

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3671793号  
(P3671793)

(45) 発行日 平成17年7月13日(2005.7.13)

(24) 登録日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F O 2 D 13/02

F O 1 L 9/04

F I

F O 2 D 13/02

F O 1 L 9/04

G

A

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-13222 (P2000-13222)  
 (22) 出願日 平成12年1月21日(2000.1.21)  
 (65) 公開番号 特開2001-207875 (P2001-207875A)  
 (43) 公開日 平成13年8月3日(2001.8.3)  
 審査請求日 平成14年12月25日(2002.12.25)

(73) 特許権者 000003997  
 日産自動車株式会社  
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地  
 (74) 代理人 100078330  
 弁理士 笹島 富二雄  
 (72) 発明者 鳥海 真樹  
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
 自動車株式会社内

審査官 久島 弘太郎

(56) 参考文献 特開平10-205314 (JP, A)  
 特開平10-220622 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁駆動弁の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンの吸・排気弁に用いられ、電磁石と、該電磁石によりスプリングの反力に抗して駆動される可動子及び該可動子に連係して駆動される弁体を備え、前記可動子の位置を検出しつつ前記電磁石を通電制御する電磁駆動弁の制御装置であって、  
 前記可動子を前記電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御と、前記可動子を前記電磁石に着座させる制御とを、エンジン運転状態に応じて切り換えることを特徴とする電磁駆動弁の制御装置。

【請求項2】

前記可動子を前記電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御は、前記可動子を前記電磁石に相対的に離れた位置で一旦停止させた後、最終的に前記電磁石に相対的に近い位置に停止させる2段制御と、1つの最終位置のみで停止させる制御とを、エンジン運転状態に応じて切り換えることを特徴とする請求項1に記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項3】

エンジンの吸・排気弁に用いられ、電磁石と、該電磁石によりスプリングの反力に抗して駆動される可動子及び該可動子に連係して駆動される弁体を備え、前記可動子の位置を検出しつつ前記電磁石に着座する直前の位置で停止させるように通電制御する電磁駆動弁の制御装置であって、

前記可動子を前記電磁石に相対的に離れた位置で一旦停止させた後、最終的に前記電磁石に相対的に近い位置に停止させる2段制御と、1つの最終位置のみで停止させる制御とを

10

20

、エンジン運転状態に応じて切り換えることを特徴とする電磁駆動弁の制御装置。

【請求項 4】

前記弁体と前記可動子とは、別体で構成され、閉弁時には、弁体が閉弁位置に着座した後、可動子が弁体から切り離されてさらに電磁石に近づけられるように制御されることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれか一つに記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項 5】

前記各制御は、エンジンの回転速度、負荷の少なくとも一方に基づいて切り換えられることを特徴とする請求項 1～請求項 4 のいずれか一つに電磁駆動弁の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、電磁駆動弁の制御装置に関し、特に、可動子の位置に応じた通電制御を行う電磁駆動弁の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

車両用エンジンの吸排気弁の駆動方式において、従来のカムにより弁体を駆動するカム駆動方式に代えて、電磁力により弁体を駆動する電磁駆動弁が提案されている。この電磁駆動弁によれば、弁体駆動用のカム機構が不要となることに加えて、エンジンの動作状態に応じて吸排気弁の開閉時期を容易に最適化することができ、エンジンの出力向上及び燃費の向上を図ることができる。

20

【0003】

このような電磁駆動弁の従来技術としては、特開平 10 - 205314 号公報記載の「ガス交換弁の電磁弁駆動部を制御する方法」（以下、第 1 従来技術）、特開平 10 - 220622 号公報記載の「幅の狭い構造の電磁式アクチュエータ」（以下、第 2 従来技術）が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

一般に電磁駆動弁では、弁体もしくは可動子（可動部）の一部が閉弁時および最大開弁時に電磁石と着座する。そのため着座時の衝突音が発生する。

【0005】

30

このため第 1 従来技術、第 2 従来技術では電磁石の形状を変え、可動部と電磁石とが接触しない位置で磁力が最大となり、可動部が電磁石に着座する前に停止保持される電磁駆動弁が開示されている。

【0006】

しかしながら、可動部を電磁石に着座する前に停止保持するには、着座させる場合と比較して、大きな磁力を発生させることが必要であり、消費電力が増大するという問題点がある。本願出願人は、前記第 1 従来技術、第 2 従来技術に比較して、可動部を電磁石に着座する前に停止保持する方式で、消費電力を節減できる構成としたものを先に提案したが（特願平 10 - 359591 号）、それでも、電磁石に着座させる場合と比較すると消費電力が増大する。

40

【0007】

本発明は、このような従来の課題に鑑みなされたもので、衝突音による影響を回避しつつ可及的に消費電力を節減できるようにした電磁駆動弁の制御装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

このため請求項 1 に係る発明は、

エンジンの吸・排気弁に用いられ、電磁石と、該電磁石によりスプリングの反力に抗して駆動される可動子及び該可動子に連係して駆動される弁体を備え、前記可動子の位置を検出しつつ前記電磁石を通電制御する電磁駆動弁の制御装置であって、

50

前記可動子を前記電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御と、前記可動子を前記電磁石に着座させる制御とを、エンジン運転状態に応じて切り換えることを特徴とする。

【0009】

請求項1に係る発明によると、

エンジン運転状態に応じて、可動子を電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御と、前記可動子を前記電磁石に着座させる制御とが、切り換えられる。

【0010】

これにより、可動子の電磁石に着座する際の衝突音が問題となる運転状態では、可動子を電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御が実行され、消費電力の節減が重視される運転状態では、可動子を前記電磁石に着座させる制御が実行されて、エンジンの静粛性と運転性能とを両立できる。

10

【0011】

また、請求項2に係る発明は、

前記可動子を前記電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御は、前記可動子を前記電磁石に相対的に離れた位置で一旦停止させた後、最終的に前記電磁石に相対的に近い位置に停止させる2段階制御と、1つの最終位置のみで停止させる制御とを、エンジン運転状態に応じて切り換えることを特徴とする。

【0012】

請求項2に係る発明によると、

可動子を電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御を行なうエンジン運転状態において、さらに、可動子の停止位置を2段階とする制御と、1つの最終位置のみで停止させる制御とが、エンジン運転状態に応じて切り換えられる。

20

【0013】

これにより、エンジン運転状態に応じて、静粛性、応答性などから最も重視すべき条件を満たすように制御を切り換えることができる。

また、請求項3に係る発明は、

エンジンの吸・排気弁に用いられ、電磁石と、該電磁石によりスプリングの反力に抗して駆動される可動子及び該可動子に連係して駆動される弁体を備え、前記可動子の位置を検出しつつ前記電磁石に着座する直前の位置で停止させるように通電制御する電磁駆動弁の制御装置であって、

30

前記可動子を前記電磁石に相対的に離れた位置で一旦停止させた後、最終的に前記電磁石に相対的に近い位置に停止させる2段階制御と、1つの最終位置のみで停止させる制御とを、エンジン運転状態に応じて切り換えることを特徴とする。

【0014】

請求項3に係る発明によると、

エンジン運転状態に応じて、可動子の停止位置を2段階とする制御と、1つの最終位置のみで停止させる制御とが、切り換えられる。

【0015】

これにより、可動子を電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御を行なうことで、静粛性を確保しつつ、さらにエンジン運転状態に応じて、静粛性、応答性などから最も重視すべき条件を、より高めることができるように制御を切り換えることができる。

40

【0016】

また、請求項4に係る発明は、

前記弁体と前記可動子とは、別体で構成され、閉弁時には、弁体が閉弁位置に着座した後、可動子が弁体から切り離されてさらに電磁石に近づけられるように制御されることを特徴とする。

【0017】

請求項4に係る発明によると、

閉弁時に、始めは弁体と可動子とが一体に連動し、弁体が閉弁位置に着座した後は、可動子が弁体から切り離されてさらに電磁石に近づけられるように制御される。

50

## 【 0 0 1 8 】

これにより、吸・排気弁の閉弁シール性を確保できると共に、可動子がさらに電磁石に近づけられるように制御されることで、消費電力を節減できる。

また、請求項 5 に係る発明は、

前記各制御は、エンジンの回転速度、負荷の少なくとも一方に基づいて切り換えられることを特徴とする。

## 【 0 0 1 9 】

請求項 5 に係る発明によると、

前記可動子を電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御と前記可動子を前記電磁石に着座させる制御、また、可動子の停止位置を 2 段階とする制御と 1 つの最終位置のみで停止させる制御などが、エンジンの回転速度、負荷の少なくとも一方に基づいて切り換えられる。

10

## 【 0 0 2 0 】

これにより、エンジンの回転速度や負荷により、例えば、アイドル運転時は、可動子の着座音が問題になるので静粛性を重視した可動子を電磁石に着座する直前の位置で停止させる制御、さらには可動子の停止位置を 2 段階とする制御を選択し、高出力領域では他の音に隠れて着座音があまり問題にならず、一方消費電力の増大による出力低下、開弁時はバルブリフト量に低下による出力低下や応答性低下なども問題となるので、可動子を着座させる制御を選択するなど、最適な制御に切り換えることができる。

## 【 0 0 2 1 】

20

## 【 発明の実施形態 】

次に図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

図 1 は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置を車両用エンジンに適用した全体構成を示す図である。

## 【 0 0 2 2 】

同図に示すように、エンジンのシリンダ 5 1 の上部に固定されたシリンダヘッド 5 2 には、吸気弁または排気弁となる弁体 5 4 ( 図 2 では単一の弁のみを示す ) が設けられている。弁体 5 4 の上方に伸延する弁軸 5 4 a の上部には、スプリングリテーナ 5 5 が固定され、該スプリングリテーナ 5 5 とシリンダヘッド 5 2 との間には弁体 5 4 を閉弁側に付勢するコイルスプリング 5 6 が設けられている。

30

## 【 0 0 2 3 】

またシリンダヘッド 5 2 の上部には電磁駆動弁のケースとなるハウジング 6 0 が立設されている。該ハウジング 6 0 の内部には、閉弁側電磁石 1 1 と、開弁側電磁石 1 2 とが所定の間隔をあけて上下に対向する位置に固定されている。これら閉弁側電磁石 1 1 と開弁側電磁石 1 2 との間には、軟磁性体の可動子 ( アーマチュア ) 5 7 が可動子軸部材 5 7 a により上下に滑動可能に支持されている。

## 【 0 0 2 4 】

閉弁側電磁石 1 1 より上方の位置には、可動子軸部材 5 7 a にスプリングリテーナ 5 8 が固定され、ハウジング 6 0 の頂壁内面とスプリングリテーナ 5 8 との間には、可動子 5 7 を開弁側に付勢するコイルスプリング 5 9 が設けられている。

40

## 【 0 0 2 5 】

またハウジング 6 0 の頂壁には、前記弁体 5 4 と可動子 5 7 とで構成される可動部の速度を検出し速度信号を出力する可動部速度センサ 2、可動部の位置を検出し位置信号を出力する可動部位置センサ 3 が設けられ、これら速度信号及び位置信号は、電磁駆動弁の制御装置 1 に出力される。

## 【 0 0 2 6 】

さらに制御装置 1 は、エンジン制御 E C U 8 から開弁指令 / 閉弁指令が伝達され、制御装置 1 は閉弁側電磁石電流制御部 9 及び開弁側電磁石電流制御部 1 0 に対して電流目標値を出力するようになっている。

## 【 0 0 2 7 】

50

閉弁側電磁石電流制御部 9 及び開弁側電磁石電流制御部 10 は、それぞれ入力された電流目標値に応じた P W M 制御により電源部 13 から各電磁石 11, 12 へ電流を供給することにより電磁力を制御できるようになっている。

【0028】

次に、電磁駆動弁および電磁駆動弁の制御装置の動作の概要を説明する。

可動子 57 はコイルスプリング 56, 59 に懸吊されており、閉弁側電磁石 11 および開弁側電磁石 12 が通電していないとき、閉弁側電磁石 11 と開弁側電磁石 12 の概略中央に位置するように、それぞれのコイルスプリング 56, 59 の寸法及びバネ定数が設定されている。

【0029】

ここで、コイルスプリング 56, 59 と、弁 54 及び可動子 57 を含む可動部とで構成されるバネ・マス系の固有振動数  $f_0$  は、合成バネ定数を  $K$ 、合計慣性質量を  $m$  とすると、 $f_0 = 2\pi\sqrt{(K/m)}$  であることが知られている。

【0030】

さてエンジン始動前の初期動作において、上記固有振動数  $f_0$  に対応する周期で閉弁側電磁石 11 と開弁側電磁石 12 に交互に通電する。そして、可動部を共振させることにより徐々に可動部の振幅を増大させ、初期動作の最終段階で、閉弁又は開弁状態に維持される。

【0031】

次に、エンジンの始動時または通常の稼働時には、例えば開弁時はまず閉弁側電磁石 11 の電流が切られ、可動部はコイルスプリングのバネ力により下方に移動を開始する。摩擦力などによるエネルギー損失のため、バネ力だけで弁全開位置まで可動子 57 を移動させることはできない。そこで、可動子 57 が開弁側電磁石 12 に十分近づき、電磁力が有効となる位置で開弁側電磁石 12 が通電され、可動子 57 の運動を助勢する。

【0032】

このとき制御装置 1 は可動部位置センサ 3 及び可動部速度センサ 2 から、可動子 57 の位置及び速度を入力し、可動部の速度が速度目標値を追従するように開弁側電磁石電流制御部 10 に指令値を発する。制御装置の指令値に応じて開弁側電磁石 12 の電流が制御された結果（開弁側電磁石 12 の電磁力が制御された結果）、可動子 57 と開弁側電磁石 12 は所定の速度以下（例えば  $0.1 [m/s]$  以下）で当接し、そこで可動部が停止する。もしくは、開弁側電磁石 12 と可動子 57 とのギャップが例えば数百マイクロンになる位置で可動部の速度が 0 となって停止するように制御される。後に、詳述するように、上記可動子が電磁石に着座する制御と電磁石に着座する直前で停止する制御が、エンジンの運転状態に基づいて切り換えられる。

【0033】

閉弁時は開弁側電磁石 12 の電流は切られる。可動子 57 と弁 54 はコイルスプリング 59 およびコイルスプリング 56 の力により上方へ移動するが、摩擦力などによるエネルギー損失のため、バネ力だけで閉弁位置まで可動子 57 を移動させることはできない。そこで、可動子 57 が閉弁側電磁石 11 に十分近づき、電磁力が有効となる位置で閉弁側電磁石 11 が通電され、可動子 57 の運動を助勢する。まず、弁が閉位置となり、一体化して移動していた弁と可動子 57 が分離する。可動子 57 は電磁力に助勢されてそのまま閉弁側電磁石 11 に接近する。制御装置は弁 54 と弁座 52 a とが激突（大きな速度での衝突）することがないように可動部位置センサ 3 もしくは可動部速度センサ 2 が可動部の運動を検出し、閉弁側電磁石電流制御部 9 により閉弁側電磁石 11 の電流を調節する。

【0034】

このとき弁体と弁座 52 a とが当接する速度は、例えば  $0.1 [m/s]$  以下になるよう可動部の速度が制御される。また、可動子 57 と閉弁側電磁石 11 は所定の速度以下（例えば  $0.1 [m/s]$  以下）で当接して停止し、もしくは、閉弁側電磁石 11 と可動子 57 のギャップが例えば数百マイクロンになる位置で可動子 57 の速度が 0 となって停止するように制御される。そして、後に詳述するように、上記可動子が電磁石に着座する制御と

10

20

30

40

50

電磁石に着座する直前で停止する制御、さらには、可動子の停止位置を２段階とする制御と１つの最終位置のみで停止させる制御とが、エンジンの運転状態に基づいて切り換えられる。

【００３５】

図２は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第１実施形態の構成を示すブロック図である。

同図において、制御装置１は、前記可動部位置センサ３が出力する位置信号に基づいて可動部の速度目標値を生成する速度目標値生成部４と、前記可動部速度センサ２が出力する速度信号と速度目標値とを比較する比較部５と、該比較部５の比較結果に応じて前記閉弁側電磁石１１または開弁側電磁石１２に通電すべき電流目標値を生成する電流目標値生成部６と、該生成された電流目標値を前記閉弁側電磁石電流制御部９または開弁側電磁石電流制御部１０のいずれに供給するかを切り換える切替器７とを備えている。

10

【００３６】

以下、各部の機能を詳細に説明する。速度目標値生成部４は、速度目標値  $r$  を、

【００３７】

【数１】

$$r = \begin{cases} v(t) & (z(t) > z_{s0}) \\ r_1(z) & (z_s \leq z(t) \leq z_{s0}) \\ r_2(z) & (z(t) < z_s) \end{cases} \quad (1)$$

20

【００３８】

に示すように生成する（図３参照）。

ここで  $z$  は可動部位置センサ３の出力から演算される可動子５７と可動子５７を引きつけている電磁石との距離（ギャップ）、 $t$  は時刻、 $v(t)$  は可動部速度センサ２が検出した可動部の速度、または可動部位置センサ３が検出した位置信号の出力から演算される  $z$  の時間微分値である。 $r_1(z)$ 、 $r_2(z)$  はギャップ  $z$  の関数として与えられる速度目標関数であり、これら速度目標関数が、本発明における可動部の複数の運動特性目標値に相当する。そして、第１の速度目標関数  $r_1(z)$  は、ギャップ  $z$  が次第に小さくなり第１の所定値  $z_{s0}$  になった時点  $t_{s0}$  つまり電磁石への通電制御が開始される時点で選択され、ギャップ  $z$  が更に減少して第２の所定値  $z_s$  になった時点で第２の速度目標関数  $r_2(z)$  が選択されて切り換えられる。前記第１の所定値  $z_{s0}$  はギャップ  $z$  が小さくなり電磁力が有効になるギャップ長を基準に選ばれ、実際には１～３[mm]程度である。

30

【００３９】

これら第１の速度目標関数  $r_1(z)$  及び第２の速度目標関数  $r_2(z)$  は次の条件を満たすように決定される。以下では、 $z$ 、 $t$  の関数における  $(z)$ 、 $(t)$  を省略する。

【００４０】

40

【数２】

$$r_1 = -\frac{\omega^2}{s + 2\zeta\omega}(z - z_e) + r_e \quad (2)$$

$$r_2 = -c_1(z - z_e) + r_e \quad (3)$$

式(3)において、

$$c_1 = \frac{r_s - r_e}{(z_s - z_e)} \quad (4)$$

10

#### 【0041】

と選ぶと、速度目標関数の切り換え点において、速度目標値を連続にすることができる。ここで、 $s$ はラプラス演算子、 $z_s$ は速度目標値を切り換える位置（設計者が与える所定値）、 $z_e$ は可動子の制御目標位置（設計者が与える所定値）、 $r_s$ は速度目標値を切り換える直前の速度目標値、 $\zeta, \omega$ は、設計者が適当に選ぶ定数である。

#### 【0042】

第1の速度目標関数 $r_1$ は、着座までの時間を短くすることを主眼に設定された、応答の速い2次振動系の応答に基づいて設定された速度目標値であり、 $\zeta$ は、0.7付近、 $\omega$ は $[(m_1 + m_2) / (k_1 + k_2)]^{1/2}$ 程度の値に選ぶ。ここで、 $m_1, m_2$ はそれぞれ可動子と弁の質量、 $k_1, k_2$ はそれぞれコイルスプリング59およびコイルスプリング56のバネ定数である。

20

#### 【0043】

一方、第2の速度目標関数 $r_2$ は、着座の速度を小さくすることを主眼に選ばれる。既述のように、式(3),(4)のように選ぶと、速度目標値は $z_s$ の位置で滑らかに接続される。式(3)を用いると、 $r_2$ は1次応答を元に設定されるので、可動部位置はオーバーシュートせず、漸近的に目標位置に収束するので、着座の衝撃を小さくすることができる。

#### 【0044】

また、第2の速度目標関数 $r_2$ は、

30

#### 【0045】

#### 【数3】

$$r_2 = \frac{\omega^2}{s + 2\zeta_2\omega}(z - z_e) + r_e \quad (5)$$

40

#### 【0046】

とし、振動の減衰度を決定する定数 $\zeta_2$ を1より大きくした非振動的な2次応答特性を有した関数を用いてもよい。

以上のようにして設定された速度目標値 $r$ は、可動部速度センサ2によって検出された実際の可動部速度 $v (= dz / dt)$ と比較部4により比較され、比較信号 $(v - r)$ が電流目標値生成部6に出力される。電流目標値生成部6では、電流目標値 $i(t)$ を、次に示す式(6)のように生成する。

#### 【0047】

#### 【数4】

$$i(t) = \begin{cases} -k (v - r) & (r > v) \\ 0 & (r \leq v) \end{cases} \quad (6)$$

10

## 【0048】

ここで、 $k$  は適当に決める正の定数（フィードバックゲイン）である。なお、 $z > z_{s0}$  の区間では  $r = v$ （ $= dz / dt$ ）であるから通電による速度制御は発生しない。

## 【0049】

この電流目標値を電磁石の通電電流として、切替器 7 を介して閉弁側電磁石電流制御部 9 または開弁側電磁石電流制御部 10 に伝達される。ここで、切替器 7 は、エンジン制御 ECU 8 より開弁指令または閉弁指令を入力し、開弁指令であれば開弁側電磁石電流制御部 10、閉弁指令であれば閉弁側電磁石電流制御部 9 をそれぞれ選択し、選択された側に電流目標値生成部 6 が生成する電流目標値を出力する。そして、閉弁側電磁石電流制御部 9 または開弁側電磁石電流制御部 10 が PWM 制御により電源部 13 から供給される電流の ON/OFF 比を制御することにより通電電流の大きさが制御され、結果として可動子に作用する電磁力が制御され、可動部の速度が制御される。

20

## 【0050】

ここで、本発明では、前記第 2 の速度目標関数  $r_2$  における制御目標位置  $z_e$  をエンジン運転状態に基づいて切り換えることで、可動子が電磁石に着座する制御（以下着座制御という）と電磁石に着座する直前で停止する制御（以下宙吊り制御という）、さらには、可動子の停止位置を 2 段階とする制御（以下 2 段階宙吊り制御という）と 1 つの最終位置のみで停止させる制御（以下 1 段階宙吊り制御という）とを切り換える。

## 【0051】

図 4 は、前記切替制御の第 1 の実施例のフローチャートを示す。

30

ステップ（図では S と記す。以下同様）1 では、エンジン回転速度を検出する。

## 【0052】

ステップ 2 では、検出されたエンジン回転速度  $N_e$  が所定回転速度  $N_0$  未満の低速域であるか否かを判定し、該低速域と判定されたときは、ステップ 3 へ進んで宙吊り制御（1 段階宙吊り制御）を選択する。

## 【0053】

ステップ 4 では、前記可動子 57 の制御目標位置  $z_e$ （宙吊り目標位置  $H_0$ ）を、電磁石（開弁時は開弁側電磁石 12、閉弁時は閉弁側電磁石 11）に着座する直前の位置に設定する。

## 【0054】

40

ステップ 5 では、前記設定された制御目標位置  $z_e$  となるように、宙吊り制御（1 段階宙吊り制御）を開始する。

一方、ステップ 2 で、エンジン回転速度  $N_e$  が所定回転速度  $N_0$  以上の中高速域と判定された場合は、ステップ 6 へ進んで可動子 57 を電磁石（開弁時は開弁側電磁石 12、閉弁時は閉弁側電磁石 11）に着座する着座制御を選択し、ステップ 7 で該着座制御を開始する。該着座制御は、前記可動子 57 の制御目標位置  $z_e$  を電磁石に着座停止する位置つまり  $z_e = 0$  に設定し、該着座停止位置での速度目標値  $v$  を正の所定値（例えば  $0.1 [m/s]$  以下）に設定することで制御する。

## 【0055】

このようにすれば、エンジンの低速域では、エンジンの燃焼騒音などが小さいため、着座

50

制御を行なうと可動子の着座音が騒音に占める比率が大きくなって耳障りとなるが、該低速域で宙吊り制御を行なうことによって、該着座音の発生を防止することができ、快適な乗車環境が得られる。

#### 【0056】

また、エンジンの中高速域では、エンジンの燃焼騒音が増大するため、可動子の着座音が騒音に占める比率が小さくなって気にならなくなる一方、宙吊り制御を行なうと消費電力が増大して出力低下により運転性能に影響してくるが、該中高速域で、着座制御を行なうことによって、運転性能を確保することができる。

#### 【0057】

図5は、前記低速域で実行される1段宙吊り制御時の可動子位置の変化を示し、図6は、前記中高速域で実行される着座制御時の可動子位置の変化の様子を示す。

10

#### 【0058】

図7は、前記切換制御の第2の実施例のフローチャートを示し、エンジン回転速度 $N_e$ の代わりにエンジンの負荷 $L$ (燃料噴射量、吸入空気量、スロットル弁開度など)に基づいて切換制御を行なうものであり、所定の負荷 $L_0$ 未満の低負荷域で1段宙吊り制御を行ない(ステップ11~ステップ15)、 $L_0$ 以上の中高負荷域で着座制御を行なう(ステップ16,ステップ17)。負荷についても回転速度と同様に負荷が小さい時は可動子の着座音が耳障りとなり、負荷が大きくなるほど可動子の着座音の影響が小さくなる一方、消費電力による出力低下の影響が大きくなるので、作用・効果は第1の実施例と略同様である。

20

#### 【0059】

図8は、前記切換制御の第3の実施例のフローチャートを示し、エンジンの回転速度 $N_e$ と負荷 $L$ とからマップ(図9参照)により検索される運転領域に基づいて切換制御を行なうものであり、低速・低負荷領域で宙吊り制御(1段宙吊り制御)を行ない(ステップ21~ステップ26)、中高速・中高負荷領域で着座制御を行なう(ステップ27,ステップ28)。作用・効果は第1、第2の実施例と略同様である。

#### 【0060】

次に、前記1段宙吊り制御と2段宙吊り制御とをエンジン運転状態に応じて切換制御する発明について説明する。但し、本実施の形態では、本発明を閉弁時の制御についてのみ適用し、開弁時については、前記第1の発明における各実施例のいずれか、又は、全運転領域にわたって1段宙吊り制御か、2段宙吊り制御のいずれかを実行する。

30

#### 【0061】

図10は、同上発明の第1の実施例のフローチャートを示し、エンジン回転速度 $N_e$ が所定回転速度 $N_0$ 未満の低速域で2段宙吊り制御を行ない(ステップ31~ステップ36)、所定回転速度 $N_0$ 以上の中高速域で1段宙吊り制御を行なうようにしたものである(ステップ37~ステップ39)。1段宙吊り制御の制御内容については、前記図4,図5で説明した通りである。2段宙吊り制御について説明すると、前記第2の速度目標関数 $r_2$ における制御目標位置 $z_e$ を、第1の停止位置 $z_{e1}$ (ステップ34の第1目標宙吊り位置 $H_1$ )第2の停止位置 $z_{e2}$ (ステップ35の第2目標宙吊り位置 $H_2$ )とに切り換える。例えば、第1の停止位置 $z_{e1}$ のときの速度目標値を $r_{e1}$ 、第2の制御目標位置を $z_{e2}$ のときの速度目標値を $r_{e2}$ とし、 $z_{e1} = 0.3[\text{mm}]$   $r_{e1} = 0 [\text{m/s}]$ 、 $z_{e2} = 0.1[\text{mm}]$   $r_{e2} = 0 [\text{m/s}]$ と設定する。

40

#### 【0062】

なお、制御目標位置の切り換えについては、センサで検出された可動子の位置及び速度から、略 $z = z_{e1}$ 、 $v = r_{e1}$ となったときに、制御目標位置を $z = z_{e2}$ に切り換えて設定する。

#### 【0063】

ここで、第1の制御目標位置 $z_{e1}$ は、弁体が閉弁着座した時点の可動子位置近傍(閉弁着座時の位置よりやや電磁石寄り)に設定され、これにより、弁体の閉弁着座時の速度を十分小さくできるので、着座の衝撃を小さくでき、衝突音を軽減できる。また、第2の制御

50

目標位置を  $z_{e2}$  を、第1の制御目標位置  $z_{e1}$  より小さく設定することで、閉弁着座後に弁体から切り離された可動子は、さらに閉弁用電磁石に近づけられた位置で電磁石と非接触に宙吊り状態で停止するように制御される（以下かかる制御を宙吊り制御という）。この場合、電磁吸引力は、電磁石に接近するほど急激に増大する特性を有するので、可動子を電磁石に接近した位置で停止させるほど、通電電流は小さくて済み、消費電力を節減できる。図11は、前記低速域で実行される2段宙吊り制御時の可動子位置の変化を示す。

【0064】

このようにすれば、低速域で前記2段宙吊り制御を行えば、可動子の着座音の発生を防止できると共に、弁体の着座音も極力小さくできるので、1段宙吊り制御を行なう場合に比較して、静粛性をより高めることができる。

10

【0065】

一方、中高速域では、1段宙吊り制御とすることで、閉弁に要する時間を短縮して応答性を確保することができる。

図12は、同上発明の第2の実施例のフローチャートを示し、低負荷域で2段宙吊り制御を行ない（ステップ41～ステップ46）、中高負荷域で1段宙吊り制御を行なう（ステップ47～ステップ49）。作用・効果は図10に示した第1の実施例と略同様である。

【0066】

図13は、同上発明の第3の実施例のフローチャートを示し、エンジンの回転速度  $N_e$  と負荷  $L$  とからマップ（図14参照）により検索される運転領域に基づいて切換制御を行なうものであり、低速・低負荷領域で2段宙吊り制御を行ない（ステップ51～ステップ57）、中高速・中高負荷領域で1段宙吊り制御を行なう（ステップ58～ステップ60）。作用・効果は図10、図12に示した第1、第2の実施例と略同様である。

20

【0067】

次に、前記宙吊り制御と着座制御とをエンジン運転状態に基づいて切り換え、さらに、該宙吊り制御をエンジン運転状態に基づいて1段宙吊り制御と2段宙吊り制御とに切り換える発明について説明する。個々の制御については、既述したとおりである。

【0068】

図15は、同上発明の第1の実施例のフローチャートを示し、エンジン回転速度  $N_e$  のみに基づいて各制御の切り換えを行うようにしたものである。

すなわち、ステップ71でエンジン回転速度  $N_e$  を検出し、ステップ72でエンジン回転速度  $N_e$  が所定値  $N_1$  未満か否かを判定し、所定値  $N_1$  未満のときは、ステップ73でエンジン回転速度  $N_e$  が所定値  $N_2$  ( $< N_1$ ) 未満か否かを判定し、所定値  $N_2$  未満の極低速域（アイドル時など）と判定されたときは、ステップ74～ステップ77へ進んで2段宙吊り制御を行なう。

30

【0069】

また、ステップ73でエンジン回転速度  $N_e$  が所定値  $N_2$  以上つまり  $N_2 \leq N_e < N_1$  の低速域と判定された場合は、ステップ78～ステップ80へ進んで宙吊り制御（1段宙吊り制御）を行なう。

【0070】

また、ステップ72でエンジン回転速度  $N_e$  が所定値  $N_1$  以上の中高速域と判定されたときは、ステップ81、ステップ82へ進んで着座制御を行なう。

40

このようにすれば、静粛性を厳しく要求されるアイドル運転などの極低速域では、2段宙吊り制御を行なって弁体の着座音も極力小さくし、回転速度が増大するにしたがって、応答性及び出力を確保するべく1段宙吊り制御、着座制御へと段階的に切り換えることにより、各速度域により適した制御を行なうことができる。

【0071】

図16は、同上発明の第2の実施例のフローチャートを示し、エンジン負荷  $L$  が所定値  $L_2$  未満の極低負荷域で2段宙吊り制御を行ない（ステップ91～ステップ97）、 $L_2 < L < L_1$  の低負荷域で1段宙吊り制御を行ない（ステップ98～ステップ100）、 $L \geq L_1$  の中高負荷域で着座制御を行う（ステップ101、ステップ102）。作用・効果は

50

図 15 に示した第 1 の実施例と略同様である。

【0072】

図 17 は、同上発明の第 3 の実施例のフローチャートを示し、エンジンの回転速度  $N_e$  と負荷  $L$  とからマップ（図 18 参照）により検索される運転領域に基づいて切換制御を行なうものであり、アイドル運転などの極低速・極負荷領域で 2 段宙吊り制御を行ない（ステップ 110～ステップ 117）、低速・低負荷域で 1 段宙吊り制御を行ない（ステップ 118～ステップ 120）、中高速・中高負荷領域で着座制御を行う（ステップ 121，ステップ 122）。作用・効果は図 15，図 16 に示した第 1，第 2 の実施例と略同様である。

【0073】

なお、本発明の制御は、速度目標関数  $r$  を上記のように 2 段階に切り換えることをせず、1 つの速度目標関数  $r$  のみを持つものにおいても適用できる。  
尚、本実施形態の変形例として、可動部速度センサ 2 に代えて可動部位置センサ 3 の出力信号を時間微分して速度信号を得る微分手段を用いても良いことは、明らかである。

【0074】

図 19 は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第 2 実施形態の構成を説明するブロック図である。本実施形態においては、第 1 実施形態の可動部速度センサ 2 に代えて、閉弁側電磁石 11 または開弁側電磁石 12 に通電される電流値を検出する電磁石電流センサ 16 と、可動子速度推定部（オブザーバ）17 とを備えた制御装置 15 が用いられている。その他の構成は第 1 実施形態と同様である。この電磁石電流センサ 16 は、閉弁側電磁石電流制御部 9 または開弁側電磁石電流制御部 10 の出力電流を直列低抵抗により検出してもよいし、電磁石 11，12 の磁束を検出して電流に換算する形式でもよい。

【0075】

本実施形態の特徴は、可動部の速度を直接検出する代わりに、電磁石電流センサ 16 が検出した電磁石 11，12 の通電電流と、可動部位置センサ 3 が検出した可動部の位置とに基づいて、可動子速度推定部 17 が可動子の速度を推定することである。

【0076】

可動部の質量  $m$ 、可動部に関わるバネ定数  $k$ 、可動部に関わる粘性定数  $c$ 、電磁力を  $F$  とすると、可動部の運動は、

【0077】

【数 5】

$$\begin{aligned} \dot{z} &= A_p z + B_p (f + \gamma) \\ x &= C_p z \\ z &= \begin{bmatrix} \dot{x} \\ x \end{bmatrix}, \quad A_p = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -c/m & -k/m \end{bmatrix}, \quad B_p = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/m \end{bmatrix} \\ C_p &= [0 \quad 1] \\ f &= f(x, i) \end{aligned} \quad (7)$$

【0078】

と表される。

ここで  $f(x, i)$  は磁気回路の形状や材質などにより決まる関数であり、磁場解析などの手段によりあらかじめ知ることができる。 $\gamma$  はバネ力のうち、オフセット荷重成分である。これらの式を元に、可動部の速度は直接可動部速度センサ 2 で検出する代わりに、位置  $x$  と電流  $i$  から以下の式を用いる可動子速度推定部 17 で推定することができる。

【0079】

【数 6】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}\dot{y} &= A y + H (x - C y) + B f (x, i) \\ \dot{\hat{x}} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} y \\ A &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ B_p & A_p \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ B_p \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 0 & C_p \end{bmatrix}\end{aligned}\quad (8)$$

10

## 【 0 0 8 0 】

ここでは速度  $v (=)$  の推定値である。

推定された可動子の速度は、第 1 実施形態と同様に比較部 5 へ入力され、以下の処理内容は第 1 実施形態と同様であり、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明が適用される電磁駆動弁の構成を示す概念図。

【図 2】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第 1 の実施形態の構成を示すブロック図。

【図 3】同上実施形態における速度目標関数の生成法を説明する位置 / 速度位相面における可動部の軌跡を示すグラフ。

20

【図 4】第 1 の発明における第 1 実施例を示すフローチャート。

【図 5】可動子の着座制御時における可動子位置の変化を示す図。

【図 6】可動子の宙吊り制御（ 1 段宙吊り制御）時における可動子位置の変化を示す図。

【図 7】第 1 の発明における第 2 実施例を示すフローチャート。

【図 8】第 1 の発明における第 3 実施例を示すフローチャート。

【図 9】同上第 3 実施例に使用されるマップ。

【図 10】第 2 の発明における第 1 実施例を示すフローチャート。

【図 11】可動子の 2 段宙吊り制御時における可動子位置の変化を示す図。

【図 12】第 2 の発明における第 2 実施例を示すフローチャート。

【図 13】第 2 の発明における第 3 実施例を示すフローチャート。

30

【図 14】同上第 3 実施例に使用されるマップ。

【図 15】第 3 の発明における第 1 実施例を示すフローチャート。

【図 16】第 3 の発明における第 2 実施例を示すフローチャート。

【図 17】第 3 の発明における第 3 実施例を示すフローチャート。

【図 18】同上第 3 実施例に使用されるマップ。

同上実施形態における閉弁時の可動子位置の変化の第 2 の例を示す図。

【図 19】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第 2 の実施形態の構成を示すブロック図。

。

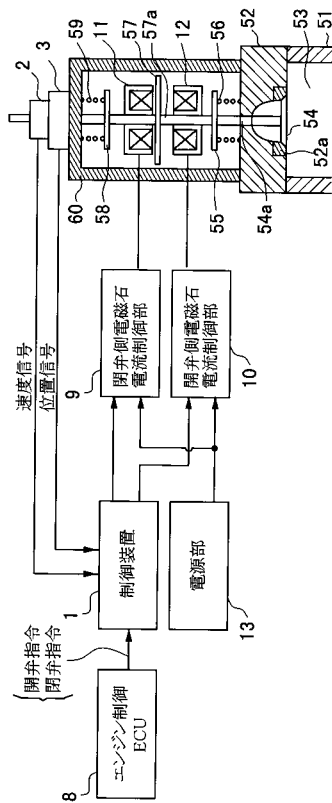
## 【符号の説明】

- 1 制御装置
- 2 可動部速度センサ
- 3 可動部位置センサ
- 4 比較部
- 5 速度目標値生成部
- 6 電流目標値生成部
- 7 切替器
- 9 閉弁側電磁石制御部
- 10 開弁側電磁石制御部
- 11 閉弁側電磁石
- 12 開弁側電磁石

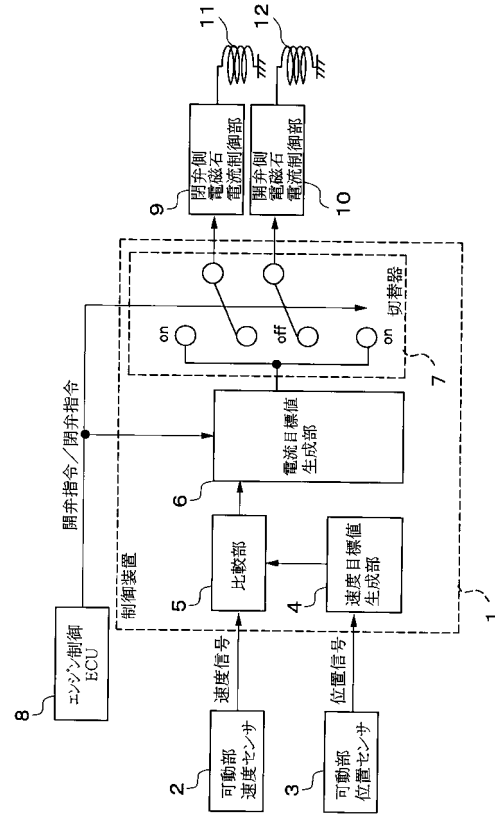
40

50

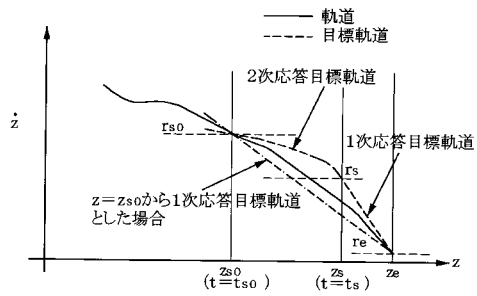
【図 1】



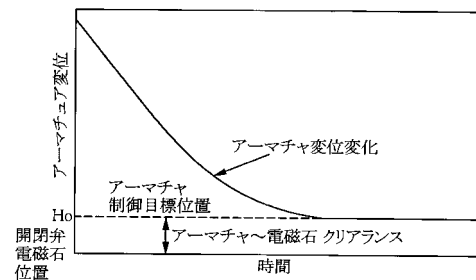
【図 2】



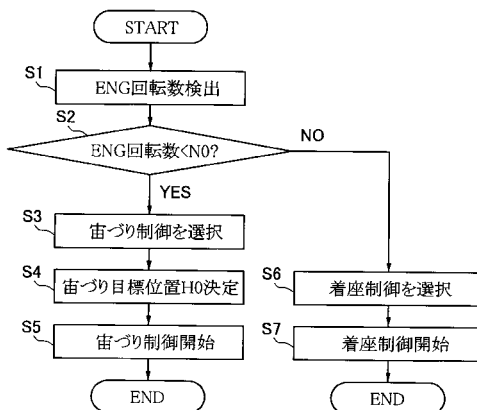
【図 3】



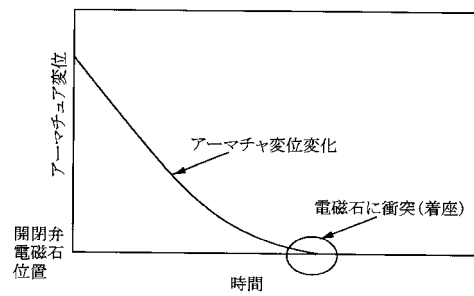
【図 5】



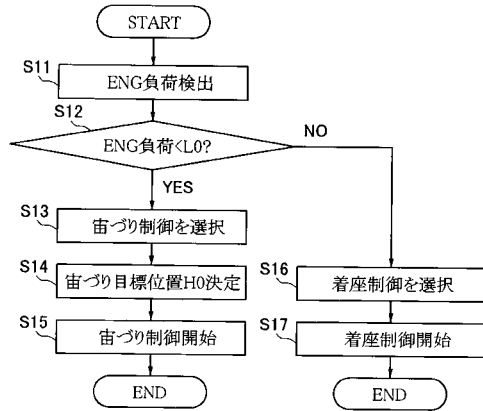
【図 4】



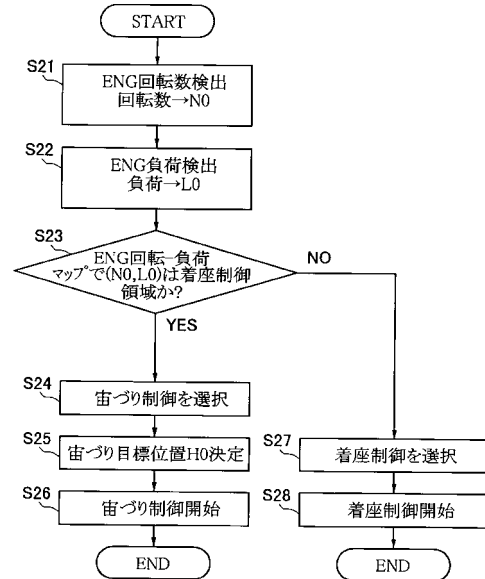
【図 6】



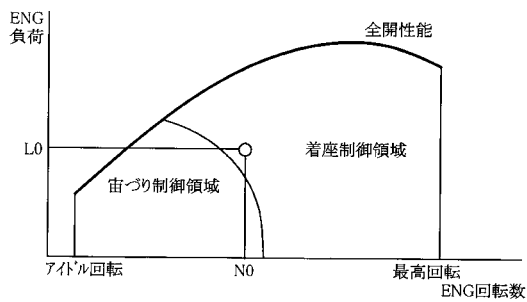
【図 7】



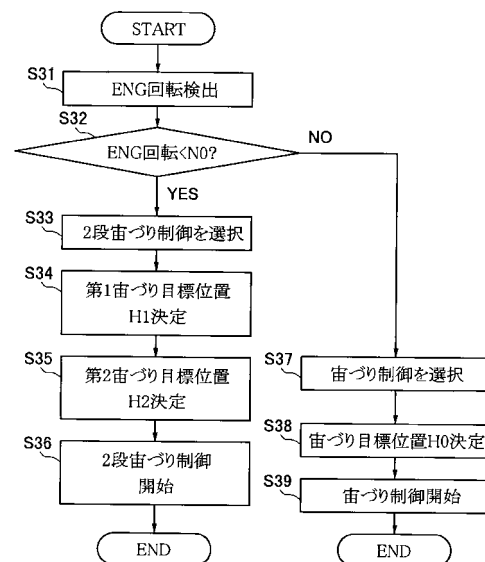
【図 8】



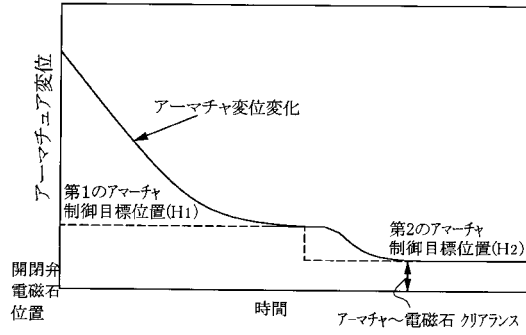
【図 9】



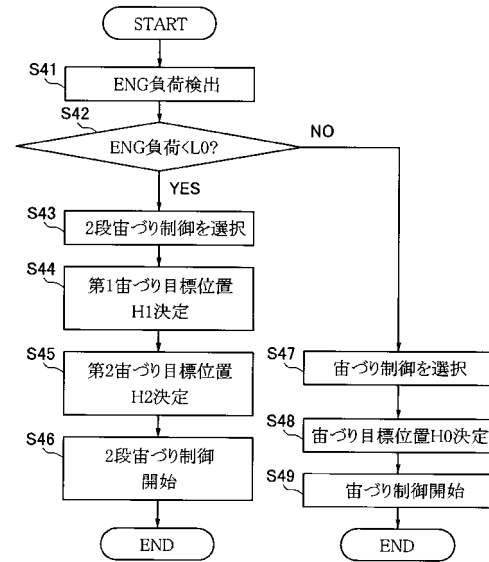
【図 10】



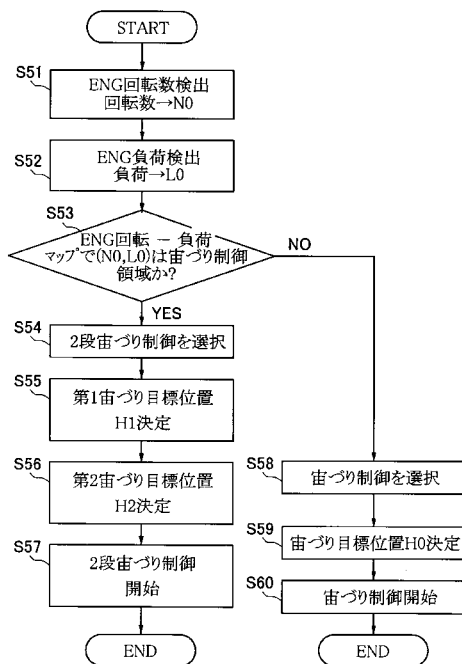
【図 1 1】



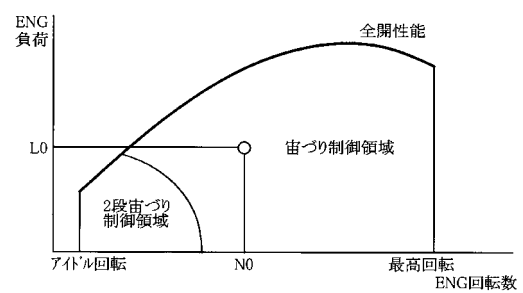
【図 1 2】



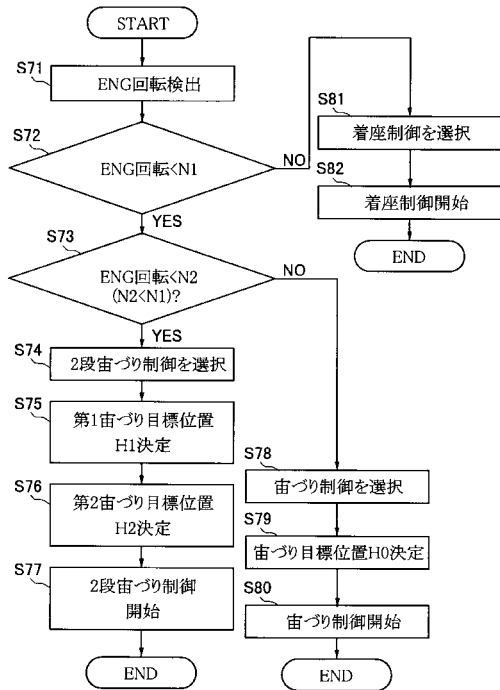
【図 1 3】



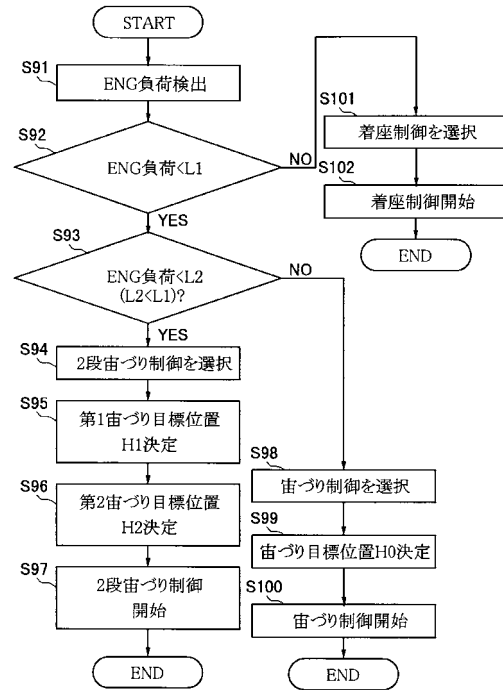
【図 1 4】



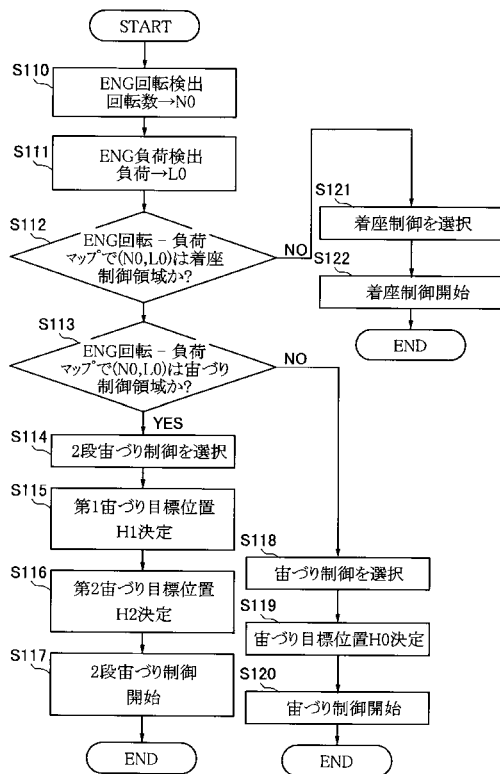
【図 15】



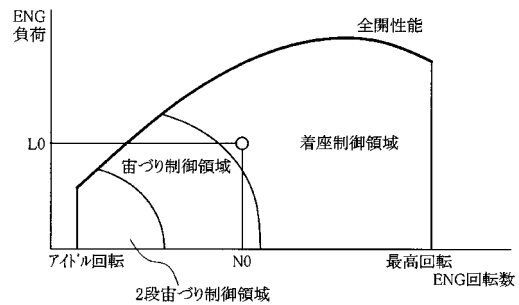
【図 16】



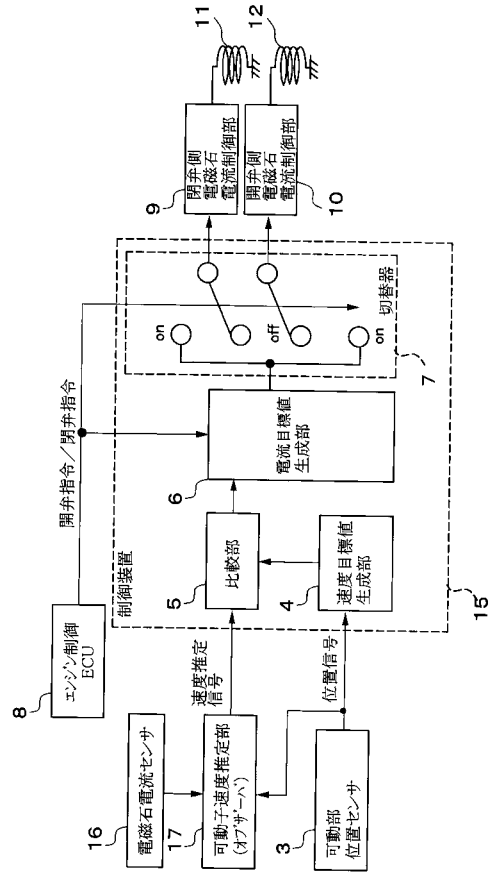
【図 17】



【図 18】



【図 19】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

F02D 13/02

F01L 9/04