

【0011】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の内燃機関の制御装置において、前記タイミング補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理による位相の進み（TDRBADV）、前記回転数検出手段における検出遅れ、及び前記出力トルク制御量の変化が前記機関の出力トルクの変化に反映されるまでのトルク変化遅れ（TDRBDLY）に応じて前記タイミング補正を行うことを特徴とする。

【0012】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の内燃機関の制御装置において、前記タイミング補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理による位相の進みに対応する進み時間（TDRBADV）を、前記機関の出力軸に接続された変速機の変速比（GEARROT）に応じて算出し、前記進み時間（TDRBADV）を用いて前記タイミング補正を行うことを特徴とする。

30

【0013】

請求項6に記載の発明は、請求項1から5の何れか1項に記載の内燃機関の制御装置において、前記フィードバックトルク補正手段は、前記機関出力軸に接続された変速機の変速比（GEARROT）及び前記機関の吸入空気流量（GAIRCYL）に応じて前記フィードバック補正のゲインを設定することを特徴とする。

【0014】

請求項7に記載の発明は、請求項1から6の何れか1項に記載の内燃機関の制御装置において、前記フィードバックトルク補正手段が、前記出力トルク制御量（IGLOG）を前記出力トルクを増加させる方向に補正するときは（IGDRB > 0）、前記機関への燃料供給を停止する燃料カット運転を禁止する禁止手段をさらに備えることを特徴とする。

40

【0015】

請求項8に記載の発明は、請求項1から7の何れか1項に記載の内燃機関の制御装置において、前記機関の要求トルクが急変したことを検出するトルク変化検出手段と、前記要求トルクの急変が検出された時点から、前記車両の駆動系の共振周期とほぼ等しい補正期間だけフィードフォワード補正量を生成するフィードフォワード補正量生成手段と、前記フィードフォワード補正量により前記機関の出力トルク制御量を補正するフィードフォ

50

ードトルク補正手段とをさらに備えることを特徴とする。

【0016】

請求項9に記載の発明は、車両を駆動する内燃機関の出力トルクを制御する内燃機関の制御装置において、前記機関の要求トルクが急変したことを検出するトルク変化検出手段と、前記要求トルクの急変が検出された時点から、前記車両の駆動系の共振周期とほぼ等しい補正期間だけフィードフォワード補正量を生成するフィードフォワード補正量生成手段と、前記フィードフォワード補正量により前記機関の第1出力トルク制御量（THDRBG）を補正するフィードフォワードトルク補正手段と、前記機関の回転数を検出する回転数検出手段と、検出された機関回転数のハイパスフィルタ処理を行うハイパスフィルタ手段と、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数に応じて前記機関の第2出力トルク制御量（IGLOG）をフィードバック補正するフィードバックトルク補正手段とを備え、前記フィードバックトルク補正手段は、前記ハイパスフィルタ処理された機関回転数（NEDRBN）が「0」となるように前記第2出力トルク制御量（IGLOG）を補正することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0017】

請求項1に記載の発明によれば、検出された機関回転数のハイパスフィルタ処理が行われ、ハイパスフィルタ処理された機関回転数に応じて機関の出力トルク制御量がフィードバック補正される。ハイパスフィルタ処理により、機関回転数の2回微分値に相当する成分（トルク変動を示す成分）を抽出することができ、しかもハイパスフィルタ処理の通過帯域で位相を進ませることができるので、従来差分演算による手法に比べて、トルク変動成分の検出遅れを大幅に減少させることができる。その結果、車両駆動系の振動抑制効果を高めることができる。またハイパスフィルタ処理された機関回転数は機関出力トルクの変動を示すので、ハイパスフィルタ処理された機関回転数が「0」となるように、出力トルク制御量のフィードバック補正を行うことにより、車両駆動系の振動を効果的に抑制することができる。

20

【0018】

請求項2に記載の発明によれば、ハイパスフィルタ処理のカットオフ周波数は、車両駆動系の共振周波数より低い周波数に設定されるので、車両駆動系の振動の共振周波数成分を抽出し、この共振周波数成分を効果的に抑制することができる。

30

【0019】

請求項3に記載の発明によれば、ハイパスフィルタ処理された機関回転数について、タイミング補正が行われ、タイミング補正が行われた機関回転数に応じて出力トルク制御量が補正される。ハイパスフィルタ処理により、トルク変動成分の位相が進むため、機関回転数の検出遅れなどを相殺するタイミング補正を行うことが可能となる。タイミング補正を行うことにより、フィードバック補正による振動抑制効果を高めることができる。

【0020】

請求項4に記載の発明によれば、ハイパスフィルタ処理による位相の進み、回転数検出手段における検出遅れ、及び出力トルク制御量の変化が機関の出力トルクの変化に反映されるまでのトルク変化遅れに応じてタイミング補正が行われる。ハイパスフィルタ処理による位相の進み、機関回転数の検出遅れ、及びトルク変化遅れを考慮することにより、正確なタイミング補正を行うことができる。

40

【0021】

請求項5に記載の発明によれば、ハイパスフィルタ処理による位相の進みに対応する進み時間が、前記機関の出力軸に接続された変速機の変速比に応じて算出され、算出された進み時間を用いてタイミング補正が行われる。車両駆動系の共振周波数は変速比に依存して変化するため、ハイパスフィルタ処理による位相進み量は変速比に依存して変化する。したがって、変速比に応じて進み時間を算出することにより、ハイパスフィルタ処理による位相進みに対応する正確な進み時間を得ることができる。

【0022】

50

請求項 6 に記載の発明によれば、変速機の変速比及び機関の吸入空気流量に応じてフィードバック補正ゲインが設定される。車両駆動系の共振周波数は変速比に依存して変化し、出力トルク制御量の変化に対する機関出力トルクの変化特性は吸入空気流量に依存して変化する。したがって、変速比及び吸入空気流量に応じてフィードバック補正ゲインを設定することにより、適切な補正を行うことができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 7 に記載の発明によれば、出力トルク制御量が増加させる方向に補正されるときは、燃料カット運転が禁止されるので、燃料カット運転によって車両駆動系の振動が助長されることを防止することができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 8 に記載の発明によれば、機関の要求トルクが急変したことが検出された時点から、車両駆動系の共振周期とほぼ等しい補正期間だけフィードフォワード補正量が生成され、このフィードフォワード補正量により機関の出力トルク制御量が補正されるので、機関の出力トルク変化特性をほぼ同等に維持しつつ、車両駆動系の振動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 9 に記載の発明によれば、機関の要求トルクが急変したことが検出された時点から、車両駆動系の共振周期とほぼ等しい補正期間だけフィードフォワード補正量が生成され、このフィードフォワード補正量により機関の第 1 出力トルク制御量が補正されるとともに、検出された機関回転数のハイパスフィルタ処理が行われ、ハイパスフィルタ処理された機関回転数が「0」となるように、第 2 出力トルク制御量がフィードバック補正される。要求トルクが急変したときに、共振周期とほぼ等しい補正期間だけフィードフォワード補正を行うことにより、機関の出力トルク変化特性をほぼ同等に維持しつつ、車両駆動系の振動を効果的に抑制することができるとともに、請求項 1 に記載の発明と同様の効果が得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 6 】

【 図 1 】本発明の一実施形態にかかる内燃機関及びその制御装置の構成を示す図である。

【 図 2 】フィードフォワードトルク制御を説明するためのタイムチャートである。

【 図 3 】フィードフォワードトルク制御の効果を説明するためのタイムチャートである。

【 図 4 】機関回転数 (  $N_E$  )、機関回転数の 1 回微分値 (  $D N_E$  )、及び機関回転数の 2 回微分値 (  $D D N_E$  ) に推移を示すタイムチャートである。

【 図 5 】機関回転数のハイパスフィルタ処理の周波数特性を示す図である。

【 図 6 】フィードバックトルク制御の効果を説明するためのタイムチャートである。

【 図 7 】スロットル弁開度指令値 (  $T H D R B G$  ) を算出する処理のフローチャートである。

【 図 8 】図 7 の処理で実行される H P F / タイミング補正処理のフローチャートである。

【 図 9 】図 8 の処理で実行されるパラメータ設定処理のフローチャートである。

【 図 1 0 】図 7 の処理で実行される基本トルク (  $T R Q D R B T G$  ) 算出処理のフローチャートである。

【 図 1 1 】図 7 の処理で実行されるフィードフォワード補正量 (  $T R Q D R B F F$  ) 算出処理のフローチャートである。

【 図 1 2 】図 1 1 の処理で参照されるテーブルを示す図である。

【 図 1 3 】点火時期 (  $I G L O G$  ) 算出処理のフローチャートである。

【 図 1 4 】図 1 3 の処理で実行されるフィードバック補正量 (  $I G D R B$  ) を算出する処理のフローチャートである。

【 図 1 5 】図 1 2 に示すテーブルの変形例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 7 】

以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

10

20

30

40

50

図1は、本発明の一実施形態に係る内燃機関とその制御装置の構成を示す図であり、図1において、内燃機関（以下単に「エンジン」という）1は、例えば4気筒を有し、エンジン1の吸気管2の途中にはスロットル弁3が配されている。また、スロットル弁3にはスロットル弁開度（TH）センサ4が連結されており、当該スロットル弁3の開度に応じた電気信号を出力して電子コントロールユニット（以下（ECU）という）5に供給する。スロットル弁3には、スロットル弁3を駆動するアクチュエータ7が接続されており、アクチュエータ7は、ECU5によりその作動が制御される。

【0028】

吸気管2には、エンジン1の吸入空気流量GAI Rを検出する吸入空気流量センサ13が設けられている。吸入空気流量センサ13の検出信号は、ECU5に供給される。

10

【0029】

燃料噴射弁6はエンジン1とスロットル弁3との間かつ吸気管2の図示しない吸気弁の少し上流側に各気筒毎に設けられており、各噴射弁は図示しない燃料ポンプに接続されていると共にECU5に電氣的に接続されて当該ECU5からの信号により燃料噴射弁6の開弁時間が制御される。またエンジン1の各気筒に設けられた点火プラグ15は、ECU5に接続されており、点火プラグ15による点火時期がECU5により制御される。

【0030】

スロットル弁3の下流には吸気圧PBAを検出する吸気圧センサ8及び吸気温TAを検出する吸気温センサ9が取付けられている。またエンジン1の本体には、エンジン冷却水温TWを検出するエンジン冷却水温センサ10が取り付けられている。これらのセンサの検出信号は、ECU5に供給される。

20

【0031】

ECU5には、エンジン1のクランク軸（図示せず）の回転角度を検出するクランク角度位置センサ11が接続されており、クランク軸の回転角度に応じた信号がECU5に供給される。クランク角度位置センサ11は、一定クランク角周期毎（例えば30度周期）に1パルス（以下「CRKパルス」という）と、クランク軸の所定角度位置を特定するパルスを発生する。また、カム角度位置センサ12は、エンジン1の特定の気筒の所定クランク角度位置でパルス（以下「CYLパルス」という）と、各気筒の吸入行程開始時の上死点（TDC）でパルス（以下「TDCパルス」という）を発生する。これらのパルスは、燃料噴射時期、点火時期等の各種タイミング制御及びエンジン回転数（エンジン回転速度）NEの検出に使用される。

30

【0032】

ECU5には、エンジン1によって駆動される車両のアクセルペダルの踏み込み量（以下「アクセルペダル操作量」という）APを検出するアクセルセンサ31、当該車両の走行速度（車速）VPを検出する車速センサ32、及びエンジン1のクランク軸（出力軸）に接続された変速機の変速段（ギヤ位置）NGRを検出するギヤ位置センサ33が接続されている。これらのセンサの検出信号は、ECU5に供給される。

【0033】

ECU5は各種センサからの入力信号波形を整形し、電圧レベルを所定レベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変換する等の機能を有する入力回路、中央演算処理ユニット（以下「CPU」という）、CPUで実行される演算プログラム及び演算結果等を記憶する記憶回路のほか、アクチュエータ7、燃料噴射弁6、点火プラグ15に駆動信号を供給する出力回路等から構成される。

40

【0034】

ECU5のCPUは、上記センサの検出信号に応じて、スロットル弁3の開度制御、エンジン1に供給する燃料量（燃料噴射弁6の開弁時間）の制御、及び点火プラグ15の点火時期の制御を行う。

【0035】

なお、エンジン1は図示しない吸気弁及び排気弁のバルブタイミング（具体的にはリフト量及び開弁期間）をエンジンの低回転域に適した低速バルブタイミングと、高速回転域

50

に適した高速バルブタイミングとに切り換えるバルブタイミング可変機構を備えており、ECU5は、エンジン1の運転状態に応じてバルブタイミングの切換制御を行う。

【0036】

本実施形態では、エンジン1のクランク軸から変速機、ドライブシャフト、及び駆動輪を含む車両駆動系の共振による振動を抑制するために、フィードフォワードトルク制御（以下「FFトルク制御」という）及びフィードバックトルク制御（以下「FBトルク制御」）が実行される。

【0037】

図2及び図3は、FFトルク制御を説明するためのタイムチャートである。図2(a)は、アクセルペダルが踏み込まれたときのエンジン1の出力トルクTRQEの推移を示し、同図(b)は対応する駆動軸トルクTRQDの推移を示す。図2の破線L1, L4がFFトルク制御を行わない場合のトルクの推移を示し、実線L2, L5が、FFトルク制御を行った場合のトルクの推移を示す。また図2(a)の実線L3は、FFトルク制御におけるFF補正量TRQDRBFFの推移を示す。このFF補正量TRQDRBFFは、車両駆動系の共振周期TDRBCYCLの1周期分だけ生成され、アクセルペダル操作量APに応じて算出される基本トルクTRQDRBTGに加算される。図2に示す例では、要求トルクが増加するので、FF補正量TRQDRBFFは負の値を有し、エンジン1の出力トルクを減少させる方向に基本トルクTRQDRBTGを補正する。

10

【0038】

なお、共振周期TDRBCYCLは、車両駆動系の共振周波数を $\omega_0$ とすると、下記式(1)で与えられ、共振周波数 $\omega_0$ は下記式(2)で与えられる。式(2)の定数Kは式(3)で与えられる。式(2)の $I_e$ 及び $I_b$ は、それぞれエンジン1の慣性モーメント、及びエンジン1の出力側から駆動輪までのトルク伝達系全体の慣性モーメントである。またGEARRTOはギヤ比、Kdはドライブシャフトの捩れ剛性を示す定数である。

20

【数1】

$$TDRBCYCL = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad (1)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K \left( \frac{1}{I_e} + \frac{1}{I_b} \right)} \quad (2)$$

30

$$K = \frac{Kd}{GEARRTO^2} \quad (3)$$

【0039】

FF補正量TRQDRBFFを加算することにより、エンジン出力トルクTRQEの立ち上がり特性（実線L2）は、破線L1に比べて部分的に傾きが減少するが、最大値に達するまでの時間を変化させることなく、駆動軸トルクTRQDの振動を大幅に低減することができる。

40

【0040】

図3(a)及び(b)は、それぞれFFトルク制御を行わない場合と行った場合に対応して、吸気圧PBA及びエンジン回転数NEをハイパスフィルタ処理したフィルタ処理後エンジン回転数NEDRBN（エンジン回転の変動成分に相当する）の推移を示す。図3に示す吸気圧PBAの推移を比較すると、吸気圧PBAが最高値まで達するのに要する時間TR1とTR2とはほぼ等しく、FFトルク制御を行っても吸気圧PBAの立ち上がり特性には影響を与えていないことが確認できる。さらにフィルタ処理後エンジン回転数NEDRBNを比較すると、エンジン回転数NEの変動が大幅に低減されることが確認できる。

。

【0041】

50

本実施形態では、FFトルク制御は出力トルク制御量としてスロットル弁開度指令値  $T_{H D R B G}$  を用い、実際のスロットル弁開度  $T_H$  がスロットル弁開度指令値  $T_{H D R B G}$  と一致するように制御される。

【0042】

次に図4～図6を参照して、FBトルク制御の概要を説明する。車両の急加速時あるいはクラッチを駆動側と被駆動側の回転数を一致させずに係合させた場合などに発生する車両駆動系の振動は、エンジントルクの変動で表わすことができるため、特許文献2に示されるようにエンジン回転数  $N_E$  の2回微分値  $D D N_E$  に応じたトルク制御が従来より行われている。

【0043】

しかしながら、検出されるエンジン回転数  $N_E$  は、実際には瞬時値ではなく、1 T D C 期間（例えば4気筒エンジンでは、クランク軸が180度回転する期間、6気筒エンジンでは120度回転する期間に相当する）の移動平均値であるため、0.5 T D C 期間の検出遅れを伴っている。さらに1回微分値  $D N_E$  は、実際には検出エンジン回転数  $N_E$  の差分値として算出されるため、さらに0.5 T D C 期間の遅れを伴い、2回微分値  $D D N_E$  はさらに0.5 T D C 期間の遅れを伴う。すなわち、合計で1.5 T D C 期間の検出遅れがあるため、2回微分値  $D D N_E$  に応じたトルク制御では、駆動系の振動を十分に抑制することができない。

【0044】

ここで、エンジン回転数  $N_E$  を例えば下記式(4)で表すと、1回微分値  $D N_E$  及び2回微分値  $D D N_E$  は、それぞれ下記式(5)及び(6)で与えられる。これらのパラメータを図示すると、例えば図4に示すようになる。

$$N_E = A \times \sin(\omega_0 t) + C t \quad (4)$$

$$D N_E = A \times \omega_0 \times \cos(\omega_0 t) + C \quad (5)$$

$$D D N_E = -A \times \omega_0^2 \times \sin(\omega_0 t) \quad (6)$$

ここで、 $A$  及び  $C$  は定数である。

【0045】

式(4)と(6)を比較すると、2回微分値  $D D N_E$  は、もとのエンジン回転数  $N_E$  のスロー成分  $C t$  を除去し、正弦波振動成分の符号を反転させたものに周波数  $\omega_0$  の2乗を乗算したものに相当する。したがって、エンジン回転数  $N_E$  について、スロー成分  $C t$  を除去するハイパスフィルタ処理を行うことにより、2回微分値相当のパラメータであるフィルタ処理後エンジン回転数  $N_{E D R B N}$  を得ることができる。よって、フィルタ処理後エンジン回転数  $N_{E D R B N}$  が目標値「0」に収束するようにエンジン1の出力トルクのフィードバック制御を行うことにより、車両駆動系の振動を抑制することができる。ハイパスフィルタ処理により2回微分値相当のパラメータ、すなわちトルク変動を示すパラメータを得るようにしたので、差分演算による1 T D C 期間の検出遅れを無くすとともに、ハイパスフィルタ処理による位相の進みにより、トルク変動を示すパラメータの検出遅れを大幅に改善することができる。

【0046】

さらにハイパスフィルタ処理による位相の進みとともに、エンジン回転数  $N_E$  の検出遅れ(0.5 T D C 期間)及び出力トルク制御量(本実施形態では、点火時期  $I G L O G$ )を変更してから実際に出力トルクが変化するためのトルク変化遅れ(1 T D C 期間)を考慮したタイミング補正を行うことにより、トルク変動の抑制効果をより高めることができる。

【0047】

図5は、ハイパスフィルタ処理の周波数特性の一例を示すボード線図であり、実線がゲイン周波数特性を示し、破線が位相周波数特性を示す。このハイパスフィルタ処理のカットオフ周波数  $\omega_c$  は、駆動系の共振周波数  $\omega_0$  より若干低い周波数に設定する。より具体的には、駆動系の共振周波数  $\omega_0$  は式(2)及び(3)に示したようにギヤ比  $G E A R R T O$  に依存して変化するので、最小の共振周波数  $\omega_{0 M I N}$  より若干低い周波数(例えば1.

10

20

30

40

50

5 Hz)程度に設定される。このように設定することにより、車両駆動系の振動の共振周波数成分を抽出して、この共振周波数成分を効果的に抑制することができる。

【0048】

本実施形態では、FBトルク制御については出力トルク制御量として、点火時期 I G L O G を用い、フィルタ処理後エンジン回転数 N E D R B N が「0」となるように、点火時期 I G L O G がフィードバック制御される。

【0049】

図6は、変速段を1速から2速に変更し、クラッチを急激に係合させたとき(時刻  $t_0$ )の、エンジン回転数 N E、点火時期 I G L O G、及びフィルタ処理後エンジン回転数 N E D R B N の推移を示すタイムチャートである。同図(a)は従来の2回微分値 D D N E に応じて点火時期 I G L O G を制御した場合に対応し、同図(b)は本実施形態のFBトルク制御、すなわちフィルタ処理後エンジン回転数 N E D R B N を目標値「0」に収束させるよう点火時期フィードバック制御を実行した場合に対応する。本実施形態によれば、点火時期 I G L O G が大きく変化して、トルク変動を示すフィルタ処理後エンジン回転数 N E D R B N の変動が急速に収束可能であることが確認できる。

【0050】

図7は、上述したFFトルク制御を実行する処理のフローチャートである。この処理は、所定時間 T C A L (例えば10ミリ秒)毎に E C U 5 の C P U で実行される。

【0051】

ステップ S 1 1 では図8に示す H P F / タイミング補正処理を実行し、フィルタ処理後エンジン回転数 N E D R B N を算出する。ステップ S 1 2 では、図10に示す T R Q D R B T G 算出処理を実行し、アクセルペダル操作量 A P 及びエンジン回転数 N E に応じた基本トルク T R Q D R B T G を算出する。ステップ S 1 3 では、図11に示す T Q D R B F F 算出処理を実行し、FF補正トルク T R Q D R G F F を算出する。

【0052】

ステップ S 1 4 では車速 V P が「0」であるか否かを判別し、 $V P = 0$  であるときは、目標トルク T R Q D R B N を基本トルク T R Q D R B T G に設定し(ステップ S 1 5)、スロットル弁開度指令値 T H D R B G を基本開度指令値 T H D R B に設定する(ステップ S 1 6)。基本開度指令値 T H D R B は、図示しない処理において、アクセルペダル操作量 A P が増加するほど増加するように設定される。

【0053】

ステップ S 1 4 で  $V P > 0$  であるときは、ステップ S 1 2 で算出される基本トルク T R Q D R B T G にFF補正量 T R Q D R B F F を加算することにより、目標トルク T R Q D R B N を算出する(ステップ S 1 7)。ステップ S 1 8 では、バルブタイミングフラグ F V T S O N が「1」であるか否かを判別する。バルブタイミングフラグ F V T S O N は、高速バルブタイミングを選択しているとき「1」に設定される。

【0054】

ステップ S 1 8 の答が否定(N O)であって低速バルブタイミングが選択されているときは、目標トルク T R Q D R B N 及びエンジン回転数 N E に応じて T R Q T H L マップの逆検索を行い、低速用目標スロットル弁開度 T H D R B L を算出する(ステップ S 1 9)。T R Q T H L マップは、スロットル弁開度 T H 及びエンジン回転数 N E からエンジンの目標トルクを算出するための低速用マップであり、T R Q T H L マップを、目標トルク T R Q D R B N 及びエンジン回転数 N E に応じて逆検索することにより、目標トルク T R Q D R B N を実現するための目標スロットル弁開度である低速用目標スロットル弁開度 T H D R B L が得られる。ステップ S 2 0 では、スロットル弁開度指令値 T H D R B G を低速用目標スロットル弁開度 T H D R B L に設定する。

【0055】

一方ステップ S 1 8 の答が肯定(Y E S)、すなわち高速バルブタイミングが選択されているときは、目標トルク T R Q D R B N 及びエンジン回転数 N E に応じて T R Q T H H マップの逆検索を行い、高速用目標スロットル弁開度 T H D R B H を算出する(ステップ

10

20

30

40

50

S 2 1)。TRQTHHマップは、スロットル弁開度TH及びエンジン回転数NEからエンジンの目標トルクを算出するための高速用のマップであり、TRQTHHマップを、目標トルクTRQDRBN及びエンジン回転数NEに応じて逆検索することにより、目標トルクTRQDRBNを実現するための目標スロットル弁開度である高速用目標スロットル弁開度THDRBHが得られる。ステップS 2 2では、スロットル弁開度指令値THDRBGを高速用目標スロットル弁開度THDRBHに設定する。

【0056】

図8は、図7のステップS 1 1で実行されるHPF/タイミング補正処理のフローチャートである。

ステップS 3 1では、ハイパスフィルタ演算及びタイミング補正に用いる記憶値の更新を行う。具体的には、エンジン回転数記憶値NE10M[i] (i = 1, 2) を、NE10M[i-1]に設定するとともに、フィルタ処理後回転数記憶値NEDRB[m] (m = 1 ~ 10) を、NEDRB[m-1]に設定する。すなわち、エンジン回転数記憶値NE10M及びフィルタ処理後回転数記憶値NEDRBの記憶アドレスを1つずつずらす処理が行われる。

【0057】

ステップS 3 2では、記憶値NE10M[0]を、最新のエンジン回転数NEに設定する。エンジン回転数NEは、直近の1TDC期間における検出エンジン回転数の移動平均値である。

【0058】

ステップS 3 3では、下記式(7)によりハイパスフィルタ演算を行い、フィルタ処理後回転数の今回値NEDRB[0]を算出する。

$$\begin{aligned} \text{NEDRB}[0] = & \text{CNEA}0 \times \text{NE}10\text{M}[0] + \text{CNEA}1 \times \text{NE}10\text{M}[1] \\ & + \text{CNEA}2 \times \text{NE}10\text{M}[2] - \text{CNEB}1 \times \text{NEDRB}[1] \\ & - \text{CNEB}2 \times \text{NEDRB}[2] \end{aligned} \quad (7)$$

ここでCNEA0, CNEA1, CNEA2, CNEB1, 及びCNEB2は、例えば図5に示すような特性が得られるように設定されるフィルタ係数である。

【0059】

ステップS 3 4では、図9に示すパラメータ設定処理を実行し、変速段NGRに応じたパラメータ設定を行う。選択している変速段NGRに依存して、駆動系の共振周期(共振周波数)及びハイパスフィルタ処理による位相進み量に変化するからである。本実施形態では、変速段NGRは、「1」(1速)から「6」(6速)までの値をとるので、図9のステップS 4 1 ~ S 4 5により、変速段NGRがいずれの値であるかを判別する。

【0060】

そしてNGR = 1であるときは、ギヤ比GEARRTOを1速のギヤ比GEARRTO1に設定し、共振周期TDRBCYCLを1速に対応した共振周期TMDRBCYCL1(例えば440ミリ秒)に設定し、ハイパスフィルタ処理による位相進み量に対応した進み時間TDRBADVを1速の共振周波数に対応した進み時間TMDRBADV1に設定する(ステップS 4 6)。

【0061】

またNGR = 2であるときは、ギヤ比GEARRTOを2速のギヤ比GEARRTO2に設定し、共振周期TDRBCYCLを2速に対応した共振周期TMDRBCYCL2(例えば330ミリ秒)に設定し、進み時間TDRBADVを2速の共振周波数に対応した進み時間TMDRBADV2に設定する(ステップS 4 7)。

【0062】

またNGR = 3であるときは、ギヤ比GEARRTOを3速のギヤ比GEARRTO3に設定し、共振周期TDRBCYCLを3速に対応した共振周期TMDRBCYCL3(例えば300ミリ秒)に設定し、進み時間TDRBADVを3速の共振周波数に対応した進み時間TMDRBADV3に設定する(ステップS 4 8)。

【0063】

またNGR = 4であるときは、ギヤ比GEARRTOを4速のギヤ比GEARRTO4

10

20

30

40

50

に設定し、共振周期  $TDRBCYCL$  を 4 速に対応した共振周期  $TMDRBCYCL4$  (例えば 280 ミリ秒) に設定し、進み時間  $TDRBADV$  を 4 速の共振周波数に対応した進み時間  $TMDRBADV4$  に設定する (ステップ S 49)。

【0064】

また  $NGR = 5$  であるときは、ギヤ比  $GEARRTO$  を 5 速のギヤ比  $GEARRTO5$  に設定し、共振周期  $TDRBCYCL$  を 5 速に対応した共振周期  $TMDRBCYCL5$  (例えば 260 ミリ秒) に設定し、進み時間  $TMDRBADV$  を 5 速の共振周波数に対応した進み時間  $TMDRBADV5$  に設定する (ステップ S 50)。

【0065】

また  $NGR = 6$  であるときは、ギヤ比  $GEARRTO$  を 6 速のギヤ比  $GEARRTO6$  に設定し、共振周期  $TDRBCYCL$  を 6 速に対応した共振周期  $TMDRBCYCL6$  (例えば 240 ミリ秒) に設定し、進み時間  $TDRBADV$  を 6 速の共振周波数に対応した進み時間  $TMDRBADV6$  に設定する (ステップ S 51)。

10

【0066】

なお各パラメータについては、下記の関係が成立する：

$GEARRTO1 > GEARRTO2 > GEARRTO3 > GEARRTO4 > GEARRTO5 > GEARRTO6$

$TMDRBCYCL1 > TMDRBCYCL2 > TMDRBCYCL3 > TMDRBCYCL4 > TMDRBCYCL5 > TMDRBCYCL6$

$TMDRBADV1 > TMDRBADV2 > TMDRBADV3 > TMDRBADV4 > TMDRBADV5 > TMDRBADV6$ 。

20

【0067】

図 8 に戻り、ステップ S 35 では、下記式 (8) により、クランク軸が 270 度回転するのに要する時間、すなわち 1.5 TDC 期間に相当する時間として、遅れ時間  $TDRBDLY$  を算出する。これは、上述したエンジン回転数  $NE$  の検出遅れ (0.5 TDC 期間) と、トルク変化遅れ (1 TDC 期間) の和に相当する。なお、 $NE10M[0]$  の単位は [rpm] である。

$$TDRBDLY = 45 / NE10M[0] \quad (8)$$

【0068】

ステップ S 36 では、ステップ S 34 で算出された進み時間  $TDRBADV$  から遅れ時間  $TDRBDLY$  を減算することにより、補正時間  $TDRBDLYN$  を算出する。なお、補正時間  $TDRBDLYN$  が負の値となったときは「0」に修正される。

30

【0069】

ステップ S 37 では、下記式 (9) により補正離散時間  $m0$  を算出する。

$$m0 = INT(TDRBDLYN / TCAL) \quad (9)$$

ここで、 $TCAL$  は本処理の実行周期であり、 $INT(X)$  は  $X$  を整数化 (例えば四捨五入による) する演算である。

【0070】

ステップ S 38 では、フィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  を、補正遅れ離散時間  $m0$  だけ前の記憶値  $NEDRB[m0]$  に設定する。これにより、フィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  のタイミング補正が行われる。

40

【0071】

図 10 は、図 7 のステップ S 12 で実行される  $TRQDRBTG$  算出処理のフローチャートである。

ステップ S 61 では、基本トルクマップ値の前回値  $TRQENGTGZ$  を今回値  $TRQENGTG$  に設定する。ステップ S 62 では、パルプタイミングフラグ  $FVTSON$  が「1」であるか否かを判別する。

【0072】

$FVTSON = 0$  であって低速パルプタイミングが選択されているときは、基本開度指令値  $THDRB$  及びエンジン回転数  $NE$  に応じて  $TRQTHL$  マップを検索し、低速用目

50

標トルク  $TRQTHL$  を算出する (ステップ S 6 3)。ステップ S 6 4 では、基本トルクマップ値  $TRQENGTG$  を低速用目標トルク  $TRQTHL$  に設定する。

【0073】

一方、 $FVTSO N = 1$  であって高速パルブタイミングが選択されているときは、基本開度指令値  $THDRB$  及びエンジン回転数  $NE$  に応じて  $TRQTHH$  マップを検索し、高速用目標トルク  $TRQTHH$  を算出する (ステップ S 6 5)。ステップ S 6 6 では、基本トルクマップ値  $TRQENGTG$  を高速用目標トルク  $TRQTHH$  に設定する。

【0074】

ステップ S 6 7 では、基本トルク変化量  $DTRQDRBTG$  を下記式 (10) により算出する。式 (10) に適用される基本トルク  $TRQDRBTG$  は前回算出値である。

$$DTRQDRBTG = |TRQENGTG - TRQDRBTG| \quad (10)$$

【0075】

ステップ S 6 8 では、基本トルクマップ値  $TRQENGTG$  が基本トルク  $TRQDRBTG$  (前回値) より大きいかなかを判別する。この答が肯定 (YES)、すなわちアクセルペダル操作量  $AP$  が増加しているときは、基本トルク変化量  $DTRQDRBTG$  が所定増加閾値  $DTRQDRBUP$  より大きいかなかを判別する (ステップ S 6 9)。ステップ S 6 9 の答が肯定 (YES)、すなわち要求トルクの増加量が大きいときは、下記式 (11) により基本トルク  $TRQDRBTG$  を更新する (ステップ S 7 1)。

$$TRQDRBTG = TRQDRBTG + DTRQDRBUP \quad (11)$$

【0076】

ステップ S 6 9 で  $DTRQDRBTG > DTRQDRBUP$  であるときは、基本トルク  $TRQDRBTG$  を基本トルクマップ値  $TRQENGTG$  に設定する (ステップ S 7 2)。ステップ S 6 9 及び S 7 1 により、基本トルク  $TRQDRBTG$  の増加量が所定増加閾値  $DTRQDRBUP$  以下に制限される。

【0077】

一方ステップ S 6 8 の答が否定 (NO)、すなわちアクセルペダル操作量  $AP$  が減少しているときは、基本トルク変化量  $DTRQDRBTG$  が所定減少閾値  $DTRQDRBDWN$  より大きいかなかを判別する (ステップ S 7 0)。ステップ S 7 0 の答が肯定 (YES)、すなわち要求トルクの減少量が大きいときは、下記式 (12) により基本トルク  $TRQDRBTG$  を更新する (ステップ S 7 3)。

$$TRQDRBTG = TRQDRBTG - DTRQDRBDWN \quad (12)$$

【0078】

ステップ S 7 0 で  $DTRQDRBTG < DTRQDRBDWN$  であるときは、前記ステップ S 7 2 に進む。ステップ S 7 0 及び S 7 3 により、基本トルク  $TRQDRBTG$  の減少量が所定減少閾値  $DTRQDRBDWN$  以下に制限される。

【0079】

所定増加閾値  $DTRQDRBUP$  及び所定減少閾値  $DTRQDRBDWN$  によるリミット処理は、目標トルクの極端に速い変化を防止するために行うものであり、運転者が加速または減速の遅れを感じることをできない程度のものである。

【0080】

図 11 は、図 7 のステップ S 13 で実行される  $TRQDRBFF$  算出処理のフローチャートである。

ステップ S 8 1 では、図 10 の処理で算出される基本トルクマップ値の今回値  $TRQENGTG$  と前回値  $TRQENGTGZ$  を下記式 (13) に適用し、トルクマップ値変化量  $DTRQENGTG$  を算出する。

$$DTRQENGTG = TRQENGTG - TRQENGTGZ \quad (13)$$

【0081】

ステップ S 8 2 では、FFトルク制御実行フラグ  $FDRBCTRL$  が「1」であるかなかを判別する。通常は、この答は否定 (NO) であるので、ステップ S 8 3 に進み、トルク変化量積算値  $DTRQTGSUM$  を「0」に設定するとともに、アップカウントタイマ

10

20

30

40

50

C D R B C T R L の値を「0」に設定する。

【0082】

ステップS84では、ステップS81で算出したトルクマップ値変化量D T R Q E N G T Gの絶対値がFFトルク制御実行閾値D T R Q D R B F Fより大きいかなかを判別する。その答が否定(N O)であるときは直ちにステップS86に進み、FF補正量T R Q D R B F Fを「0」に設定する。

【0083】

ステップS84で $|D T R Q E N G T G| > D T R Q D R B F F$ であって、要求トルク(アクセルペダル操作量A P)の変化が大きいときは、FFトルク制御実行フラグF D R B C T R Lを「1」に設定する(ステップS85)。その後ステップS86に進む。

10

【0084】

FFトルク制御実行フラグF D R B C T R Lが「1」に設定されると、ステップS82の答が肯定(Y E S)となり、ステップS87において下記式(14)にトルクマップ値変化量D T R Q E N G T Gを適用し、トルク変化量積算値D T R Q T G S U Mを算出する。

$$D T R Q T G S U M = D T R Q T G S U M + D T R Q E N G T G \quad (14)$$

【0085】

ステップS88では、下記式(15)に演算周期T C A Lを適用して、アップカウントタイマC D R B C T R Lの値を更新する。

$$C D R B C T R L = C D R B C T R L + T C A L \quad (15)$$

20

【0086】

ステップS89では、タイマC D R B C T R Lの値が、図9の処理で設定された共振周期T D R B C Y C L以上であるかなかを判別する。最初はステップS89の答は否定(N O)であるので、ステップS90に進み、下記式(16)にタイマC D R B C T R Lの値及び共振周期T D R B C Y C Lを適用し、角度パラメータF R Q D R B C T R Lを算出する。

$$F R Q D R B C T R L = C D R B C T R L \times 360 / T D R B C Y C L \quad (16)$$

【0087】

ステップS91では、角度パラメータF R Q D R B C T R Lに応じて図12に示すD R B S I Nテーブルを検索し、波形係数D R B S I Nを算出する。D R B S I Nテーブルには、本実施形態では下記式(17)により算出されるコサインカーブに相当する値が設定されている。

30

$$D R B S I N = \cos(F R Q D R B C T R L) - 1 \quad (17)$$

【0088】

ステップS90及びS91により、FFトルク制御開始時点を角度パラメータF R Q D R B C T R L = 0として、図12に示す波形にしたがって変化する波形係数D R B S I Nが生成される。

【0089】

ステップS92では、トルク変化量積算値D T R Q T G S U Mが「0」より大きいかなかを判別する。D T R Q T G S U M > 0であるときは、FFゲイン係数D R B F F T R Qを第1の係数値D R B F F T R Q U Pに設定し(ステップS93)、D T R Q T G S U M = 0であるときは、FFゲイン係数D R B F F T R Qを、第1の係数値D R B F F T R Q U Pより小さい第2の係数値D R B F F T R Q D W Nに設定する(ステップS94)。アクセルペダル操作量A P(要求トルク)の減少時は、エンジン回転数が上昇しないようにするため、アクセルペダル操作量A Pの増加時よりゲインを低下させることが望ましい。このように、アクセルペダル操作量A Pの増加時と減少時でFFゲイン係数D R B F F T R Qを変更することにより、それぞれの過渡状態に適した補正を行うことができる。

40

【0090】

ステップS95では、波形係数D R B S I N、FFゲイン係数D R B F F T R Q、及び

50

トルク変化量積算値  $DTRQTGSUM$  を下記式 (18) に適用し、FF補正量  $TRQDRBFF$  を算出する。

$$TRQDRBFF = DRBSIN \times DTRQTGSUM \times DRBFFTRQ \quad (18)$$

【0091】

その後タイマ  $CDRBCTRL$  の値が共振周期  $TDRBCYCL$  以上となると、ステップ  $S89$  からステップ  $S96$  に進み、FFトルク制御実行フラグ  $FDRBCTRL$  を「0」に設定するとともに、FF補正量  $TRQDRBFF$  を「0」に設定する。

【0092】

図11の処理により、例えばアクセルペダルが踏み込まれたときは、FFトルク制御開始時点から図12に示す波形にしたがって前半周期の間減少し、後半周期の間増加するFF補正量  $TRQDRBFF$  が生成される。また逆にアクセルペダルが踏み込まれた状態から戻されたときは、トルク変化量積算値  $DTRQTGSUM$  が負の値となるので、FFトルク制御開始時点から図12に示す波形を反転した波形にしたがって前半周期の間増加し、後半周期の間減少するFF補正量  $TRQDRBFF$  が生成される。このように図12に示すような波形で変化するFF補正量  $TRQDRBFF$  を生成することにより、要求トルク(アクセルペダル操作量  $AP$ )の急変に起因する振動を効果的に抑制することができる。

10

【0093】

そして図7のステップ  $S17$  において、基本トルク  $TRQDRBTG$  にFF補正量  $TRQDRBFF$  を加算することにより、目標トルク  $TRQDRBN$  が算出され、目標トルク  $TRQDRBN$  に応じてスロットル弁開度  $TH$  が制御される。したがって、エンジン1の出力トルクが目標トルク  $TRQDRBN$  と一致するようにスロットル弁開度  $TH$  が制御され、アクセルペダル操作量  $AP$  が急激に変化したときの駆動系の振動を抑制することができる。

20

【0094】

図13は、点火時期  $ILOG$  を算出する処理のフローチャートである。この処理は、TDCパルスの発生に同期してECU5のCPUで実行される。点火時期  $ILOG$  は、ピストンが圧縮上死点に位置するタイミングからの進角量で定義される。

【0095】

ステップ  $S101$  では、エンジン回転数  $NE$  及び吸入空気流量  $GAIR$  に応じて基本点火時期マップを検索し、基本点火時期  $IGMAP$  を算出する。ステップ  $S102$  では、図14に示す  $IGDRB$  算出処理を実行し、点火時期  $ILOL$  のフィードバック補正量  $IGDRB$  を算出する。

30

【0096】

ステップ  $S103$  では、下記式 (21) により、点火時期  $ILOG$  を算出する。

$$ILOG = IGMAP + IGDRB \quad (21)$$

【0097】

図14は、図13のステップ  $S102$  で実行される  $IGDRB$  算出処理のフローチャートである。

40

ステップ  $S111$  では、車速  $VP$  が「0」より大きいかなかを判別する。この答が肯定 (YES) であるときは、フュエルカットフラグ  $FFC$  が「1」であるかなかを判別する (ステップ  $S112$ )。フュエルカットフラグ  $FFC$  は、エンジン1への燃料供給を遮断するフュエルカット運転を実行するとき「1」に設定される。

【0098】

ステップ  $S112$  の答が否定 (NO) であるときは、エンジン停止フラグ  $FMEOF$  が「1」であるかなかを判別する。ステップ  $S111$  の答が否定 (NO)、またはステップ  $S112$  若しくは  $S113$  の答が肯定 (YES) であるとき、すなわち車両の停止中、フュエルカット運転中、またはエンジン停止中は、フィードバック補正量  $IGDRB$  を「0」に設定し (ステップ  $S114$ )、ステップ  $S117$  に進む。

50

## 【 0 0 9 9 】

ステップ S 1 1 3 の答が否定 ( N O ) であるとき、すなわち車両走行中であり、かつフューエルカット運転が行われておらず、かつエンジン作動中であるときは、下記式 ( 2 2 ) にフィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  及びギヤ比  $GEARRTO$  を適用し、基本  $FB$  補正量  $IGDRBTG$  を算出する ( ステップ S 1 1 5 ) 。

## 【 数 2 】

$$IGDRBTG = - \frac{GAINIGDRB \times NEDRBN}{GEARRTO^2 \times GAIRCYL} \quad (22)$$

10

ここで、 $GAINIGDRB$  はフィードバックゲイン係数であり、 $GAIRCYL$  は、気筒吸入空気流量であり、検出される吸入空気流量  $GAIR [g/sec]$  をエンジン回転数  $NE$  に応じて  $1TDC$  期間当たりの吸入空気流量  $[g/TDC]$  に変換したものである。

## 【 0 1 0 0 】

式 ( 2 2 ) の右辺から気筒吸入空気流量  $GAIRCYL$  を除いた部分である下記式 ( 2 2 a ) は、式 ( 6 ) に制御ゲインを乗算したものに相当する。共振周波数  $0$  の 2 乗は、ギヤ比  $GEARRTO$  の 2 乗に反比例するため、ギヤ比  $GEARRTO$  の 2 乗の項が含まれている。

20

$$- GAINIGDRB \times NEDRBN / GEARRTO^2 \quad (22a)$$

## 【 0 1 0 1 】

また式 ( 2 2 ) に気筒吸入空気流量  $GAIRCYL$  を含めたのは、気筒吸入空気流量  $GAIRCYL$  が大きいほど点火時期の補正によるトルク変化量が大きくなるからである。気筒吸入空気流量  $GAIRCYL$  が増加するほど、制御ゲインを減少させることにより、エンジン負荷の影響を受けることなく正確な補正を行うことができる。

## 【 0 1 0 2 】

ステップ S 1 1 6 では、下記式 ( 2 3 ) 及び ( 2 4 ) により、進角側リミット値  $IGDRBADLMT$  及び遅角側リミット値  $IGDRBRTLMT$  を算出する。

$$IGDRBADLMT = IGMAP - IGL OG + IGDRB \quad (23)$$

30

$$IGDRBRTLMT = IGL GG - IGL OG + IGDRB \quad (24)$$

ここで、 $IGMAP$ 、 $IGLOG$ 、及び  $IGDRB$  は、それぞれ基本点火時期、点火時期、及び  $FB$  補正量の前回値である。また  $IGL GG$  は、遅角限界値であり、点火時期を遅角限界値  $IGL GG$  より遅角させると失火が発生するおそれが大きい。

## 【 0 1 0 3 】

すなわち、 $FB$  補正量  $IGDRB$  の進角側リミット値  $IGDRBADLMT$  は、点火時期  $IGLOG$  が基本点火時期  $IGMAP$  より進角されないように設定され、遅角側リミット値  $IGDRBRTLMT$  は、点火時期  $IGLOG$  が遅角限界値  $IGL GG$  より遅角されないように設定される。

## 【 0 1 0 4 】

40

ステップ S 1 1 7 ~ S 1 2 1 では、ステップ S 1 1 6 で算出されるリミット値  $IGDRBADLMT$  及び  $IGDRBRTLMT$  によるリミット処理を行う。すなわち、ステップ S 1 1 5 で算出した基本  $FB$  補正量  $IGDRBTG$  が進角側リミット値  $IGDRGADLMT$  より大きいときは、 $FB$  補正量  $IGDRB$  を進角側リミット値  $IGDRGADLMT$  に設定し ( ステップ S 1 1 7 , S 1 1 8 )、基本  $FB$  補正量  $IGDRBTG$  が遅角側リミット値  $IGDRGRTLMT$  より小さいときは、 $FB$  補正量  $IGDRB$  を遅角側リミット値  $IGDRGRTLMT$  に設定し ( ステップ S 1 1 9 , S 1 2 0 )、基本  $FB$  補正量  $IGDRBTG$  が遅角側リミット値  $IGDRBRTLMT$  と進角側リミット値  $IGDRBADLMT$  との間にあるときは、 $FB$  補正量  $IGDRB$  を基本  $FB$  補正量  $IGDRBTG$  に設定する ( ステップ S 1 2 1 ) 。

50

## 【 0 1 0 5 】

ステップ S 1 2 2 では、フィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  の絶対値が所定回転数閾値  $NEDRBF C$  (例えば  $200 \text{ rpm}$ ) より大きいかなかを判別する。ステップ S 1 2 2 の答が肯定 (YES) であるときは、ダウンカウンタタイマ  $TNEDRBF C$  を所定時間  $TMNEDRBF C$  (例えば 1 秒) に設定してスタートさせ (ステップ S 1 2 3)、ステップ S 1 2 4 に進む。ステップ S 1 2 2 で  $|NEDRBN| > NEDRBF C$  であるときは直ちにステップ S 1 2 4 に進む。

## 【 0 1 0 6 】

ステップ S 1 2 4 では、ステップ S 1 2 3 でスタートしたタイマ  $TNEDRBF C$  の値が「0」であるかなかを判別する。この答が肯定 (YES) であるときは、FB補正量  $IGDRB$  の値が「0」より大きいかなかを判別する (ステップ S 1 2 5)。ステップ S 1 2 4 の答が否定 (NO) またはステップ S 1 2 5 の答が肯定 (YES) であるとき、すなわちフィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  の絶対値が所定回転数閾値  $NEDRBF C$  を超えた直後であるとき、または FB補正量  $IGDRB$  が正の値であって、点火時期を進角方向に補正する値を有するときは、フュエルカット禁止フラグ  $FIGDRBF C$  を「1」に設定する (ステップ S 1 2 7)。フュエルカット禁止フラグ  $FIGDRBF C$  が「1」に設定されると、フュエルカット運転の実行が禁止される。

10

## 【 0 1 0 7 】

FB補正量  $IGDRB$  が点火時期を進角方向に補正する値を有するときは、出力トルクを増加方向に補正する必要があるので、フュエルカット運転を禁止することにより、フュエルカット運転によって車両駆動系の振動が助長されることを防止することができる。

20

## 【 0 1 0 8 】

ステップ S 1 2 5 の答が否定 (NO)、すなわちフィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  の絶対値が所定回転数閾値  $NEDRBF C$  以下であるか、または所定回転数閾値  $NEDRBF C$  を超えてから所定時間  $TMNEDRBF C$  が経過しており、かつ FB補正量  $IGDRB$  が「0」以下の値であるときは、フュエルカット禁止フラグ  $FIGDRBF C$  を「0」に設定する (ステップ S 1 2 6)。

## 【 0 1 0 9 】

図 1 3 及び図 1 4 の処理によれば、フィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  を「0」に収束させるように、FB補正量  $IGDRB$  が算出され、FB補正量  $IGDRB$  により基本点火時期  $IGMAP$  を補正することにより、点火時期  $IGLOG$  が算出される。フィルタ処理後エンジン回転数  $NEDRBN$  をトルク変動を示すパラメータとして使用するようになったので、従来のように差分演算により算出される 2 回微分値相当のパラメータを用いる場合と比べて、トルク変動を示すパラメータの検出遅れを大幅に改善し、良好な振動抑制効果を得ることができる。

30

## 【 0 1 1 0 】

本実施形態では、アクセルセンサ 3 1 及び ECU 5 がトルク変化検出手段を構成し、クランク角度位置センサ 1 1 及び ECU 5 が回転数検出手段を構成する。また ECU 5 が、フィードフォワード補正量生成手段、フィードフォワードトルク補正手段、ハイパスフィルタ手段、フィードバックトルク補正手段、タイミング補正手段、及び禁止手段を構成する。具体的には、図 9 及び図 1 1 の処理がフィードフォワード補正量生成手段に相当し、図 7 のステップ S 1 7 ~ S 2 2 がフィードフォワードトルク補正手段に相当し、図 8 のステップ S 3 1 ~ S 3 3 がハイパスフィルタ手段に相当し、図 1 3 のステップ S 1 0 3 及び図 1 4 の処理がフィードバックトルク補正手段に相当し、図 8 のステップ S 3 1 及び S 3 4 ~ S 3 8 がタイミング補正手段に相当し、図 1 4 のステップ S 1 2 5 及び S 1 2 7 が禁止手段に相当する。

40

## 【 0 1 1 1 】

なお本発明は上述した実施形態に限るものではなく、種々の変形が可能である。例えば、FB補正量  $TRQDRBFF$  の算出に使用する  $DRBSIN$  テーブルは、図 1 2 に示す正弦波状の波形に対応するものに限るものではなく、例えば図 1 5 (a) に示すように折

50

れ線状に変化する波形、あるいは同図（b）に示すように正弦波の半周期分の対応する波形、または同図（c）に示すように直線状に変化する波形であってもよい。また、波形係数  $DRBSIN$  が最小となる角度は、図15の破線で示すように180度から若干ずれてもよい。

#### 【0112】

さらに上述した実施形態では、FF補正量  $TRQDRBFF$  を生成する補正期間を共振周期  $TDRBCYCL$  と一致させるようにしたが、必ずしも完全に一致させる必要はなく、若干短い期間または若干長い期間としてもよい。短すぎると、振動抑制効果が不十分となり、長すぎると振動を助長することになるので、共振周期  $TDRBCYCL$  の近傍でそのような不具合が発生しない範囲に設定可能である。シミュレーションの結果によれば、算出される共振周期  $TDRBCYCL$  が  $\pm 0.2$  Hz 程度に相当する期間ずれても、改善効果が得られる。最も共振周波数が低い（最も共振周期が長い）場合、すなわち変速段が1速のとき、共振周波数は例えば  $2.3$  Hz 程度であるので、 $\pm 10\%$  程度が許容範囲となる。

10

#### 【0113】

また上述した実施形態では、出力トルク制御量として、FFトルク制御ではスロットル弁開度指令値  $THDRBG$  を用い、FBトルク制御では点火時期  $IGLOG$  を用いたが、これに限るものではない。例えば、吸気弁のリフト量  $LFT$  を連続的に変更可能なエンジンでは、エンジン出力トルクの制御は主としてリフト量  $LFT$  を変化させて行うので、スロットル弁開度  $TH$  に代えてリフト量  $LFT$  を用いることが望ましい。また、圧縮着火を行うディーゼルエンジンでは、エンジン出力トルクの制御は主として燃料噴射量  $QINJ$  を変化させて行うので、出力トルク制御量として燃料噴射量  $QINJ$  を用いることが望ましい。その場合、FFトルク制御及びFBトルク制御のいずれにおいても、燃料噴射量  $QINJ$  を出力トルク制御量として用いる。

20

#### 【0114】

また本発明は、クランク軸を鉛直方向とした船外機などのような船舶推進機用エンジンなどの制御にも適用が可能である。

#### 【符号の説明】

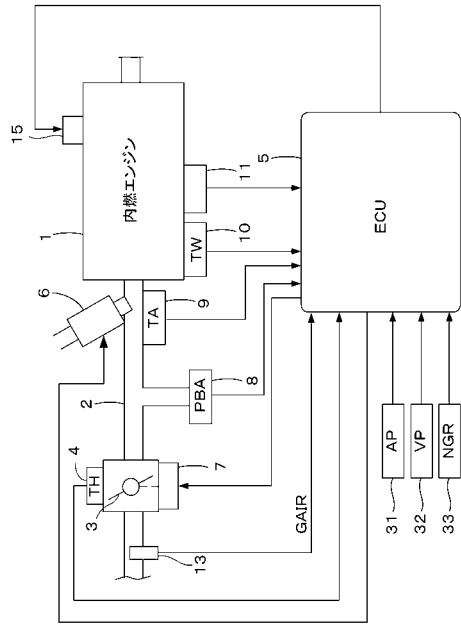
#### 【0115】

- 1 内燃機関
- 3 スロットル弁
- 4 スロットル弁開度センサ
- 5 電子制御ユニット（トルク変化検出手段、回転数検出手段、フィードフォワード補正量生成手段、フィードフォワードトルク補正手段、ハイパスフィルタ手段、フィードバックトルク補正手段、タイミング補正手段、禁止手段）
- 7 アクチュエータ
- 11 クランク角度位置センサ（回転数検出手段）
- 15 点火プラグ
- 31 アクセルセンサ（トルク変化検出手段）
- 33 ギヤ位置センサ

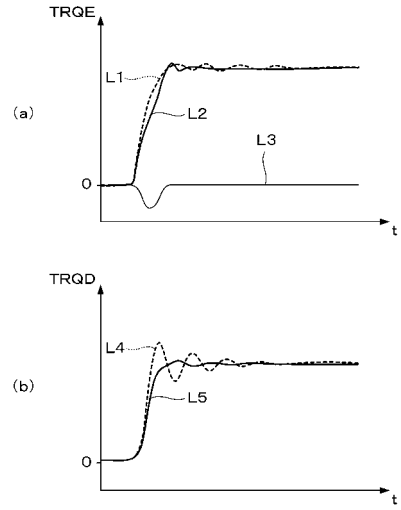
30

40

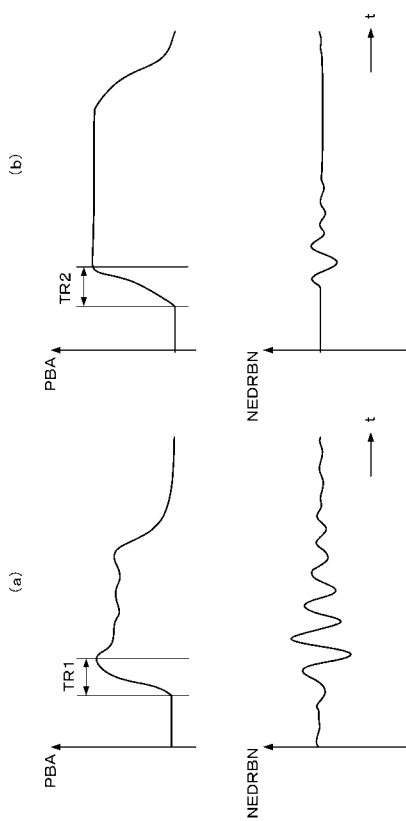
【 図 1 】



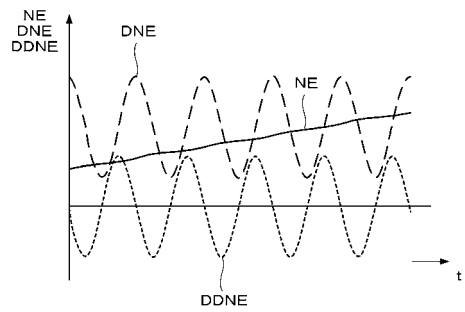
【 図 2 】



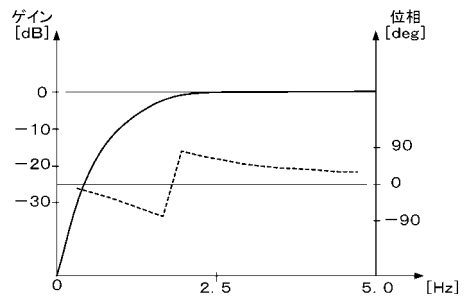
【 図 3 】



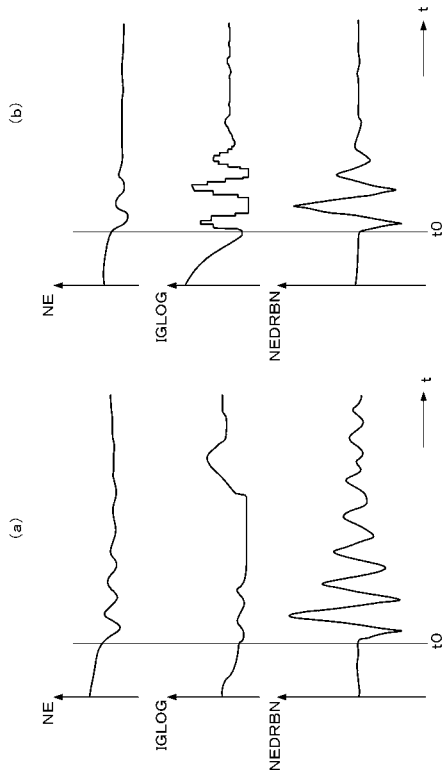
【 図 4 】



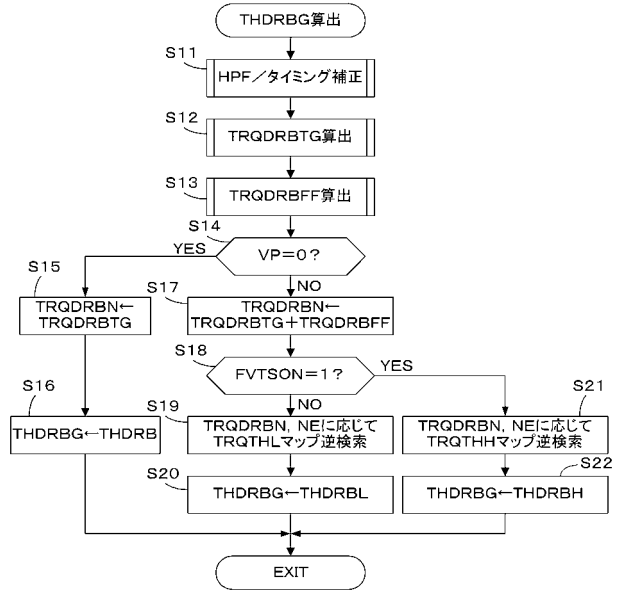
【 図 5 】



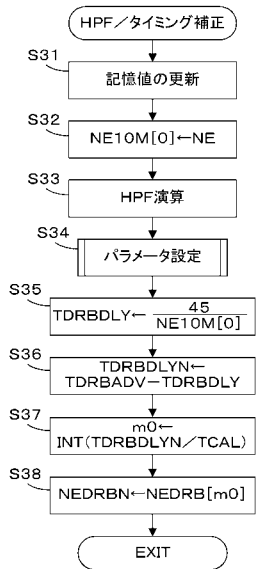
【 図 6 】



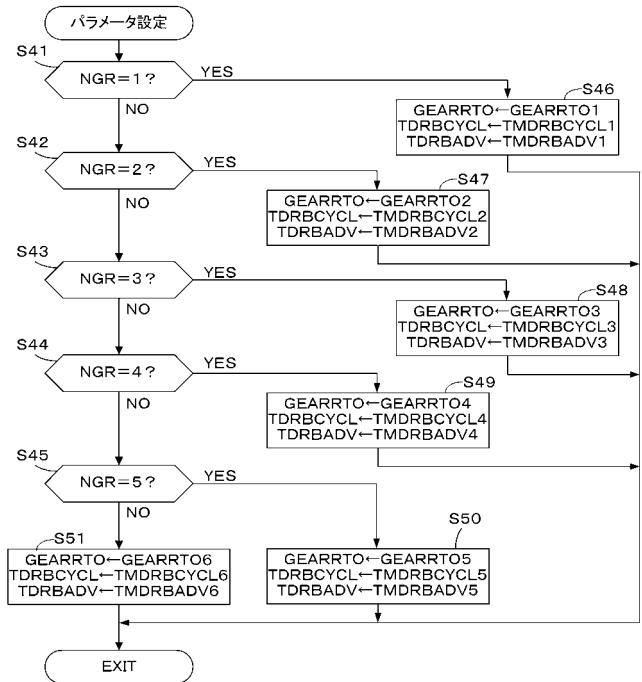
【 図 7 】



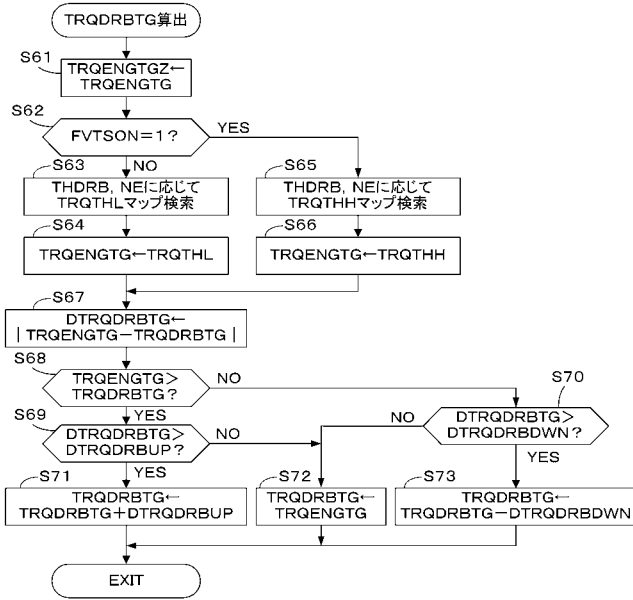
【 図 8 】



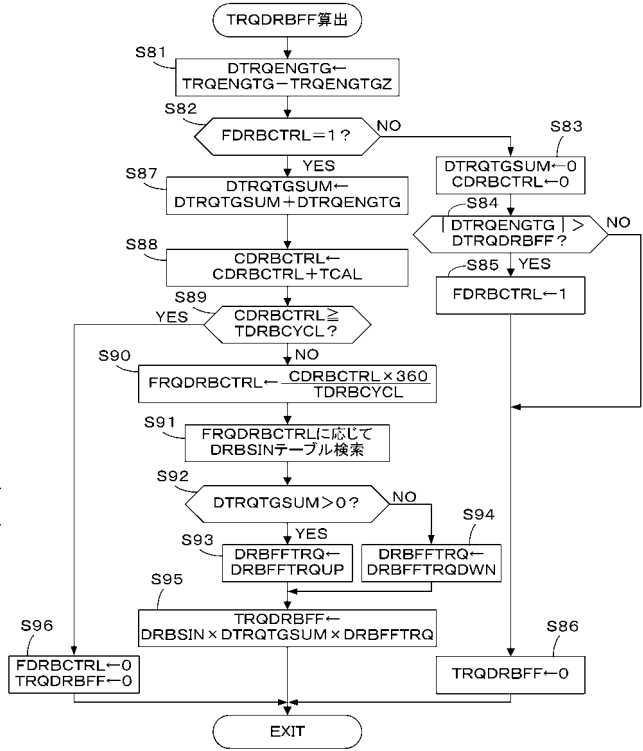
【 図 9 】



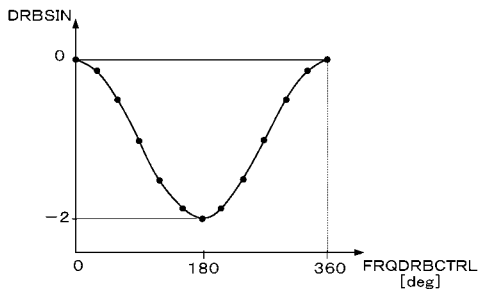
【図10】



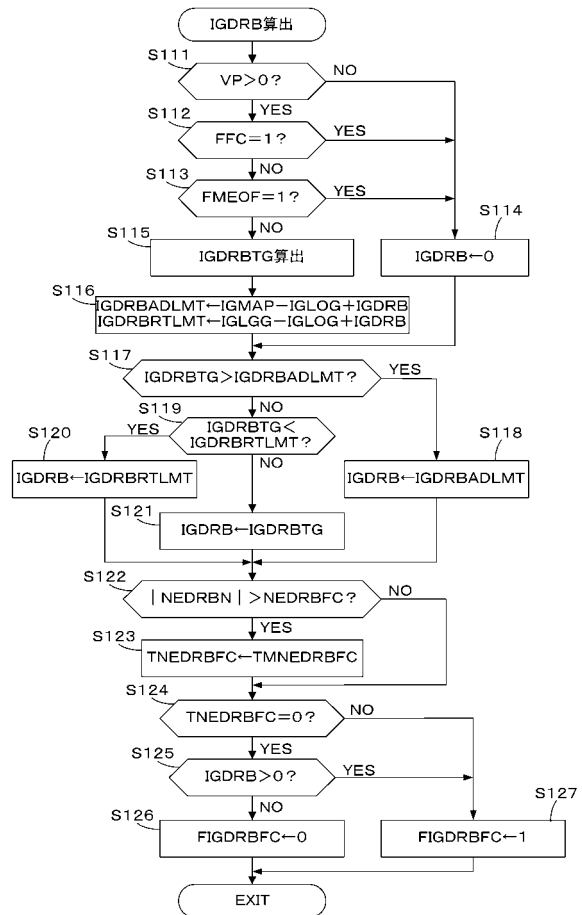
【図11】



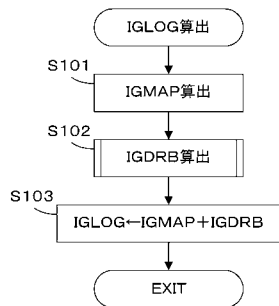
【図12】



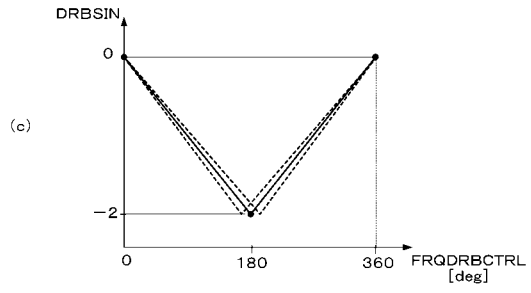
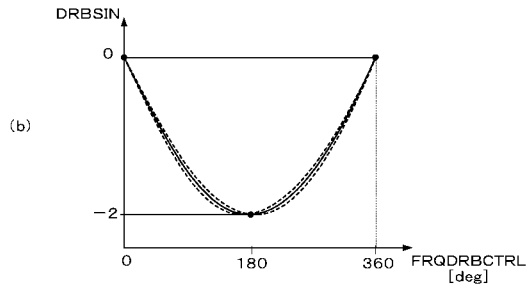
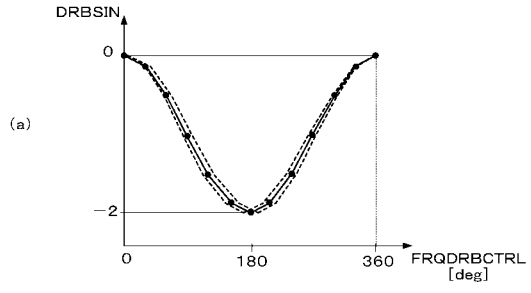
【図14】



【図13】



【 図 1 5 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 廣信 秀一

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3G384 BA02 BA04 BA14 BA24 CA04 DA56 EA01 EA30 EB10 EC01  
ED11 FA01Z FA26Z FA52Z FA55Z FA56Z FA73Z