

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5999932号
(P5999932)

(45) 発行日 平成28年9月28日(2016.9.28)

(24) 登録日 平成28年9月9日(2016.9.9)

(51) Int. Cl.	F I
FO2M 59/36 (2006.01)	FO2M 59/36 A
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 362N
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 41/22 335Z
FO2M 63/00 (2006.01)	FO2D 41/22 385Z
	FO2M 63/00 C

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-51270 (P2012-51270)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成24年3月8日(2012.3.8)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(65) 公開番号	特開2012-202404 (P2012-202404A)	(72) 発明者	田部 洋祐 アメリカ合衆国 48322 ミシガン州 ウェストブルームフィールド レベトン ロード 5713
(43) 公開日	平成24年10月22日(2012.10.22)	(72) 発明者	ドナルド ジェイ. マッカーン アメリカ合衆国 48335 ミシガン州 ファーマントンヒルズ ターナコネティ カット 24124
審査請求日	平成26年7月25日(2014.7.25)	審査官	寺川 ゆりか
(31) 優先権主張番号	13/069,944		
(32) 優先日	平成23年3月23日(2011.3.23)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直接燃料噴射式内燃機関のエンジン騒音低減方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

開弁時に対応の気筒に燃料を噴射する、1気筒あたり少なくとも一つの燃料噴射弁と、ポンプ吸入弁、ポンプ吐出弁及びポンププランジャを駆動するマルチローブカムを有する高圧燃料ポンプと、を備える多気筒の直接燃料噴射エンジンにおけるエンジン騒音低減方法において、

エンジン回転数を求める工程と、

前記エンジン回転数が所定の閾値よりも小さいときにのみ、前記マルチローブカムのカム角度を変えることで、前記高圧燃料ポンプの前記ポンプ吸入弁及び前記ポンプ吐出弁のいずれかの開タイミングを、前記燃料噴射弁の開タイミングに一致する方向に変えるタイミング可変制御工程と

を有することを特徴とするエンジン騒音低減方法。

【請求項2】

請求項1において、前記タイミング可変制御工程は、

エンジンクランクシャフトのクランク角を求める工程と、

前記クランク角の角周波数の逆数を求める工程と、

前記ポンプ吸入弁の開タイミングと燃料噴射タイミングとの差分に前記角周波数の逆数を乗じる値を、所定の閾値と比較する工程と、

前記ポンプ吸入弁の開タイミングと前記燃料噴射タイミングとの差分に前記角周波数の逆数を乗じる前記値が、前記所定の閾値を超えるとときに、前記ポンプ吸入弁の開タイミン

グが前記燃料噴射タイミングにより近く一致するための可変制御を行う工程とを有するエンジン騒音低減方法。

【請求項 3】

請求項 1 において、前記タイミング可変制御工程は、エンジンクランクシャフトのクランク角を求める工程と、前記クランク角の角周波数の逆数を求める工程と、前記ポンプ吐出弁の開タイミングと燃料噴射タイミングとの差分に前記角周波数の逆数を乗じる値を、所定の閾値と比較する工程と、前記ポンプ吐出弁の開タイミングと前記燃料噴射タイミングとの差分に前記角周波数の逆数を乗じる前記値が、前記所定の閾値を超えると、前記ポンプ吐出弁の開タイミングが前記燃料噴射タイミングにより近く一致するための可変制御を行う工程とを有するエンジン騒音低減方法。

10

【請求項 4】

開弁時に対応の気筒に燃料を噴射する、1 気筒あたり少なくとも一つの燃料噴射弁と、ポンプ吸入弁、ポンプ吐出弁及びポンププランジャを駆動するマルチローブカムを有する高圧燃料ポンプと、を備える多気筒の直接燃料噴射エンジンにおけるエンジン騒音低減装置において、

前記高圧燃料ポンプの前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁のいずれかの開タイミングを変えるタイミング可変手段と、

前記高圧燃料ポンプの前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁のいずれかの開タイミングを、燃料噴射弁の開タイミングに一致する方向に変えるよう前記タイミング可変手段を制御するプログラムを有する信号処理装置を備え、

20

前記信号処理装置は、エンジン回転数を求め、前記エンジン回転数が所定の閾値より小さいときにのみ、前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁のいずれかの開タイミングを、燃料噴射弁の開タイミングに一致する方向に変えるプログラム構成を有し、

更に、前記タイミング可変手段は、前記マルチローブカムのカム角度を変化させて前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁のいずれかの開タイミングを、前記燃料噴射弁の開タイミングに一致する方向に変えるエンジン騒音低減装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、直接燃料噴射式内燃機関に係り、特に低速運転時のエンジンでの騒音低減方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車に用いられる直接燃料噴射式内燃機関（以下、「直接噴射エンジン」と称する）は、エンジン燃費節約の重要な要素として大きな評価を受けている。直接噴射エンジンにおいて、燃料噴射弁は、エンジン本体に搭載され、燃焼室に直接燃料を噴射する噴射口を有する。このため、燃料噴射弁が起動及び開弁しているとき、周知の多点式燃料噴射弁が吸気弁上流で燃料が噴射されるのに対して、直接噴射エンジンの燃料噴射弁は、直接、燃焼室に燃料が噴射する。

40

【0003】

燃焼室の高圧に勝って十分に高圧な燃料を供給するために、従来の直接噴射エンジンは、燃料流入口が燃料タンクなどの燃料供給源に接続され、燃料流出口が燃料配管に接続されている高圧燃料ポンプを有する。燃料配管は順次、複数の燃料噴射弁に接続されている。

【0004】

従来知られている、直接噴射エンジンに用いられる高圧燃料ポンプは、マルチローブカム機構により往復駆動されるプランジャを有している。高圧燃料ポンプの吸入弁が高圧燃料ポンプ流入口と燃料供給源間に直列に配置され、その吐出弁が燃料ポンプの燃料流出口

50

と燃料配管との間に直列に接続されている。プランジャの往復動中、プランジャが第1の方向に移動する時に、プランジャは、燃料を、ポンプ吸入弁を通してポンプ内に導き、その反対方向にプランジャが移動するとき、燃料ポンプは、燃料を、ポンプ吐出弁を介して燃料配管に吐出する。

【0005】

なお、従来の直接噴射エンジンの短所として、騒音、特にエンジン回転数が1000rpm以下の低速回転で騒音が生じる傾向がある。エンジン騒音は、大別すると3つの要因によってもたらされる。

【0006】

より具体的には、燃料噴射弁は、高圧燃料噴射の影響で起動或いは開弁時に、自身で騒音を生成する。時には、高圧燃料噴射は、種々のエンジン構成部品の振動を生じさせる騒音を伴う。

10

【0007】

高圧燃料噴射ポンプのポンプ吸入弁の開弁動作もまたエンジン騒音をもたらす。同様にポンプ吐出弁の開弁動作もまたエンジン騒音をもたらす。

【0008】

従来の直接噴射エンジンにおいて、高圧燃料ポンプにおける吸入弁の開弁動作、吐出弁の開弁動作、燃料噴射弁の開弁動作は、エンジンクランクシャフトの異なるクランク角度で行われる。例えば、図1に示すように、グラフ10は、6気筒直接噴射エンジンの燃料噴射弁の開弁動作により生成される騒音を示している。グラフ12は、高圧燃料ポンプの吐出弁から生じる騒音を示し、グラフ14は、高圧燃料ポンプの吸入弁により生成される騒音を示している。

20

【0009】

グラフ10～14は、エンジンクランクシャフトのクランク角と、高圧燃料ポンプのプランジャを駆動するために用いるマルチローブカム或いはトライアングルカムの作用として示されている。グラフ19は、高圧燃料ポンプのプランジャのクランク角度又は位置を示している。

【0010】

参照番号102は、直接噴射エンジンにより生成される全体の騒音の変化状態を示している。参照番号102から分かるように、全体の騒音は、燃料噴射弁の開弁動作、高圧燃料ポンプの吸入弁の開弁動作、及び高圧燃料ポンプの吐出弁の開弁動作に対応した独立した騒音ピークを含んでいる。この全体騒音は、特にエンジン回転数が1000rpmのような低速回転で自動車の乗客が感じる。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、直接噴射のエンジン騒音、特にエンジン回転数が1000rpm以下の低速運転時の騒音を低減するための方法及び装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、基本的には、開弁時に対応の気筒に燃料を噴射する、1気筒あたり少なくとも一つの燃料噴射弁と、ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁を有する高圧燃料ポンプと、を備える多気筒の直接燃料噴射エンジンにおけるエンジン騒音低減方法において、

40

前記高圧燃料ポンプの前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁のいずれかの開タイミングを、燃料噴射弁の開タイミングに一致する方向に変えるタイミング可変制御工程を有して、エンジン騒音低減を図ることを特徴とする。ここで、前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁の開タイミングを、燃料噴射弁の開タイミングに一致する方向に変えるとは、前記ポンプ吸入弁及びポンプ吐出弁の開タイミングのいずれかのタイミングが前記燃料噴射弁の開タイミングに完全に一致するか、或いは完全一致ではなくとも、それぞれの開タイミングにより生じる騒音のピークが重なり合う程度に両者のタイミングがより近接し合う実質的な一致状態

50

をいう。

さらに、上記方法に用いる装置として、エンジン速度センサで検出されたエンジン回転数、或いはエンジンECU(エンジンコントロールユニット)で算出されたエンジン回転数のような一般的なエンジン回転数信号を入力する信号処理装置を備える。エンジン回転数が所定の閾値、例えば1000rpm以上の時には、信号処理装置は、エンジン騒音を低減させるための動作をおこなない。一方、エンジン回転数が所定の閾値以下の時に、信号処理装置は、ポンプ吸入弁或いはポンプ吐出弁の開タイミングのいずれかがエンジンの燃料噴射弁の開タイミングと一致する方向に、高圧燃料ポンプ(HPFP)のカム位相を更新するための信号を出力する。

【0013】

10

例えば、好ましい態様として、信号処理装置は、まず、高圧燃料ポンプの吸入弁の開動作或いは吐出弁の開動作のクランク角度を得る。信号処理装置は、角周波数の逆数を算出して、高圧燃料ポンプの吸入弁の開動作と吐出弁の開動作のいずれかを燃料噴射タイミングに重ねるために必要なマスキング閾値を算出する。さらに、信号処理装置は、前記ポンプ吸入弁の開弁動作(開タイミング)又は前記ポンプ吐出弁の開弁動作(開タイミング)のいずれかを燃料噴射弁の開弁動作(開タイミング)に重ねるために、高圧燃料ポンプのマルチローブカムのカム位相を更新するための出力信号を形成する。

【発明の効果】

【0014】

エンジン回転数の低速運転時に、高圧燃料ポンプの吸入弁の開弁動作又は吐出弁の開弁動作のいずれかを、燃料噴射弁の開弁動作に重ねることにより、エンジンからの騒音ピークの数を実効果的に減らすことができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】直接噴射エンジンにより生じる騒音を示す従来技術のグラフ図。

【図2】高圧燃料ポンプの全体概要を示す図。

【図3】本発明の全体システムを示すブロック構成図。

【図4】本発明のシステムの動作を示すフローチャート。

【図5】図4同様のフローチャートで図4を変形した例を示すフローチャート。

【図6】図1同様のグラフ図で、本発明の騒音低減方法の効果を示すグラフ図。

30

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の理解をより容易にするために、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して説明する。なお、各図において、同一或いは共通する要素には同一符号が付してある。

【0017】

図2に直接噴射エンジン22(概略的に示されている)の燃料システム21の一部が示されている。直接噴射エンジン22は、自動車に用いられるタイプであり、クランクシャフト23(概略的に示されている)を回転駆動する複数の気筒を有している。

【0018】

40

燃料システム21は、内部ポンプ室28(概略的に示されている)となるハウジング26を有する燃料ポンプ24を有する。ポンプ吸入弁30は、ポンプ室28と燃料タンクなどの燃料供給源32との間に、流路上で直列に接続されている。同様に、ポンプ吐出弁36は、ポンプ室28と燃料噴射弁38に通じる燃料配管34との間に、流路上で直列に接続されている。

【0019】

一般的には、燃料噴射弁38(概略的に示されている)は、直接噴射エンジン22の各気筒に組み込まれている。エンジン制御ユニット(ECU)は燃料噴射弁38の起動および開弁を制御する。

【0020】

50

また、図2を参照すると、ポンププランジャ40は、ポンプハウジング26のボア42内に往復移動可能に設けられ、ボア42は、ポンプ室28に開口している。マルチローブカム44は、直接噴射エンジンにより回転駆動され、ポンププランジャ40に当接する。その結果、エンジクラクシャフトに同期するカム44の回転は、プランジャ40をボア42内で直線的に往復駆動する。

【0021】

一般的には、ボア42におけるポンププランジャ40の往復動作において、プランジャ40がポンプ室28から遠ざかる方向に移動するときに、燃料を燃料室28内に導く。この動作中に、燃料は燃料タンク32から燃料室28内に導かれる。これとは逆に、ポンププランジャ40の往復動作において、プランジャ40が上記とは反対方向すなわちポンプ室28に向かって移動するときに、燃料はポンプ吐出弁36を介して燃料配管34に吐出され最終的に燃料噴射弁38に圧送られる。

10

【0022】

図3は、本発明の全体的な騒音低減システムを、概略的に示す図である。このシステムは、エンジクラク速度（エンジン回転数）を検出する速度センサ52からの入力信号を取り込む信号処理装置（プロセッサ）50を有する。信号処理装置50は、さらに、クラク角センサ54からの信号、すなわちポンプ吸入弁30又はポンプ吐出弁36のいずれかの開タイミングを示す信号を取り込む。

【0023】

信号処理装置50は、エンジン回転数が所定の閾値 T_{rpm} 以下であるとき、燃料ポンプ制御部56への出力を生成するようにプログラムされている。燃料ポンプ制御部56は、ポンプ吸入弁30又はポンプ吐出弁36のいずれかの開弁動作（開タイミング）が燃料噴射弁38の起動及び開弁と一致するように燃料ポンプカム44の角度を変える。

20

【0024】

図4に本発明の動作を表すフローチャートを示す。信号処理装置50は、ステップ60で開始後、ステップ62に移り、信号処理装置50は、エンジクラクシャフトの回転数 rpm を速度センサ52から取り込む。その後、ステップ62からステップ64に移る。

【0025】

ステップ64で、信号処理装置50は、実エンジン回転数（クラクシャフト回転数 rpm ）を低速閾値 T_{rpm} と比較する。エンジン回転数が閾値 T_{rpm} よりも大きいときには、ステップ64はステップ65に移り、ルーチンを終了する。

30

【0026】

これとは逆に、実エンジン回転数が低速閾値 T_{rpm} より小さいときには、ステップ64はステップ66に移り、信号処理装置50は、ポンプ吸入弁30の開タイミングでのクラク角（ラジアン） i を入力する（以後、クラク角 i をポンプ吸入弁開タイミング i と称する）。ステップ66で、燃料噴射タイミングでのクラク角 f も入力する（以後、クラク角 f を燃料噴射タイミング f と称する）。その後、ステップ66からステップ68に移る。

【0027】

ステップ68で、信号処理装置50は、角周波数（ラジアン毎秒）の逆数を、次の式により算出する。

40

[数1]

$$1 / \omega = 60 / (2 \pi \text{ rpm})$$

その後、ステップ68からステップ70に移る。

【0028】

ステップ70では、燃料噴射タイミング f とポンプ吸入弁開タイミング i の差分に角周波数 ω の逆数が乗せられ、その乗算値が次のようにマスキング閾値 T_{mask} と比較される。

[数2]

$$1 / \omega \cdot |i - f| < T_{mask}$$

50

【 0 0 2 9 】

上記乗算値がマスク閾値よりも小さいとき、 i と f との差分が小さく、ポンプ吸入弁開タイミングは実質的に燃料噴射タイミングに一致するので、ステップ70は、ステップ65に移り、ルーチンは終了する。逆に、上記乗算値がマスク閾値よりも大きいときには、ステップ70からステップ86に移る。ステップ86において、信号処理装置50は、燃料ポンプ制御部56(図3)にポンプ吸入弁の開タイミング i を燃料噴射タイミング f に一致させるための信号を送り、ポンプカムの開弁動作の位相角を更新する。その後、ステップ86は、ステップ62に戻り、上記の一連の処理を繰り返す。

【 0 0 3 0 】

図5には、上記したポンプ吸入弁30の開弁動作に代わり、ポンプ吐出弁36の開弁動作を燃料噴射タイミングに一致させる本発明の動作を示している。図5のフローチャートは、図4に示すフローチャートの大部分と類似する。例えば、図5のステップ64~65は、図4のステップ64~65と同一であるので、それらの説明を省略する。

10

【 0 0 3 1 】

図5において、実エンジン回転数が閾値 T_{rpm} 以下であるとき、ステップ64からステップ80に移る。ステップ80では、信号処理装置50は、図4のポンプ吸入弁30に代わって、ポンプ吐出弁36の開タイミングのクランク角 o を入力する(以後、クランク角 o をポンプ吐出弁開タイミングと称する)。ステップ80で、燃料噴射タイミングのクランク角 f も入力する(以後、クランク角 f を燃料噴射タイミング f と称する)。その後、ステップ80からステップ82に移る。

20

【 0 0 3 2 】

ステップ82は、先に述べたステップ68と同様であり、エンジンの角周波数 ω の逆数を演算する。その後、ステップ82は、ステップ84に移る。ステップ84で、燃料噴射タイミング f とポンプ吐出弁開タイミング o の差分に角周波数 ω の逆数が乗せられ、その乗算値が次のようにマスク閾値 T_{mask} と比較される。

[数2]

$$1 / |\omega - f| < T_{mask}$$

上記乗算値がマスク閾値よりも小さいとき、 o と f との差分が小さく、ポンプ吐出弁開タイミングは実質的に燃料噴射タイミングに一致するので、ステップ84は、ステップ65に移り、ルーチンは終了する。

30

【 0 0 3 3 】

逆に、上記乗算値がマスク閾値よりも大きいときには、ステップ84からステップ86に移る。ステップ86において、信号処理装置50は、燃料ポンプ制御部56(図3)にポンプ吐出弁の開タイミング o を燃料噴射タイミング f に一致させるための信号を送り、ポンプカムの開弁動作の位相角を更新する。その後、ステップ86は、ステップ62に戻り、上記の一連の処理を繰り返す。

【 0 0 3 4 】

図6には、本発明の効果を図式的に示している。図6は、従来図の図1に対応する。さらに、図6は、図4に従ったポンプ吸入弁開タイミングと燃料噴射タイミングとを重ねたときの効果を示している。

40

【 0 0 3 5 】

さらに具体的には、グラフ90は燃料噴射タイミングによる騒音を示している。グラフ92は、ポンプ吐出弁36による騒音を示し、グラフ94は、ポンプ吸入弁30による騒音を示している。

【 0 0 3 6 】

本発明によれば、従来技術と異なり、グラフ96に示すように、ポンププランジャ角は、破線に示す位置から実線に示す位置に移る。このシフトは、グラフ98に示すマルチローブカム位相のシフトに相当する。この位相のシフトは、グラフ100に示すクランク角と相対的に、破線の示す位置から実線の位置に移る。

【 0 0 3 7 】

50

ポンププランジャの位相シフトが生じるポンプカムの位相シフトの正味の効果は、グラフ94及びグラフ90に示すように、ポンプ吸入弁により生成された騒音を燃料噴射弁で生成された騒音に重畳させることである。その結果として、6気筒エンジンの毎回転あたり3つの騒音ピークによる全体ノイズの数を、グラフ102に示すように、効果的に減らすことができる。そのため、エンジンの低回転数で占められる自動車の全体騒音感を低減することができる。

【0038】

図5に示すフローチャートも、本質的に図6に示すグラフの効果に相当する。この場合、グラフ94で示されるポンプ吸入弁からの騒音ピークに代わり、グラフ92で示されるポンプ吐出弁からの騒音ピークが、グラフ90に示す燃料噴射タイミングの騒音に重ねられる。効果的には、既述したポンプ吸入弁からの騒音ピークが燃料噴射タイミングの騒音に重ねられるのと同じであるので、それ以上の説明は省略する。

10

【0039】

本発明によれば、直接噴射エンジンのための効果的な騒音低減方法及び装置、特に低エンジン回転数における騒音低減を図れる方法及び装置を提供することができる。

本発明により述べられた事項は、本発明の特許請求の範囲で定義された思想の範囲内で当該技術分野において変形することができる。

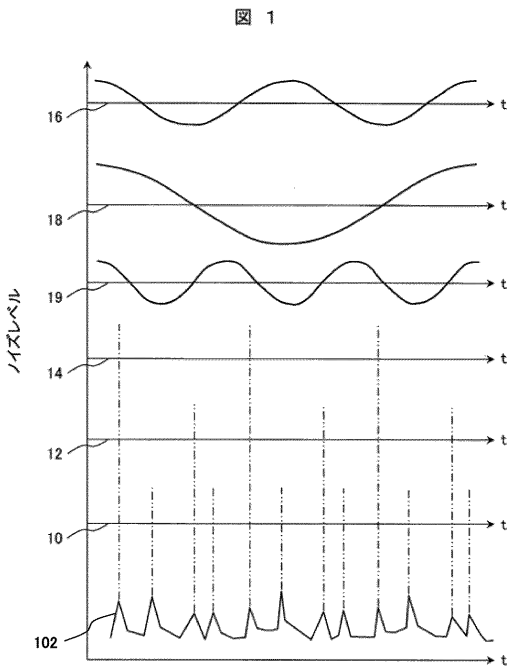
【符号の説明】

【0040】

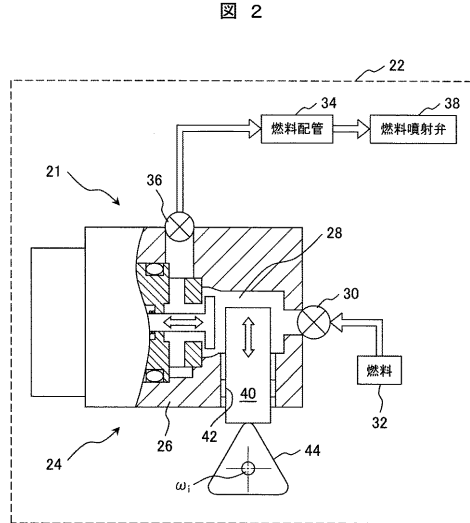
22...直接噴射エンジン、23...クランクシャフト、24...燃料ポンプ、30...ポンプ吸入弁、36...ポンプ吐出弁、38...燃料噴射弁、50...信号処理装置(プロセッサ)、52...速度センサ、54...弁開度角(クランク角)、56...燃料ポンプ制御部。

20

【図1】

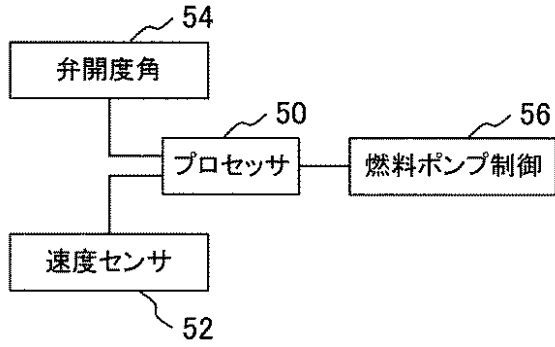


【図2】



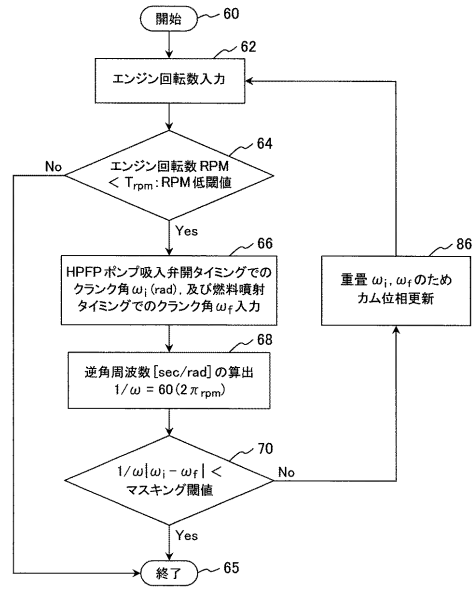
【図3】

図3



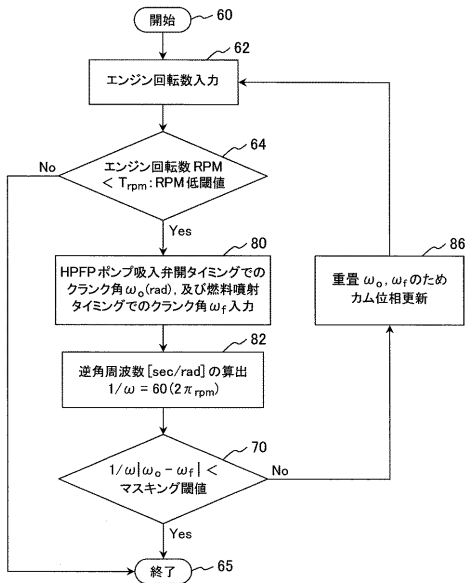
【図4】

図4



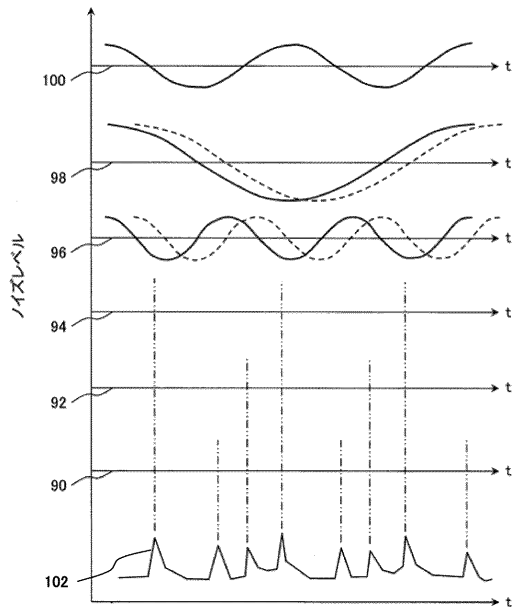
【図5】

図5



【図6】

図6



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-161661(JP,A)
特開2007-224833(JP,A)
特開2008-197233(JP,A)
特開2009-061932(JP,A)
特開2007-194189(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02M 39/00 - 71/04
F02D 41/00 - 45/00