

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-6933
(P2023-6933A)

(43)公開日 令和5年1月18日(2023.1.18)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
H 0 2 P	9/04 (2006.01)	H 0 2 P	9/04	L	3 D 2 0 2
B 6 0 K	6/46 (2007.10)	B 6 0 K	6/46	Z H V	5 H 5 9 0
B 6 0 W	10/08 (2006.01)	B 6 0 W	10/08	9 0 0	
B 6 0 W	20/17 (2016.01)	B 6 0 W	20/17		
F 0 2 N	11/04 (2006.01)	F 0 2 N	11/04	C	
		審査請求	未請求	請求項の数	6 O L (全16頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-109814(P2021-109814)
(22)出願日 令和3年7月1日(2021.7.1)

(71)出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(74)代理人 100140486
弁理士 鎌田 徹
(74)代理人 100170058
弁理士 津田 拓真
(74)代理人 100142918
弁理士 中島 貴志
(72)発明者 上園 秀哉
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
会社デンソー内
(72)発明者 坂本 章
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
会社デンソー内
最終頁に続く

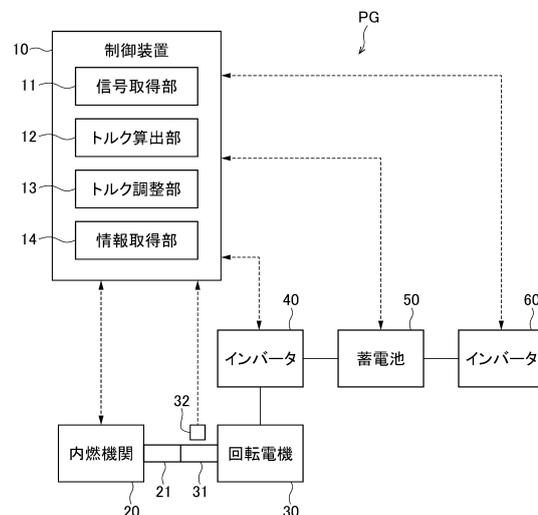
(54)【発明の名称】 制御装置

(57)【要約】

【課題】内燃機関の回転数変動を抑制する制御を安定的に行うことのできる、回転電機の制御装置を提供する。

【解決手段】回転電機30は、内燃機関20の駆動軸21にトルクを加える可動部31を有している。回転電機30の制御装置10は、単位時間あたりにおける可動部31の回転数に応じて変化する信号、である回転数信号を取得する信号取得部11と、内燃機関20の動作時における振動を抑制するために、可動部31から駆動軸21に加えられる制振トルク、を算出するトルク算出部12と、を備える。トルク算出部12は、回転電機30による内燃機関20のクランキングが行われているときに、信号取得部11によって取得される回転数信号に基づいて制振トルクを算出する。

【選択図】図1



10

20

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転電機（30）の制御装置（10）であって、

前記回転電機は、内燃機関（20）の駆動軸（21）にトルクを加える可動部（31）を有しており、

単位時間あたりにおける前記可動部の回転数に応じて変化する信号、である回転数信号を取得する信号取得部（11）と、

前記内燃機関の動作時における振動を抑制するために、前記可動部から前記駆動軸に加えらるる制振トルク、を算出するトルク算出部（12）と、を備え、

前記トルク算出部は、

前記回転電機による前記内燃機関のクランキングが行われているときに、前記信号取得部によって取得される前記回転数信号に基づいて前記制振トルクを算出する、制御装置。

【請求項 2】

前記可動部のトルクを調整するトルク調整部（13）を更に備え、

前記トルク調整部は、

前記内燃機関が始動されるタイミングで、前記制振トルクを、前記可動部のトルクに重畳させ始める、請求項 1 に記載の制御装置。

【請求項 3】

前記トルク算出部は、

前記回転数信号の波形と同期した波形となるように前記制振トルクを算出する、請求項 1 又は 2 に記載の制御装置。

【請求項 4】

前記トルク算出部は、

正規化された前記回転数信号の値と、正規化された前記制振トルクの値と、に基づいて前記制振トルクの位相を補正する、請求項 3 に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記内燃機関の進角量又は遅角量を示す情報、である角度情報を取得する情報取得部（14）を更に備え、

前記トルク算出部は、

前記角度情報に基づいて前記制振トルクの位相を補正する、請求項 3 又は 4 に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記可動部が前記駆動軸に対して固定されている、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、回転電機の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば電気自動車等に搭載される発電機には、内燃機関と回転電機とが設けられる。このような発電機において、内燃機関で発生したトルクによって回転電機の可動部が回転すると、回転電機では発電が行われる。その際、回転電機において周期的に脈動するトルクを発生させると、当該トルクにより、内燃機関の回転数の変動を抑制することができる。これにより、回転数の変動に伴って生じる内燃機関等の振動を抑制することが可能となる。

【0003】

下記特許文献 1 には、内燃機関の抵抗トルクに応じて回転電機の出力トルクを調整し、これにより振動を抑制することについての記載がある。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3454249号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

動作中の内燃機関においては、ピストンが上死点に到達したタイミング、もしくはそれに近いタイミングで爆発が生じる。このため、振動を抑制するために回転電機から出力される周期的なトルクは、当該タイミングにおいて最も小さくなることが好ましい。

【0006】

回転電機の制御装置が上記タイミングを把握するための方法としては、例えば、内燃機関を制御する制御装置（エンジンECU）から、ピストン位置を示す信号等を受信することが考えられる。しかしながら、このような構成においては、例えば車載ネットワークのような通信網を介した制御装置間の通信遅れが生じると、適切なタイミングで回転電機のトルクを変化させることができなくなる可能性がある。また、何らかの原因で通信が途絶した場合には、回転電機によって内燃機関の回転数変動を抑制する制御が一切できなくなってしまう。

【0007】

本開示は、内燃機関の回転数変動を抑制する制御を安定的に行うことのできる、回転電機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】

本開示に係る制御装置は、回転電機（30）の制御装置（10）である。回転電機は、内燃機関（20）の駆動軸（21）にトルクを加える可動部（31）を有している。この制御装置は、単位時間あたりにおける可動部の回転数に応じて変化する信号、である回転数信号を取得する信号取得部（11）と、内燃機関の動作時における振動を抑制するために、可動部から駆動軸に加えられる制振トルク、を算出するトルク算出部（12）と、を備える。トルク算出部は、回転電機による内燃機関のクランキングが行われているときに、信号取得部によって取得される回転数信号に基づいて制振トルクを算出する。

【0009】

このような構成の制御装置では、回転電機による内燃機関のクランキングが行われているとき、すなわち、内燃機関が始動されるよりも前のときにおいて、信号取得部によって回転数信号が取得される。このような回転数信号は、内燃機関のピストンの位置に応じて変動する信号となるので、内燃機関のピストン位置を示す情報を含んでいる。そこで、トルク算出部は、回転数信号に基づいて制振トルクを算出することで、内燃機関のピストン位置に同期した適切な制振トルクを算出することができる。

【0010】

尚、回転数信号は、内燃機関を制御する制御装置からの通信で取得されるものではなく、例えば、回転電機に設けられたセンサからの信号に基づいて直接的に取得可能なものである。従って、信号取得部は、通信の途絶等の影響を受けることなく、回転数信号を常に安定的に取得することができる。これにより、上記制御装置は、内燃機関の回転数変動を抑制する制御を安定的に行うことができる。

【発明の効果】

【0011】

本開示によれば、内燃機関の回転数変動を抑制する制御を安定的に行うことのできる、回転電機の制御装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本実施形態に係る制御装置を含む、発電機の全体構成を模式的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 2 は、回転電機の回転数を目標回転数に保つために実行される制御、について説明するためのブロック図である。

【図 3】図 3 は、内燃機関の動作時におけるトルクの脈動を示す図である。

【図 4】図 4 は、内燃機関が始動される前後の期間における、回転数及びトルクの時間変化を示す図である。

【図 5】図 5 は、制振トルクの位相を補正する方法について説明するための図である。

【図 6】図 6 は、制振トルクの位相を補正する方法について説明するための図である。

【図 7】図 7 は、図 1 の制御装置により実行される処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0013】

以下、添付図面を参照しながら本実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0014】

本実施形態に係る制御装置 10 は、発電機 P G に搭載される装置であって、発電機 P G に設けられた回転電機 30 の動作等を制御するための装置として構成されている。制御装置 10 の説明に先立ち、発電機 P G の構成について先ず説明する。

【0015】

発電機 P G は、例えば電気自動車のような車両に搭載され、当該車両の走行に必要な電力を発生させる装置である。このような構成の車両としては、例えば、シリーズ式のハイブリッド車両等を挙げることができる。尚、発電機 P G は、上記のように車両に搭載される発電機であってもよいが、例えば建物に設置される定置型の発電機であってもよい。図 1 に示されるように、発電機 P G は、内燃機関 20 と、回転電機 30 と、インバータ 40 と、蓄電池 50 と、インバータ 60 と、を備えている。

20

【0016】

内燃機関 20 は、燃料を燃焼させてトルク（駆動軸 21 の回転力）を発生させる装置であって、所謂レシプロエンジンである。内燃機関 20 には、不図示の気筒が 4 つ設けられている。それぞれの気筒の内部には、上下に往復運動するピストンが配置されている。当該ピストンの上下運動は駆動軸 21 の回転運動に変換される。駆動軸 21 は「クランクシャフト」とも称されるものである。尚、内燃機関 20 に設けられる気筒の数は、4 とは異なってもよい。

30

【0017】

回転電機 30 は、内燃機関 20 から受けるトルクによって発電を行う装置であって、「モータージェネレータ」とも称されるものである。回転電機 30 は可動部 31 を有している。内燃機関 20 から受けるトルクによって可動部 31 が回転すると、回転電機 30 では三相の交流電力が生じる。当該電力はインバータ 40 へと供給される。本実施形態では、内燃機関 20 の駆動軸 21 と、回転電機 30 の可動部 31 とが、直接的に連結されている。つまり、可動部 31 が駆動軸 21 に対して固定されている。本実施形態では、回転電機 30 はアウターローター構造を有しているのであるが、他の構造を有してもよい。

40

【0018】

ここでいう「可動部 31 が駆動軸 21 に対して固定されている」というのは、駆動軸 21 と可動部 31 との間に、例えば回転速度を安定させるためのフライホイールや、回転速度の脈動を低減させるためのダンパー、もしくは、回転速度を変化させるためのギヤ等が介在していないことを意味している。このため、単位時間あたりにおける駆動軸 21 の回転数と、単位時間あたりにおける可動部 31 の回転数とは、常に互いに一致する。尚、これらの回転数が互いに一致するのであれば、駆動軸 21 と可動部 31 との間には、両者間の結合を一時的に解除するためのクラッチが設けられていてもよい。このような態様も、「可動部 31 が駆動軸 21 に対して固定されている」構成に含まれる。以下の説明においては、単位時間あたりにおける回転数のことを、単に「回転数」と表記することがある。

50

【 0 0 1 9 】

回転電機 3 0 は、上記のように内燃機関 2 0 からのトルクを受けることにより動作するものではあるが、外部から電力の供給を受けて可動部 3 1 を回転させることもできる。この場合、可動部 3 1 は、内燃機関 2 0 の駆動軸 2 1 に対してトルクを加えることとなる。内燃機関 2 0 の始動時においては、回転電機 3 0 によって内燃機関 2 0 の駆動軸 2 1 を回転させる動作、すなわち、所謂「クランキング」が行われる。

【 0 0 2 0 】

本実施形態に係る回転電機 3 0 は、内燃機関 2 0 が始動された後、つまり、内燃機関 2 0 からのトルクを受けて可動部 3 1 が回転しているときにおいて、可動部 3 1 に脈動するトルクを発生させることで、可動部 3 1 及び駆動軸 2 1 の回転数の変動を抑制することも可能となっている。これにより、内燃機関 2 0 の動作時における振動が抑制される。回転電機 3 0 において上記のように発生させるトルクのことを、以下では「制振トルク」とも称する。制振トルクは、内燃機関 2 0 の動作時における振動を抑制するために、回転電機 3 0 の可動部 3 1 から内燃機関 2 0 の駆動軸 2 1 に加えられるトルク、ということができ

10

【 0 0 2 1 】

可動部 3 1 の近傍には、可動部 3 1 の回転数を検知するための回転数センサ 3 2 が設けられている。回転数センサ 3 2 は、例えば回転電機 3 0 に設けられたレゾルバであるが、その他のセンサであってもよい。可動部 3 1 の回転数を示す信号は、回転数センサ 3 2 から制御装置 1 0 へと入力される。

20

【 0 0 2 2 】

インバータ 4 0 は、回転電機 3 0 で生じた交流電力を直流電力に変換し、当該直流電力を蓄電池 5 0 に供給する電力変換器である。インバータ 4 0 は、蓄電池 5 0 から直流電力を交流電力に変換し、当該交流電力を回転電機 3 0 に供給することもできる。このように、インバータ 4 0 は双方向の電力変換器として構成されている。インバータ 4 0 の動作は制御装置 1 0 により制御される。制御装置 1 0 は、インバータ 4 0 の動作を制御することにより、回転電機 3 0 のトルクや回転数等を調整することができる。

【 0 0 2 3 】

蓄電池 5 0 は、発電機 P G から外部に出力される電力を一時的に蓄えておくためのものであり、例えばリチウムイオンバッテリーである。回転電機 3 0 で生じた交流電力は、上記のようにインバータ 4 0 によって直流電力に変換された後、蓄電池 5 0 に供給され蓄えられる。また、蓄電池 5 0 に蓄えられた電力の一部は、インバータ 4 0 を介して回転電機 3 0 に供給され、回転電機 3 0 で制振トルクを発生させるための電力として使用されることもある。尚、制振トルクは、蓄電池 5 0 からの電力を用いずに、回転電機 3 0 で生じる回生電力をインバータ 4 0 で調整することにより発生させてもよい。制御装置 1 0 は、蓄電池 5 0 に搭載された不図示の制御装置との間で通信を行うことで、蓄電池 5 0 の状態を取得することができる。

30

【 0 0 2 4 】

インバータ 6 0 は、蓄電池 5 0 に蓄えられた電力を交流電力に変換し、外部へと出力するための電力変換器である。例えば、発電機 P G が電動車両に搭載されている場合には、インバータ 6 0 から出力された電力は、当該電動車両に搭載された走行用の回転電機（不図示）へと供給されることとなる。この場合、電動車両の制動時に生じた回生電力が、インバータ 6 0 を介して蓄電池 5 0 へと供給される構成としてもよい。インバータ 6 0 の動作は制御装置 1 0 により制御される。

40

【 0 0 2 5 】

引き続き図 1 を参照しながら、制御装置 1 0 の構成について説明する。先に述べたように、制御装置 1 0 は、発電機 P G に設けられた回転電機 3 0 の動作等を制御するための装置として構成されている。制御装置 1 0 は、CPU、ROM等を有するコンピュータシステムとして構成されている。制御装置 1 0 は、その機能を模式的に表現したブロックとして、信号取得部 1 1 と、トルク算出部 1 2 と、トルク調整部 1 3 と、情報取得部 1 4 と、

50

を備えている。

【0026】

信号取得部11は、可動部31の回転数に応じて変化する信号を、回転数センサ32から取得する処理を行う部分である。当該信号のことを、以下では「回転数信号」とも称する。本実施形態では、駆動軸21と可動部31とが直接的に連結されているので、回転数信号は、駆動軸21の回転数に応じて変化する信号ということもできる。

【0027】

トルク算出部12は、先に述べた制振トルクを算出する処理を行う部分である。トルク算出部12は、内燃機関20の動作時における振動を抑制するために出力すべき制振トルクの大きさを、後に説明する方法によって算出する。

10

【0028】

トルク調整部13は、可動部31のトルク、すなわち、回転電機30から実際に出力されるトルクを調整する処理を行う部分である。トルク調整部13は、可動部31の回転数が所定の目標値に一致するよう、インバータ40の動作を制御し、これにより可動部31のトルクを調整する。また、トルク調整部13により調整される可動部31のトルクには、トルク算出部によって算出された制振トルクが重畳される。つまり、トルク調整部13は、回転電機30から実際に出力されるトルクが、可動部31の回転数を所定の目標値に一致させるために必要なトルクに対し、制振トルクを重畳させたトルクとなるように、インバータ40の動作を制御する。

【0029】

20

情報取得部14は、内燃機関20の制御を司る不図示の制御装置と通信を行うことにより、内燃機関20の進角量又は遅角量を示す情報を取得する処理を行う部分である。「内燃機関20の進角量又は遅角量を示す情報」とは、内燃機関20の気筒においてピストンが上死点に到達したタイミングと、当該気筒において点火が行われるタイミングと、の差を、クランク角度の変化量で表した情報である。当該情報のことを、以下では「角度情報」とも称する。

【0030】

尚、情報取得部14による角度情報の取得は、上記とは異なる態様で行われてもよい。例えば、内燃機関20の動作状態（例えば回転数）と、内燃機関20の進角量又は遅角量との対応関係を示すマップを情報取得部14が予め記憶しておき、当該マップを参照することで、情報取得部14が角度情報を取得することとしてもよい。

30

【0031】

図2を参照しながら、回転電機30のトルクを調整するために、トルク調整部13等によって行われる処理の概要について説明する。

【0032】

回転数センサ32からの回転数信号は、演算ブロック109によって実際の回転数に変換された後、減算器101に入力される。減算器101では、可動部31の回転数の目標値、である目標回転数から、実際の回転数を減算する処理が行われる。目標回転数と実際の回転数との差は、PI演算器102によって、回転電機30のトルク指令値に変換される。トルク指令値は、後述の加算器103を介して、ベクトル制御系を示す演算ブロック105へと入力される。トルク指令値は、演算ブロック105において、u相、v相、w相のそれぞれの電流値についての指令値(V_u , V_v , V_w)に変換され、当該指令値がインバータ40へと入力される。インバータ40からは、それぞれの指令値に基づいて、u相、v相、w相からなる各相の電流(I_u , I_v , I_w)が回転電機30へと供給され、回転電機30を動作させる。v相の電流 I_v 及びw相の電流 I_w は、それぞれ、電流センサ107、108によって測定され、演算ブロック105へとフィードバックされる。

40

【0033】

以上のような制御が行われることで、回転電機30のトルクは、目標回転数に概ね一致するように調整される。ただし、回転電機30の可動部31は、内燃機関20の駆動軸21に連結されている。このため、可動部31の回転数は、正確には一定とはならず、内燃

50

機関 20 からのトルクの影響を受けて変動することとなる。

【0034】

そこで、本実施形態の制御装置 10 は、上記のような回転数の変動を抑制するためのトルクとして、制振トルクを重畳的に加えることとしている。トルク算出部 12 で算出された制振トルクは、図 2 の演算ブロック 104 から加算器 103 に入力され、PI 演算器 102 から出力されるトルク指令値に対して加算される。これにより、制振トルクは、可動部 31 の回転数を所定の目標値に一致させるために必要なトルクに対し、重畳されることとなる。

【0035】

内燃機関 20 のトルクについて、図 3 を参照しながら説明する。図 3 では、内燃機関 20 のクランク角（横軸）が変化した場合における、内燃機関 20 の各種トルク（縦軸）の変化の例が示されている。図 3 の線 L1 で示されるトルクは、内燃機関 20 の各気筒における燃料の爆発に起因して生じるトルクである。線 L1 で示されるトルクのことを、以下では「筒内圧トルク」とも称する。

【0036】

図 3 の線 L2 で示されるトルクは、内燃機関 20 の各気筒でピストンが上下動する際の慣性力に起因して生じるトルクである。線 L2 で示されるトルクのことを、以下では「往復質量慣性トルク」とも称する。図 3 の線 L3 で示されるトルクは、線 L1 で示される筒内圧トルクと、線 L2 で示される往復質量慣性トルクと、を合算したトルクである。

【0037】

図 3 における d1、d2、d3、d4 は、いずれも、各気筒でピストンが上死点に到達したタイミングのクランク角を表している。d1 等で示される各タイミングの直後に燃料の爆発が生じるので、線 L3 で示される内燃機関 20 のトルクは、d1 等の各タイミングとほぼ同じタイミングで最大となる。従って、線 L3 で示される内燃機関 20 のトルクが最大となるタイミングで、脈動する制振トルクが最小となるように、トルク算出部 12 による制振トルクの算出が行われることが好ましい。制振トルクをこのように脈動するトルクとして算出するためには、各気筒でピストンが上死点に到達する d1 等のタイミングを、制御装置 10 が何らかの方法で把握する必要がある。

【0038】

各気筒でピストンが上死点に到達する d1 等のタイミングは、例えば、エンジン ECU のような、内燃機関 20 の動作を司る制御装置から通信により取得することができる。しかしながら、そのような方法でタイミングを取得する構成とした場合には、例えば車載ネットワークのような通信網を介した制御装置間の通信遅れが生じると、回転電機 30 から適切に制振トルクを出力することができなくなる可能性がある。また、何らかの原因で通信が途絶した場合には、回転電機 30 によって内燃機関 20 の回転数変動を抑制する制御が一切できなくなってしまう。

【0039】

そこで、本実施形態に係る制御装置 10 では、エンジン ECU からの通信によって得られる情報を用いることなく、回転数センサ 32 からの回転数信号を用いることにより、制振トルクを適切なタイミング（位相）で変化するように脈動させることとしている。

【0040】

制振トルクの算出及び出力が行われるタイミングについて、図 4 を参照しながら説明する。図 4 (A) は、可動部 31 における回転数の時間変化の例を示すグラフである。この例では、時刻 t2 までの期間において、回転電機 30 によるクランキングが行われ、時刻 t2 において内燃機関 20 が始動されている。クランキングが行われている期間のうち、時刻 t1 までの期間では、可動部 31 の回転数は時間の経過と共に上昇して行き、時刻 t1 において、所定の目標回転数 R_t に到達している。時刻 t1 以降の期間においては、可動部 31 の回転数は目標回転数 R_t に維持されている。尚、図 4 の例では、時刻 t2 以降においても目標回転数 R_t が一定となっているが、内燃機関 20 が始動された後においては、目標回転数 R_t は適宜変更されてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

図 4 (B) の線 L 1 1 は、回転電機 3 0 で発生するトルクの時間変化の例を示すグラフである。また、図 4 (B) の線 L 1 2 は、内燃機関 2 0 で発生するトルクの時間変化の例を示すグラフである。線 L 1 2 に示されるように、内燃機関 2 0 が始動される時刻 t_2 よりも前の期間においては、内燃機関 2 0 で発生するトルクは 0 である。時刻 t_2 以降においては、内燃機関 2 0 では正方向のトルクが発生している。

【 0 0 4 2 】

線 L 1 1 に示されるように、時刻 t_2 までの期間においてクランキングが行われているときには、回転電機 3 0 では正方向のトルクが発生している。当該トルクは、クランキングが開始された直後において急激に上昇し低下した後、可動部 3 1 の回転数を目標回転数 R_t に維持するために必要な正值に保たれている。

10

【 0 0 4 3 】

時刻 t_2 において内燃機関 2 0 で点火が行われ、内燃機関 2 0 が始動された後は、回転電機 3 0 では負方向のトルクが発生している。当該トルクは、駆動軸 2 1 や可動部 3 1 の回転数を目標回転数 R_t に維持するために必要な、内燃機関 2 0 のトルクに抗するトルクである。尚、図 4 (B) においては、時刻 t_2 以降の線 L 1 1 が直線状に描かれているのであるが、実際のトルクの変化は、制振トルクが重畳される影響により脈動する波形となる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態では、内燃機関 2 0 が始動される時刻 t_2 までの期間、すなわちクランキングが行われる期間に、トルク算出部 1 2 による制振トルクの算出が行われる。当該期間においては、制振トルクは算出されるだけであり実際には出力されない。つまり、当該期間においては、可動部 3 1 の回転数を目標回転数 R_t に維持するために必要なトルクのみが回転電機 3 0 から出力されるが、当該トルクには制振トルクは重畳されない。

20

【 0 0 4 5 】

トルク調整部 1 3 は、時刻 t_2 から、回転電機 3 0 から出力されるトルクに制振トルクを重畳させ始める。当該制振トルクは、図 3 の線 L 3 (線 L 2 でもよい) で示される内燃機関 2 0 のトルクが最大となるタイミングで、制振トルクの値が最小となるような波形のトルクとして、時刻 t_2 までの期間において予め準備されていたものである。このため、内燃機関 2 0 が始動された直後のタイミング (時刻 t_2) から、内燃機関 2 0 の動作時における振動を適切に抑制することができる。

30

【 0 0 4 6 】

時刻 t_2 までの期間において、トルク算出部 1 2 が制振トルクを算出する方法について、図 5 を参照しながら説明する。図 5 (A) には、内燃機関 2 0 における往復質量慣性トルクの変化の例が示されている。図 5 (B) には、可動部 3 1 における回転数の変化の例が示されている。図 5 (C) には、回転電機 3 0 で生じるトルクの変化の例が示されている。図 5 (D) には、トルク算出部 1 2 で算出された制振トルクの変化の例が示されている。図 5 に示される各グラフはいずれも、内燃機関 2 0 が始動されるよりも前の期間における、各パラメータの時間変化の例を表している。従って、図 5 (D) の制振トルクは、準備されるだけであって実際には未だ出力されないものである。

40

【 0 0 4 7 】

内燃機関 2 0 が始動されるよりも前の期間においては、内燃機関 2 0 では、図 3 の線 L 1 に示される筒内圧トルクは発生せず、図 3 の線 L 2 や図 5 (A) に示される往復質量慣性トルクのみが発生する。両図に示されるように、往復質量慣性トルクは時間の経過と共に正弦波状に変化する。

【 0 0 4 8 】

図 5 においては、各気筒でピストンが上死点に到達するタイミングが、時刻 t_{10} 、 t_{20} 、 t_{30} 、 t_{40} として示されている。図 5 (A) に示されるように、往復質量慣性トルクはその性質上、ピストンが上死点に到達するタイミング (時刻 t_{10} 等) のそれぞれにおいて 0 となり、当該タイミングで正方向から負方向へと切り替わるように変化する

50

。

【 0 0 4 9 】

クランキングが行われている期間、具体的には、図 4 (A) における時刻 t_1 以降の期間においては、制御装置 10 は、可動部 31 の回転数が一定の目標回転数 R_t に一致するように、インバータ 40 を介して回転電機 30 の動作を制御しようとする。しかしながら、図 5 (A) のように変動する往復質量慣性トルクの影響を受けることにより、可動部 31 の回転数は、図 5 (B) のように脈動してしまう。可動部 31 の回転数は、往復質量慣性トルクと同様に正弦波状に変化する。

【 0 0 5 0 】

ただし、当該回転数の位相は、往復質量慣性トルクの位相から $1/4$ 周期だけ遅れた位相となる。従って、可動部 31 の回転数は、ピストンが上死点に到達するタイミング (時刻 t_{10} 等) のそれぞれにおいて最大値となるように変化する。このとき、回転電機 30 で生じるトルクは、制御装置 10 による制御が行われる結果として図 5 (C) のように変化している。回転電機 30 で生じるトルクは、往復質量慣性トルクと同様に正弦波状に変化する。また、当該トルクの位相は、往復質量慣性トルクの位相と同じ位相となる。

10

【 0 0 5 1 】

図 5 (B) に示される可動部 31 の回転数の変化、すなわち、信号取得部 11 で取得される回転数信号は、上記のように、図 5 (A) に示される往復質量慣性トルクの影響を受けている。その結果として、回転数信号は、内燃機関 20 のピストンの位置に応じて変動する信号となっており、内燃機関 20 のピストン位置を示す情報を含んでいる。そこで、トルク算出部 12 は、図 5 (B) のように変化する回転数信号に基づいて、内燃機関 20 のピストン位置に同期した適切な制振トルクを算出する。

20

【 0 0 5 2 】

具体的な算出方法は以下の通りである。トルク算出部 12 は、以下の式 (1) を用いて、時間と共に変化する制振トルクを算出する。

制振トルク = $A \times \sin(\omega \times t + \phi) \cdots (1)$

【 0 0 5 3 】

式 (1) の「 A 」は制振トルクの振幅である。トルク算出部 12 は、例えば、可動部 31 の回転数と当該振幅との対応関係を示すマップを参照することにより、制振トルクの振幅 A を決定する。

30

【 0 0 5 4 】

式 (1) の「 ω 」は、制振トルクの変化における角速度である。トルク算出部 12 は、例えば、以下の式 (2) を用いて角速度 ω を算出する。

$\omega = R R \times n / 2 \cdots (2)$

【 0 0 5 5 】

式 (2) の「 R R 」は、可動部 31 の回転数を、ラジアン / 秒の単位で表した数値である。式 (2) の「 n 」は、内燃機関 20 が有する気筒の数である。本実施形態では $n = 4$ である。

【 0 0 5 6 】

式 (1) の「 t 」は、特定の時刻 (例えば、クランキングが開始された時刻) からの経過時間 (秒) である。トルク算出部 12 は、現在の時刻に合わせて t を更新しながら、制振トルクの値を常に最新値となるよう算出し続ける。

40

【 0 0 5 7 】

式 (1) の「 ϕ 」は、制振トルクの位相を補正するためのパラメータである。トルク算出部 12 は、この ϕ の値を調整することで、制振トルクの値が最小となるタイミングを、各気筒でピストンが上死点に到達するタイミング (時刻 t_{10} 等) に近づける。トルク算出部 12 は、このような方法で制振トルクを補正し、理想的な制振トルクへと近づけて行く。

【 0 0 5 8 】

図 4 (D) に示される例では、ピストンが上死点に到達する時刻 t_{10} よりも前の時刻

50

t 9において、制振トルクの値が最小となっている。このため、トルク算出部 12は、時刻 t 9から時刻 t 10までの期間 t 1が短くなるように、式(1)のを例えば所定量だけ減少させる。当該処理は、例えば、時刻 t 10の直後に行われる。

【0059】

その結果、次に制振トルクの値が最小になる時刻 t 19から、ピストンが上死点に到達する時刻 t 20までの期間 t 2は、t 1よりも短くなっている。トルク算出部 12は、期間 t 2が更に短くなるように、式(1)のを再び所定量だけ減少させる。これにより、次に制振トルクの値が最小になる時刻 t 29から、ピストンが上死点に到達する時刻 t 30までの期間 t 3は、t 2よりも更に短くなっている。トルク算出部 12は、このようにの値を調整する処理を繰り返していくことで、制振トルクの値が最小となるタイミングを、ピストンが上死点に到達するタイミングに近づけていく。クランキングが終了するまでには、制振トルクの値が最小となるタイミングと、ピストンが上死点に到達するタイミングと、が互いに概ね一致した状態としておくことができる。

10

【0060】

式(1)の「」は、内燃機関 20の進角量又は遅角量である。内燃機関 20の気筒においてピストンが上死点に到達したタイミングよりも後に、当該気筒において点火が行われる場合、すなわち点火タイミングが遅角している場合には、当該遅角の程度に応じての値が負値とされる。逆に、点火タイミングが進角している場合には、当該進角の程度に応じての値が正値とされる。の値は、情報取得部 14で取得された角度情報に基づいて設定される。ただし、本実施形態では、制振トルクが実際に出力されるよりも前の期間においては、の値は0とされる。

20

【0061】

式(1)のを設定するための具体的な方法の例について説明する。図6に示される線 L 21は、可動部 31における回転数の変化、すなわち図5(B)に示される回転数の変化を、正規化して示したグラフである。ここでいう「正規化」とは、可動部 31における回転数の変化のグラフにおいて、その位相を維持したまま、その振幅が±1であり且つ中心値が0となるように調整することを意味する。可動部 31における回転数の正規化は、例えば、可動部 31における回転数の計測値から目標回転数 R tを差し引いて得られる値を、その時の回転数の振幅で除することにより行うことができる。線 L 21によって表される値は、正規化された回転数信号の値、ということができる。

30

【0062】

図6に示される線 L 22は、制振トルクの変化を、線 L 21と同様に正規化して示したグラフである。線 L 22によって表される値は、正規化された制振トルクの値、ということができる。

【0063】

仮に、制振トルクの値が最小となるタイミングと、ピストンが上死点に到達するタイミングと、が互いに一致している場合には、正規化された回転数信号の値(線 L 21)と、正規化された制振トルクの値(線 L 22)と、の和は0となる。一方、上記それぞれのタイミングがずれている場合には、正規化された回転数信号の値(線 L 21)と、正規化された制振トルクの値(線 L 22)と、の和は0以外の値となる。

40

【0064】

そこで、特定のタイミングにおける、正規化された回転数信号の値(線 L 21)と、正規化された制振トルクの値(線 L 22)と、の和に応じてを設定すれば、当該による制振トルクの補正を比較的容易に行うことができる。この場合、上記の和ととの対応関係を予めマップとして記憶しておけばよい。上記における「特定のタイミング」としては、例えば、回転数信号の値が最大値となるタイミング等を用いることができる。

【0065】

尚、を算出するにあたっては、正規化された回転数信号の値(線 L 21)に替えて、回転電機 30で生じるトルクの変化(図5(C))を正規化したもの、を用いることとしてもよい。この場合、回転電機 30で生じるトルクの変化に対し、その位相を1/4周期

50

だけ遅らせる演算処理を施した上で正規化したものを用いれば、上記と同様の方法で算出することができる。

【 0 0 6 6 】

また、回転電機 3 0 で生じるトルクの変化に対し、その位相を 1 / 4 周期だけ進める演算処理を施した上で正規化したものを用いてもよい。この場合、正規化された回転電機 3 0 のトルクの値と、正規化された制振トルクの値と、の差に応じて を設定すればよい。

【 0 0 6 7 】

以上に説明した制振トルクの算出等を実現するために、制御装置 1 0 で実行される具体的な処理の流れについて、図 7 を参照しながら説明する。同図に示される一連の処理は、回転電機 3 0 による内燃機関 2 0 のクランキングが開始された直後において実行されるものである。 10

【 0 0 6 8 】

当該処理の最初のステップ S 0 1 では、目標回転数を設定する処理が行われる。この目標回転数は、図 4 の例における目標回転数 R_t のことである。目標回転数は、常に同じ値に設定されてもよく、状況により異なる値に設定されてもよい。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 0 1 に続くステップ S 0 2 では、トルク算出部 1 2 による制振トルクの算出が開始される。ここでは、先に述べた式 (1) を用いて制振トルクが算出される。以降においては、その時点における現在時刻に対応した t を用いて、制振トルクの値が繰り返し算出され更新されて行く。尚、後に説明するステップ S 0 7 を経るまでの期間においては、式 (1) の θ として、仮の値である初期値が用いられる。また、後に説明するステップ S 0 9 を経るまでの期間においては、式 (1) の θ は 0 とされる。尚、この時点における制振トルクは算出されるだけであり、実際には未だ出力されない。制振トルクが出力されるのは、後述のステップ S 1 0 からである。 20

【 0 0 7 0 】

ステップ S 0 2 に続くステップ S 0 3 では、可動部 3 1 の回転数が、ステップ S 0 1 で設定された目標回転数に到達したか否かが判定される。当該判定は、例えば、信号取得部 1 1 で取得された回転数信号に基づいて行われる。

【 0 0 7 1 】

可動部 3 1 の回転数が目標回転数に未だ到達していない場合には、ステップ S 0 3 の処理が再度繰り返される。可動部 3 1 の回転数が目標回転数にしていた場合には、ステップ S 0 4 に移行する。これと並行して、制御装置 1 0 は、以降における可動部 3 1 の回転数が目標回転数に維持されるように、図 2 を参照しながら説明した処理を実行する。 30

【 0 0 7 2 】

ステップ S 0 4 では、可動部 3 1 の回転数の変動を検出する処理が開始される。具体的には、可動部 3 1 における回転数の変化を、図 5 (B) のように変動する時間変化のグラフとして取得する処理が開始される。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 0 4 に続くステップ S 0 5 では、位相のずれを算出する処理が行われる。ここでいう「位相のずれ」とは、図 5 (D) の t_1 や t_2 等で示されるような、ピストンが上死点に到達するタイミングと、制振トルクの値が最小となるタイミングと、の差分のことである。 40

【 0 0 7 4 】

ステップ S 0 5 に続くステップ S 0 6 では、上記の位相のずれが許容範囲内であるか否かが判定される。具体的には、ステップ S 0 5 で算出された位相のずれの絶対値が、所定の閾値以下となっている場合には、位相のずれが許容範囲内であると判定される。それ以外の場合には、位相のずれが許容範囲を超えていると判定される。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 0 6 において、位相のずれが許容範囲を超えていると判定された場合には、ステップ S 0 7 に移行する。ステップ S 0 7 では、制振トルクの位相を補正する処理が行 50

われる。当該処理はトルク算出部 12 によって行われる。ここでは、図 6 を参照しながら先に説明した方法により、式 (1) における θ の値が更新される。その後、ステップ S 05 以降の処理が再度実行される。

【0076】

ステップ S 06 において、位相のずれが許容範囲内であると判定された場合には、ステップ S 08 に移行する。ステップ S 08 では、角度情報を取得する処理が情報取得部 14 により行われる。ステップ S 08 に続くステップ S 09 では、トルク算出部 12 により、角度情報に基づいて θ の値が設定される。以降においては、式 (1) で算出される制振トルクの位相が、 θ を用いて補正されることとなる。

【0077】

ステップ S 09 の処理が完了した時点では、可動部 31 の回転数は概ね目標回転数に維持されており、且つ、制振トルクの値が最小となるタイミングと、ピストンが上死点に到達するタイミングと、 θ が互いに一致した状態となっている。つまり、制振トルクが適切に準備された状態となっている。

【0078】

ステップ S 09 に続くステップ S 10 では、内燃機関 20 における点火が開始され、これにより内燃機関 20 の動作が開始される。当該処理は、内燃機関 20 の処理を司る制御装置 (エンジン ECU) が、制御装置 10 との連携によりタイミングを計りながら行う。

【0079】

内燃機関 20 における点火が開始されると、制御装置 10 は、これとほぼ同時に、制振トルクを、回転電機 30 から出力されるトルク (つまり可動部 31 のトルク) に重畳させ始める。これにより、内燃機関 20 の動作が開始された当初から、適切な制振トルクが回転電機 30 から出力されるので、内燃機関 20 の回転数変動を抑制することができる。制振トルクが出力され始めるタイミングは、内燃機関 20 における点火が行われるタイミングと同時であることが好ましいが、内燃機関 20 における点火が行われた僅かに後のタイミングであってもよい。

【0080】

以上のように、本実施形態に係る制御装置 10 では、トルク算出部 12 が、回転電機 30 による内燃機関 20 のクランキングが行われているとき (図 4 における時刻 t_2 よりも前のとき) に、信号取得部 11 によって取得される回転数信号に基づいて制振トルクを算出する。また、制御装置 10 のトルク調整部 13 は、内燃機関 20 が始動されるタイミング (図 4 における時刻 t_2 のタイミング) で、制振トルクを、可動部 31 のトルクに重畳させ始める。これにより、制御装置間の通信に依存することなく、内燃機関 20 の回転数変動を抑制する制御を安定的に行うことができる。また、制振トルクは、回転数信号に基づいてリアルタイムに補正されるので、駆動軸 21 や可動部 31 の回転数が変化した場合であっても、内燃機関 20 の回転数変動を確実に抑制することができる。

【0081】

トルク算出部 12 は、図 5 (B) に示されるような回転数信号の波形と同期した波形となるように、図 5 (D) の制振トルクを算出する。具体的には、回転数信号の波形と制振トルクの波形との間における位相のずれ (θ 等) が 0 に近づくように、トルク算出部 12 が制振トルクを算出する。これにより、算出される制振トルクの波形は、内燃機関 20 の回転数変動を抑制するための適切な波形となる。尚、上記における「同期した波形」とは、回転数信号の波形 (図 5 (B)) が最大値又は最小値になる周期と、制振トルクの波形 (図 5 (D)) が最大値又は最小値になる周期と、 θ が互いに一致することを意味する。

【0082】

図 6 を参照しながら説明したように、トルク算出部 12 は、正規化された回転数信号の値 (図 6 の線 L 21) と、正規化された制振トルクの値 (図 6 の線 L 22) と、に基づいて θ を設定し、当該 θ を用いて制振トルクの位相を補正する。このような方法により、回転数信号の波形と制振トルクの波形との間における位相のずれを、比較的容易な演算で 0

10

20

30

40

50

に近づけることができる。

【 0 0 8 3 】

図 7 のステップ S 0 9 において、トルク算出部 1 2 は、角度情報に基づいて制振トルクの位相を補正する。これにより、内燃機関 2 0 における気筒の内圧が最大になるタイミングと、制振トルクの値が最小になるタイミングと、をより正確に一致させることができる。

【 0 0 8 4 】

本実施形態では、本実施形態では、内燃機関 2 0 の駆動軸 2 1 と、回転電機 3 0 の可動部 3 1 とが、例えばボルト等を用いて直接的に連結されている。つまり、可動部 3 1 が駆動軸 2 1 に対して固定されている。このような構成においては、駆動軸 2 1 の回転数が可動部 3 1 の回転数と一致するので、回転数信号に基づいて適切な制振トルクを算出することが可能となる。ただし、駆動軸 2 1 と可動部 3 1 との間に、ギヤやダンパー等が介在している構成においても、本実施形態と同様の方法で制振トルクを算出することは可能である。

10

【 0 0 8 5 】

制御装置 1 0 の制御対象は、内燃機関 2 0 と回転電機 3 0 とが互いに連結された構成の装置であればよく、本実施形態のような発電機 P G とは異なる装置であってもよい。例えば、内燃機関 2 0 が、車両の駆動力を生じさせるためのものであり、回転電機 3 0 が、内燃機関 2 0 の回転数の変動を抑制するための専用の装置として設けられた装置であってもよい。このような装置においても、制御装置 1 0 が本実施形態の同様の制御を行うことで、内燃機関 2 0 の動作時における振動を抑制することができる。

20

【 0 0 8 6 】

以上、具体例を参照しつつ本実施形態について説明した。しかし、本開示はこれらの具体例に限定されるものではない。これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、条件、形状などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。前述した各具体例が備える各要素は、技術的な矛盾が生じない限り、適宜組み合わせを変えることができる。

【 0 0 8 7 】

本開示に記載の制御装置及び制御方法は、コンピュータプログラムにより具体化された 1 つ又は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された 1 つ又は複数の専用コンピュータにより、実現されてもよい。本開示に記載の制御装置及び制御方法は、1 つ又は複数の専用ハードウェア論理回路を含むプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。本開示に記載の制御装置及び制御方法は、1 つ又は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと 1 つ又は複数のハードウェア論理回路を含むプロセッサとの組み合わせにより構成された 1 つ又は複数の専用コンピュータにより、実現されてもよい。コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。専用ハードウェア論理回路及びハードウェア論理回路は、複数の論理回路を含むデジタル回路、又はアナログ回路により実現されてもよい。

30

40

【 符号の説明 】

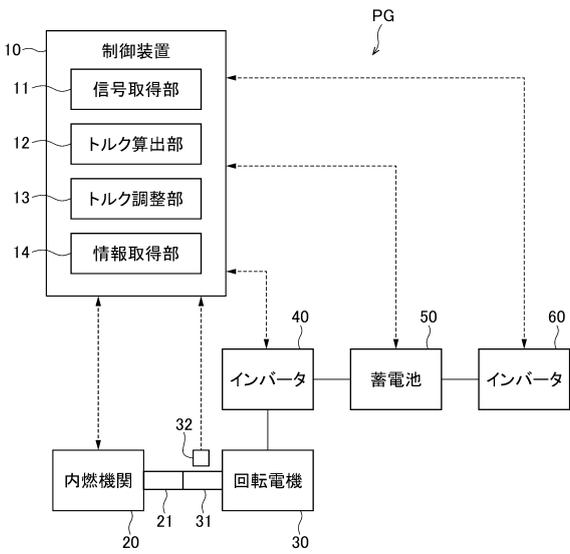
【 0 0 8 8 】

- 1 0 : 制御装置
- 1 1 : 信号取得部
- 1 2 : トルク算出部
- 2 0 : 内燃機関
- 2 1 : 駆動軸
- 3 0 : 回転電機
- 3 1 : 可動部

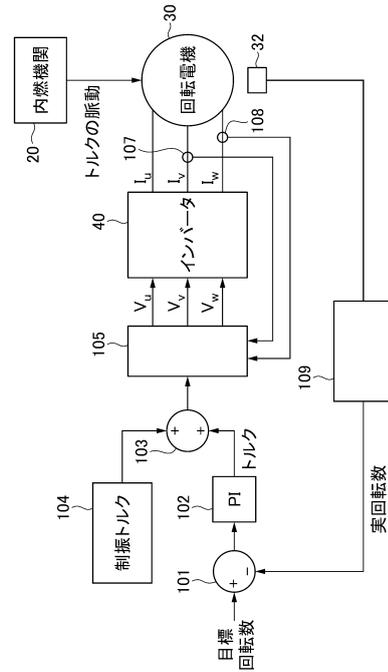
50

【 図 面 】

【 図 1 】



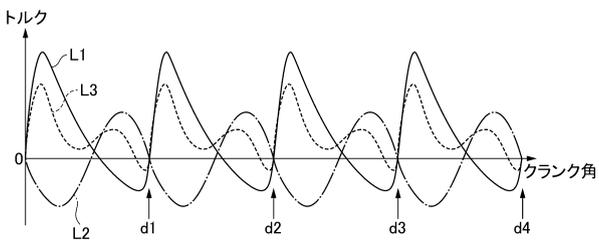
【 図 2 】



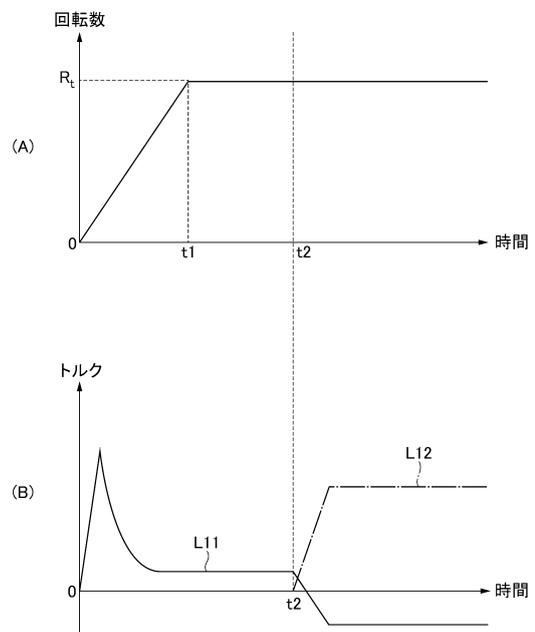
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

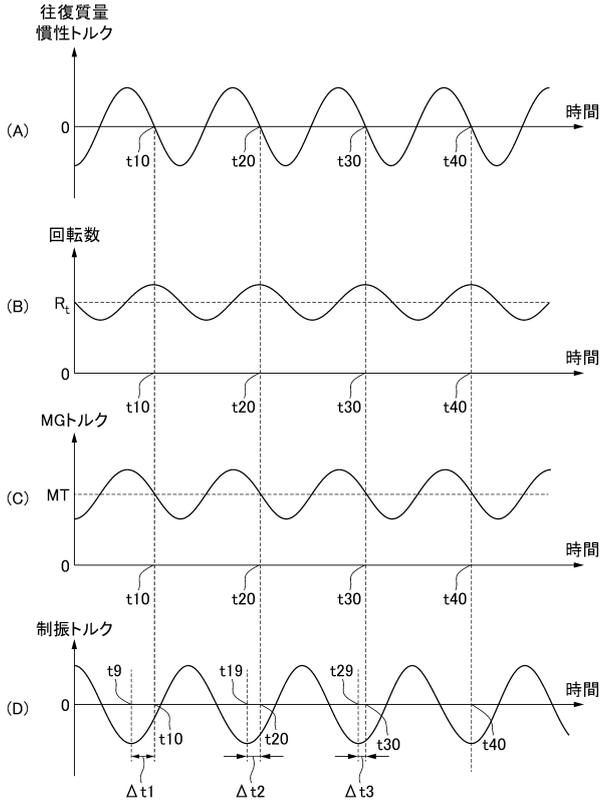


30

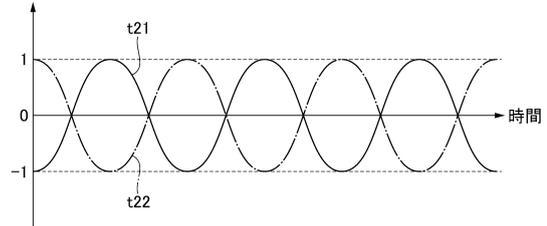
40

50

【 図 5 】



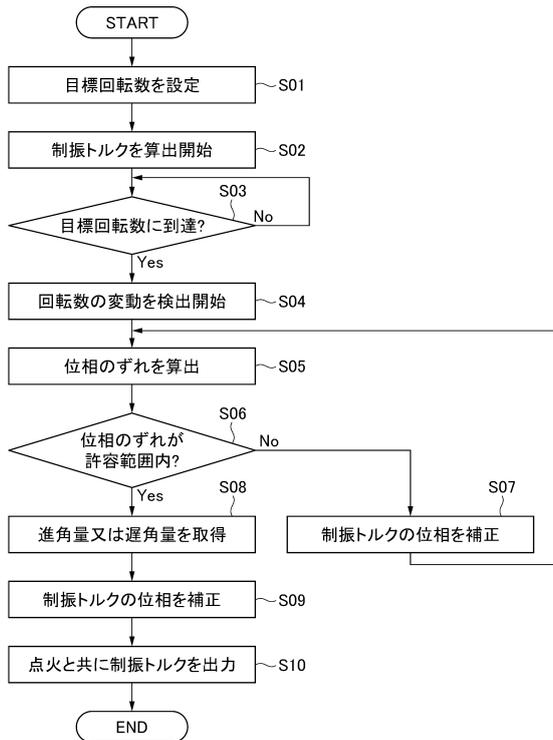
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
F 0 2 N 11/08 (2006.01)	F 0 2 N 11/08	V
H 0 2 P 101/45 (2015.01)	H 0 2 P 101:45	
H 0 2 P 101/25 (2015.01)	H 0 2 P 101:25	
(72)発明者 半田 祐一 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内		
(72)発明者 天川 雅貴 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内		
(72)発明者 河合 恵介 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内		
F ターム (参考)	3D202 AA07 BB12 CC42 DD16 DD26 5H590 AA06 CA07 CA23 CC24 CD01 CD03 CE05 EB21 FA08 FB07 HA04 HA27 HA28 JA02 JA12 JA13 JB02	