

(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2004-282988

(P2004-282988A)

(43) 公開日 平成16年10月7日(2004.10.7)

(51) Int.Cl.⁷

H02N 2/00
F02D 41/20
F02M 51/00
F02M 51/06
H01L 41/083

F I

H02N 2/00 B
F02D 41/20 375
F02M 51/00 G
F02M 51/06 M
F02M 51/06 N

テーマコード (参考)

3G066
3G301

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-410907 (P2003-410907)
(22) 出願日 平成15年12月9日 (2003.12.9)
(31) 優先権主張番号 特願2003-51790 (P2003-51790)
(32) 優先日 平成15年2月27日 (2003.2.27)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000004695
株式会社日本自動車部品総合研究所
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地
(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 100106149
弁理士 矢作 和行
(72) 発明者 深川 康弘
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式
会社日本自動車部品総合研究所内
(72) 発明者 榊原 康行
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式
会社日本自動車部品総合研究所内

最終頁に続く

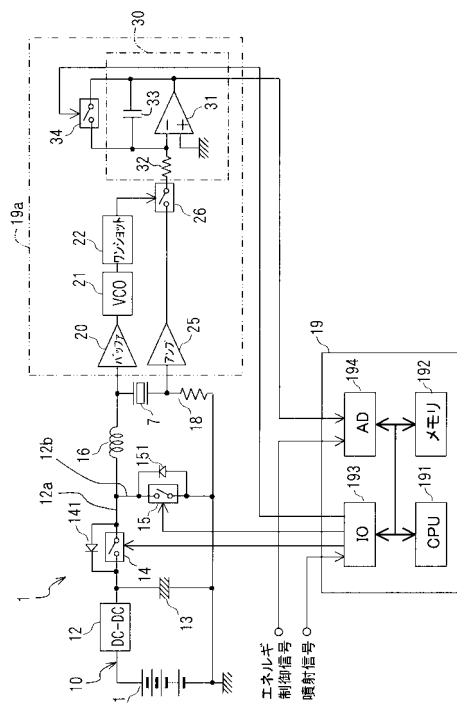
(54) 【発明の名称】 ピエゾアクチュエータ駆動回路

(57) 【要約】

【課題】 個体間バラツキ等に係らず高精度にピエゾスタックを制御することができるピエゾアクチュエータ駆動回路を提供する。

【解決手段】 充放電することで駆動するピエゾスタック7を所定の充電期間T t内に充電する充電手段12a、12bと、充電手段12a、12bによって所定の充電期間T tに充電される充電量を算出する演算手段19aと、演算手段19aによって算出された充電量と目標充電量とを比較し、その差分に応じて次回充電行程における充電量を補正する駆動制御手段19を備えている。なお、演算手段19aにより算出された充電量は、ピエゾスタック7へ流れる充電電流と充電電圧とを充電行程中測定し、測定した充電電流と充電電圧の積を時間積分した充電エネルギーであることが好ましい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

充放電することで駆動するピエゾスタックを所定の充電期間内に充電する充電手段と、
前記充電手段によって所定の充電期間に充電される充電量を算出する演算手段と、
前記演算手段によって算出された充電量と目標充電量とを比較し、その差分に応じて次回充電行程における充電量を補正する駆動制御手段とを備えていることを特徴とするピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項 2】

前記演算手段により算出された充電量は、前記ピエゾスタックへ流れる充電電流と充電電圧とを充電行程中測定し、測定した充電電流と充電電圧の積を時間積分した充電エネルギーであることを特徴とする請求項 1 に記載のピエゾアクチュエータ駆動回路。 10

【請求項 3】

前記充電手段は、

前記ピエゾスタックに直流電源からインダクタを介して通電する第 1 の通電経路を有し、前記第 1 の通電経路にはその途中に設けられてオンオフを繰り返すスイッチング素子のオン期間に漸増する充電電流を流し、

前記直流電源および前記スイッチング素子をバイパスして、前記インダクタから前記ピエゾスタックに通電する第 2 の通電経路を有し、前記スイッチング素子のオフ期間に漸減する充電電流をフライホイール作用で流す多重スイッチング方式であって、

前記スイッチング素子は、前記所定の充電期間中、前記駆動制御手段によって所定のオン期間の長さでオンオフ制御されるとともに、 20

前記駆動制御手段は、前記差分に応じて前記所定のオン期間の長さを補正することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項 4】

前記所定のオン期間は、目標充電量に基いて予め設定された所定期間であることを特徴とする請求項 3 に記載のピエゾアクチュエータ駆動回路。

【請求項 5】

前記スイッチング素子のオン期間からオフ期間に切換わるときの充電電流を検出する電流検出手段を備え、

前記駆動制御手段は、前記所定の充電期間中の少なくとも 1 回目の充電行程におけるオン期間を、検出された充電電流が予め設定された電流値になるまでとするとともに、 30

次回充電行程において、前記設定された電流値を、前記差分に応じて補正することを特徴とする請求項 3 に記載のピエゾアクチュエータ駆動回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ピエゾアクチュエータ駆動回路に関する。

【背景技術】

【0002】

ピエゾアクチュエータは P Z T 等の圧電材料の圧電作用を利用したもので、容量性素子であるピエゾスタックが充放電により伸長または縮小してピストン等を直線動する。例えば、内燃機関の燃料噴射装置において、燃料噴射用のインジェクタの開閉弁の切り替えをピエゾアクチュエータにより行うものが知られている。 40

【0003】

ピエゾアクチュエータには温度特性があり、ピエゾスタックの静電容量が温度によって変化する。ピエゾスタックの伸縮または変位に基くピエゾアクチュエータの変位量も温度によって変化する。この温度特性は、ピエゾアクチュエータ駆動回路によってピエゾスタックへ投入されるエネルギーを一定に保つことで補償されることが知られている。これを利用してピエゾアクチュエータを駆動するピエゾアクチュエータ駆動回路がある（特許文献 1）。

【0004】

特許文献1の開示する技術にて、我々は、piezoelectricアクチュエータの変位量の温度特性を補償する駆動方法として、略一定エネルギーでpiezoelectricスタックを駆動制御する方法を提案した。図10に駆動回路を示す。なお、図10では内燃機関における1気筒分のpiezoelectricアクチュエータ駆動回路として示してある。図11はこの駆動回路におけるpiezoelectricスタックの充電制御の一例であって、piezoelectricスタックの温度特性によって静電容量値が変化した場合を比較して示してある。図11(a)、図11(b)、および図11(c)において、piezoelectricスタックの静電容量値はそれぞれ $6\mu\text{F}$ 、 $8\mu\text{F}$ 、 $10\mu\text{F}$ である。piezoelectricアクチュエータ駆動回路は、図10に示すように、piezoelectricスタック7に直流電源11からスイッチング素子14およびインダクタ16を介して通電するpiezoelectricスタックへの第1の通電経路と、直流電源11およびスイッチング素子14をバイパスしてインダクタ16からpiezoelectricスタック7に通電する第2の通電経路とを有している。そして、第1の通電経路には、スイッチング素子14のオン期間に漸増する充電電流が流れ、第2の通電経路には、スイッチング素子14のオフ期間に漸減する充電電流がフライホイール作用で流れる。スイッチング素子14のオンオフを繰り返すことで、図11(a)に示すように、充電電流が漸増と漸減とを繰り返してpiezoelectricスタック14の充電量が増加していき、piezoelectricスタック7の両端間電圧が段階的に上昇していく。

【0005】

なお、詳しくは、静電容量の中心値である $8\mu\text{F}$ 時に所望の充電エネルギー量となるオン期間を予め求めておく。ここで、充電動作中に、piezoelectricスタックの静電容量が、中心値 $8\mu\text{F}$ (図11(b))からpiezoelectricスタックの静電容量が増大(静電容量 $10\mu\text{F}$ (図11(c)))したとすると、piezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度を抑制する方向に作用する。このpiezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度に対する抑制方向の作用は、インダクタ16への印加電圧の低下速度を抑制する方向に作用する。

【0006】

したがって、全体的にみた充電電流の減少速度は、中心値 $8\mu\text{F}$ に比べ抑制する方向に作用する。これはpiezoelectricスタック7への充電速度を増大する方向に作用するから、piezoelectricスタック7の静電容量が増大しても、piezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度はあまり抑制されない。全体的にみた充電電流についても、piezoelectricスタック7の静電容量が増大しても、減少速度はあまり抑制されない。

【0007】

さらに、piezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度の抑制作用は、piezoelectricスタック7へのエネルギー供給速度を減少する方向に作用する。そして、充電電流の減少速度の抑制作用は、piezoelectricスタック7へのエネルギー供給速度を増大する方向に作用する。その結果これらが相殺されることから、供給エネルギーの経時プロファイルはpiezoelectricスタック7の静電容量の増加によらず、略一定となる(図11(b)～図11(c)参照)。

【0008】

同様に、piezoelectricスタック7の静電容量が、中心値 $8\mu\text{F}$ (図11(b))から減少(静電容量 $6\mu\text{F}$ (図11(a)))したとすると、スイッチング素子14のオン期間が一定であるので、piezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度を冗長する方向に作用する。このpiezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度に対する冗長方向の作用は、インダクタ16への印加電圧の低下速度を冗長する方向に作用する。したがって、全体的にみた充電電流の減少速度は中心値 $8\mu\text{F}$ に比べ冗長する方向に作用する。これはpiezoelectricスタック7への充電速度を減少する方向に作用するから、piezoelectricスタック7の静電容量が減少しても、piezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度はあまり冗長されない。全体的にみた充電電流についても、piezoelectricスタック7の静電容量が減少しても、減少速度はあまり冗長されない。さらに、piezoelectricスタック7の両端間電圧の上昇速度の冗長作用は、piezoelectricスタック7へのエネルギー供給速度を増加する方向に作用する。そして、充電電流の減少速度の冗長作用は、piezoelectricスタック7へのエネルギー供給速度を減少する方向に作用する。その結果これらが相殺されることから、供給エネルギーの経時プロファイルはpiezoelectricスタック7の静電容量の減少によらず

、略一定となる。図 11 (a) ~ 図 11 (b) 参照)。

【0009】

この様して、特許文献 1 の従来技術では、スイッチング素子 14 のオン時間を一定に制御することによって、ピエゾスタック 7 の静電容量の変化を検出して充電制御することなく、ピエゾスタック 7 への供給エネルギーをオープンループにて好適に制御し得る。

【特許文献 1】特開 2002-136156 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特許文献 1 の開示による従来技術は、以下のとおりである。

10

【0011】

ピエゾスタックは個体毎に静電容量のばらつきがあり、ある 1 個体にあっても温度の変化に応じて静電容量が変化する。また、この温度による静電容量の変化傾向は個体毎に異なるものである。そこで、個体差と実使用温度とを考慮して、略中央値の代表静電容量値を予め統計的に求めて決める。そして、この代表静電容量値に基づいて所望の充電エネルギー量をピエゾスタック 7 に充電できるスイッチング素子 14 のオン期間値を定め (E C U 記憶させておき)、温度・個体差に係らず一律に、スイッチング素子 14 のオン期間一定制御を実行し、所望の充電エネルギー量をピエゾスタック 7 に充電させるオープン制御を行っていた。

【0012】

20

このため、ピエゾスタック 7 の個体間バラツキによる一定供給エネルギー量の誤差を完全に除去することは難しい。また、例えば燃料噴射用インジェクタでは近年排気ガス浄化の要請等から、燃料噴射インジェクタの弁開閉タイミングを一致させることが重要であり、所定の時間で所定のエネルギーを充電する精度にも、これを向上させる要求があった。また、従来技術では、予め決定したオン期間によるオープンループ制御であるため、ピエゾスタックの個体間バラツキにより、一定の変位量を得るための充電エネルギー量にバラツキが生じた場合にも、一定の変位量を得ることは難しいという問題があった。

【0013】

本発明は、このような事情を考慮してなされたものであり、したがってその目的は、個体間バラツキ等に係らず高精度にピエゾスタックを制御することができるピエゾアクチュエータ駆動回路を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の請求項 1 によれば、充放電することで駆動するピエゾスタックを所定の充電期間内に充電する充電手段と、充電手段によって所定の充電期間に充電される充電量を算出する演算手段と、演算手段によって算出された充電量と目標充電量とを比較し、その差分に応じて次回充電行程における充電量を補正する駆動制御手段とを備えていることを特徴とする。

【0015】

これにより、予め設定された一定充電時間内で充電された充電量と、例えばピエゾスタックの個体間バラツキに応じた目標充電量を比較し、次回充電行程にてその差に応じた補正を行なうので、ピエゾスタックの個体間バラツキ等の影響に係らず、ピエゾスタックに充電される充電量を正確に制御することが可能である。

40

【0016】

本発明の請求項 2 によれば、演算手段により算出された充電量は、ピエゾスタックへ流れる充電電流と充電電圧とを充電行程中測定し、測定した充電電流と充電電圧の積を時間積分した充電エネルギーであることを特徴とする。

【0017】

これにより、ピエゾスタックに供給される充電電圧と充電電流をリアルタイムに計測し、かつ両者の積を時間積分した充電エネルギーを測定することで、個々のピエゾスタックの

50

予め設定された一定充電時間内に充電される充電エネルギーを正確に計測することができるので、その正確に計測した充電エネルギーを、目標充電量に一致するように補正することで、ピエゾスタックに充電される充電量を正確に制御することが可能である。

【0018】

本発明の請求項3によれば、充電手段は、ピエゾスタックに直流電源からインダクタを介して通電する第1の通電経路を有し、第1の通電経路にはその途中に設けられてオンオフを繰り返すスイッチング素子のオン期間に漸増する充電電流を流し、直流電源およびスイッチング素子をバイパスしてインダクタからピエゾスタックに通電する第2の通電経路を有し、スイッチング素子のオフ期間に漸減する充電電流をフライホイール作用で流す多重スイッチング方式であって、スイッチング素子は、所定の充電期間中、駆動制御手段によって所定のオン期間の長さでオンオフ制御されるとともに、駆動制御手段は、差分に応じて所定のオン期間の長さを補正することを特徴とする。 10

【0019】

これによると、多重スイッチング方式の場合、オン期間を予め設定された所定長さの一定値にすることで、温度によるピエゾスタックの静電容量変化の影響に係らず、ピエゾスタックへの充電エネルギー量を略一定にすることができる。その結果、予め設定された一定充電時間内に充電される充電エネルギーを、一定エネルギーの目標値に正確に制御することが可能である。

【0020】

さらに、その充電過程において例えば充電量としての充電エネルギーの測定結果と目標値とを比較し、その差に応じた充電量の補正方法として次回充電行程にてオン期間の所定長さを見直すことで、オンオフ1周期における充電電流のピーク値を補正することができるので、ピエゾスタックの個体間バラツキ等の影響に係らず、予め設定された一定充電時間内に充電される充電エネルギーを、一定エネルギーの目標値にさらに正確に制御することができる。 20

【0021】

本発明の請求項4によれば、所定のオン期間は、目標充電量に基いて予め設定された所定期間であることが好ましい。

【0022】

これによると、所定のオン期間が一定のある値であっても、充電過程において測定された充電エネルギー量と目標値とを比較し、その差分に応じた充電量の補正方法として、次回充電行程にて、所定のオン期間の長さを設定されたオン期間から補正した値に見直すので、予め設定された一定充電時間内に充電される充電エネルギーを、一定エネルギーの目標値に正確に制御することができる。 30

【0023】

また、ピエゾスタックの個体間バラツキにより、所定の充電エネルギー量が異なる場合にも、この所定のオン期間を補正することによって、ピエゾスタックの個体間バラツキによる変位量を所定の値に制御することができる。

【0024】

本発明の請求項5によれば、スイッチング素子のオン期間からオフ期間に切換わるときの充電電流を検出する電流検出手段を備え、駆動制御手段は、所定の充電期間中の少なくとも1回目の充電行程におけるオン期間を、検出された充電電流が予め設定された電流値になるまでとするとともに、次回充電行程において、設定された電流値を、差分に応じて補正することを特徴とする。 40

【0025】

これにより、充電過程において充電量と目標値とを比較し、その差に応じた充電量の補正方法として、次回充電行程にてオンオフ1周期における充電電流のピーク値を、設定された電流値から補正した値に見直すので、予め設定された一定充電時間内に充電される充電エネルギーを、一定エネルギーの目標値に正確に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

本発明のピエゾアクチュエータ駆動回路を、具体化した実施形態を図面に従って説明する。

【0027】

(第1の実施形態)

図1は、本実施形態のピエゾアクチュエータ駆動回路の電氣的構成を表す回路図である。図2は、図1に示すピエゾアクチュエータ駆動回路を適用し、ピエゾアクチュエータ駆動回路により駆動されるピエゾアクチュエータが搭載された内燃機関の燃料噴射装置の概略構成を示す構成図である。図3は、図2中のピエゾアクチュエータ駆動回路により駆動されるピエゾアクチュエータを有するインジェクタの構成を示す模式的断面図である。図4は、第1の実施形態に係る充電量を算出し、かつ算出された充電量と目標充電量から次回充電における充電量を補正する制御処理を示すフローチャートである。図5は、第1の実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路の各部の作動を示すタイムチャートである。

10

【0028】

本ピエゾアクチュエータ駆動回路1は複数スイッチング方式の回路構成において、駆動制御回路19を、充電行程において目標充電量に応じて充電電流の大きさを制御する構成としたものであり、本ピエゾアクチュエータ駆動回路1の説明に先立ち、ピエゾアクチュエータ駆動回路1を有し構成されるコモンレール式の多気筒(例えば4気筒)ディーゼルエンジンの燃料噴射装置の全体構成について説明する。

20

【0029】

図2に示すように、ディーゼルエンジンの気筒数分のインジェクタ4が各気筒に対応して設けられ(図2ではインジェクタ4は1つのみ図示)いる。このインジェクタ4は、供給ライン55を介して連通する共通のコモンレール54から燃料の供給を受ける。このインジェクタ4から各気筒の燃焼室内に噴射される燃料は、コモンレール54内の燃料圧力(以下、コモンレール圧力)に略等しい噴射圧力で噴射するようになっている。コモンレール54には燃料タンク51の燃料が高圧サプライポンプ53により圧送されて高圧で蓄えられる。また、コモンレール54からインジェクタ4に供給された燃料は、上記燃焼室への噴射用の他、インジェクタ4の制御油圧等としても用いられ、インジェクタ4から低圧のドレインライン56を経て燃料タンク51に還流するようになっている。

30

【0030】

圧力検出手段である圧力センサ57は、コモンレール54に設けられてコモンレール圧力を検出する。そして、その検出結果に基づいてECU3が調量弁52を制御してコモンレール54への燃料の圧送量を調整する。さらに、ECU3は、このコモンレール圧力を、他のセンサ入力等によって検出された運転条件に応じた適正な噴射圧となるように制御する。また、ECU3はクランク角度等の検出信号に基づいて燃料の噴射時期や噴射量を演算し、これに応じてインジェクタ4の開弁と閉弁とを切換え、インジェクタ4から所定の期間、燃料を噴射せしめる。

【0031】

図3に示すように、インジェクタ4は、略棒状体であって、図中下側部分がエンジンの燃焼室壁(図示せず)を貫通して燃焼室内に突出するように取り付けられている。インジェクタ4は下側から順にノズル部4a、背圧制御部4b、ピエゾアクチュエータ4cとなっている。

40

【0032】

ノズル部4aの本体404内にニードル421がその後端部にて摺動自在に保持されており、ニードル421はノズル本体404内の先端部に形成された環状シート4041に着座または離座する。ニードル421の先端部の外周空間405には高圧通路401を介してコモンレール54から高圧燃料が導入され、ニードル421のリフト時に噴孔403から燃料が噴射される。ニードル421にはその環状段面4211に前記高圧通路401からの燃料圧がリフト方向(上向き)に作用している。ニードル421の後方には高圧通

50

路４０１からインオリフィス４０７を介して制御油としての燃料が導入されており、ニードル４２１の背圧を発生する背圧室４０６が形成される。この背圧は、背圧室４０６に配設されたスプリング４２２とともにニードル４２１の後端面４２１２に着座方向（下向き）に作用する。上記背圧は背圧制御部４ｂで切り替えられる。

【００３３】

背圧制御部４ｂは、ピエゾスタック７を備えたピエゾアクチュエータ４ｃにより駆動される。背圧室４０６はアウトオリフィス４０９を介して常時、背圧制御部４ｂの弁室４１０と連通している。弁室４１０は天井面４１０１が上向きの円錐状に形成されており、天井面４１０１の最上部で低压室４１１とつながっている。低压室４１１はドレーンライン５６に通じる低压通路４０２と連通している。弁室４１０の底面４１０２には高压通路４０１から分岐する高压制御通路４０８が開口している。弁室４１０内には、下側部分を水平にカットしたボール４２３が配設されている。ボール４２３は上下動可能な弁体であり、下降時には、上記カット面で弁座としての弁室底面（以下、高压側シートという）４１０２に着座し弁室４１０を高压制御通路４０８と遮断し、上昇時には弁座としての上記天井面（以下、低压側シートという）４１０１に着座し弁室４１０を低压室４１１から遮断する。これにより、ボール４２３下降時には背圧室４１０がアウトオリフィス４０９、弁室４１０を経て低压室４１１と連通し、ニードル４２１の背圧が低下してニードル４２１がリフトする。一方、ボール４２３の上昇時には背圧室４０６が低压室４１１と遮断されて高压通路４０１のみと連通し、ニードル４２１の背圧が上昇してノズルニードル４２１が着座する。ボール４２３はピエゾアクチュエータ４ｃにより押圧駆動される。

【００３４】

ピエゾアクチュエータ４ｃは、低压室４１１の上方に上下方向に形成された縦穴４１２に径の異なる２つのピストン４２４、４２５が摺動自在に保持され、上側の大径のピストン４２５の上方にピエゾスタック７が上下方向を伸縮方向として配設されている。

【００３５】

大径ピストン４２５はその下方に設けられたスプリング４２６によりピエゾスタック７と当接状態を維持しており、ピエゾスタック７の伸縮量と同じだけ上下方向に変位するようになっている。

【００３６】

ボール４２３と対向する下側の小径ピストン４２４と大径ピストン４２５と縦穴４１２とで画された空間には燃料が充填されて変位拡大室４１３が形成されており、ピエゾスタック７の伸長で大径ピストン４２５が下方変位して変位拡大室４１３の燃料を押圧すると、その押圧力が変位拡大室４１３の燃料を介して小径ピストン４２４に伝えられる。ここで、小径ピストン４２４は大径ピストン４２５よりも小径としているので、ピエゾスタック７の伸長量が拡大されて小径ピストン４２４の変位に変換される。

【００３７】

変位拡大室４１３は常時十分な燃料が満たされるように図示しないチェック弁を介して低压通路４０２と通じている。チェック弁は低压通路４０２から変位拡大室４１３に向かう方向を順方向として設けられており、ピエゾスタック７の伸長により大径ピストン４２５が押圧された時に閉じて燃料を変位拡大室４１３に閉じ込めるようになっている。

【００３８】

燃料噴射時には、まず、ピエゾスタック７が充電されると、ピエゾスタック７が伸長する。このピエゾスタック７の伸長により、小径ピストン４２４が下降してボール４２３を押し下げる。このとき、ボール４２３が低压側シート４１０１からリフトするとともに高压側シート４１０２に着座して背圧室４０６が低压通路４０２と連通するので、背圧室４０６の燃料圧が低下する。そして、ニードル４２１に離座方向に作用する力の方が着座方向に作用する力よりも優勢となって、ニードル４２１がリフトして燃料噴射が開始される。

【００３９】

噴射停止は、反対にピエゾスタック７を放電させると、ピエゾスタック７が縮小し、ボ

ール４２３への押し下げ力を解除する。このとき、弁室４１０内は低圧となっており、またボール４２３の底面には高圧制御通路４０８から高圧の燃料圧力が作用しているから、ボール４２３には全体としては上向きの燃料圧が作用している。そして、ボール４２３への押し下げ力の解除により、ボール４２３が高圧側シート４１０２からリフトするとともに再び低圧側シート４１０１に着座して弁室４１０の燃料圧力が上昇するため、ニードル４２１が着座し噴射が停止する。

【００４０】

次に、ピエゾアクチュエータ駆動回路１について説明する。ピエゾアクチュエータ駆動回路１は、車載のバッテリー１１、バッテリー１１から数十～数百Ｖの直流電圧を発生するＤＣ－ＤＣコンバータ１２、およびその出力端に並列に接続されたバッファコンデンサ１３により直流電源１０を構成し、ピエゾスタック７の充電用の電圧を出力する。バッファコンデンサ１３は比較的静電容量の大きなもので構成され、ピエゾスタック７への充電作動時にも略一定の電圧値を保つようになっている。他の気筒に配置されるピエゾスタック７は図３に示したピエゾスタック７と実質的に同じもので、残りの３つのインジェクタ４に１対１に対応して搭載される。

10

【００４１】

直流電源１０のバッファコンデンサ１３からピエゾスタック７にインダクタ１６を介して通電する第１の通電経路１２ａが設けてあり、第１の通電経路１２ａには、バッファコンデンサ１３とインダクタ１６間にこれらと直列に第１のスイッチング素子１４が介設されている。第１のスイッチング素子１４はＭＯＳＦＥＴで構成され、その寄生ダイオード１４１がバッファコンデンサ１３の両端間電圧に対して逆バイアスとなるように接続される。

20

【００４２】

また、インダクタ１６とピエゾスタック７は直流電源１０および第１のスイッチング素子１４をバイパスする第２の通電経路１２ｂを形成しており、この第２の通電経路１２ｂは、インダクタ１６と第１のスイッチング素子１４の接続中点に接続される第２のスイッチング素子１５を有している。第２のスイッチング素子１５もＭＯＳＦＥＴで構成され、その寄生ダイオード１５１がバッファコンデンサ１３の両端間電圧に対して逆バイアスとなるように接続される。

【００４３】

通電経路１２ａ、１２ｂは各気筒のインジェクタ４に対応したピエゾスタック７のそれぞれに共通であり、駆動対象としての各インジェクタ４に対応したピエゾスタック７のそれぞれを選択できる構成となっている。

30

【００４４】

ここで、第１のスイッチング素子１４、インダクタ１６、ピエゾスタック７、および電流検出用抵抗１８は、図１に示すように直列に接続されており充電回路を構成している。また、第２のスイッチング素子１５、インダクタ１６、ピエゾスタック７、および電流検出用抵抗１８は、図１に示すように直列に接続されており放電回路を構成している。

【００４５】

スイッチング素子１４、１５の各ゲートには駆動制御回路１９からそれぞれ制御信号が入力されている。そして、駆動制御回路１９は、スイッチング素子１４、１５のゲートにはパルス状の制御信号が入力してスイッチング素子１４、１５をオンオフし、ピエゾスタック７の充電制御および放電制御を行うようになっている。

40

【００４６】

駆動信号としての噴射信号は、「０」と「１」からなる二値信号で、燃料噴射をすべき期間に略対応して「１」となる。なお、噴射信号は、燃料噴射装置全体の制御を司るＥＣＵ３から、駆動制御回路１９へ入力されている。

【００４７】

ピエゾスタック７の両端の一方にあるインダクタ１６とピエゾスタック７の接続中点には、図１に示すように、バッファ回路２０が接続されている。このバッファ回路２０は、

50

ピエゾスタック 7 に印加される印加電圧を比較的高いインピーダンスで受けるために設けられている。これにより、バッファ回路 20 は、ピエゾスタック 7 に供給されるエネルギーを略低下させることなく、ピエゾスタック 7 に加えられている印加電圧を出力する。電圧制御発振器としての VCO 回路 21 がバッファ回路 20 の出力側に接続されている。この VCO 回路 21 は、バッファ回路 20 の出力に比例した所定の周波数を出力する。ワンショット回路 22 が VCO 回路 21 の出力側に接続されており、その信号の立ち上がりで一定のパルス幅の信号を出力する。

【0048】

また、ピエゾスタック 7 の両端の他方にある電流検出用抵抗 18 とピエゾスタック 7 の接続中点には、図 1 に示すように、増幅回路 25 が接続されている。この増幅回路 25 は、電流検出用抵抗 18 で検出した信号を所定のレベルに増幅する。増幅回路 25 は、スイッチ回路 26 を介して積分回路 30 に接続している。スイッチ回路（第 3 のスイッチング素子）26 は MOSFET 等で構成されている。第 3 のスイッチング素子 26 のゲートにはワンショット回路 22 のパルス状の信号が入力され、増幅回路 25 の出力信号をワンショット回路 22 のパルス信号に応じてオンオフする。

【0049】

積分回路 30 は、オペアンプ 31、積分抵抗 32、および積分コンデンサ 33 とから構成されている。オペアンプ 31 の反転入力（－）側は、積分抵抗 32 が接続されるとともに、第 3 のスイッチング素子 26 がオンのときに増幅回路 25 の出力信号が入力される。なお、非反転入力（＋）側は接地されている。積分コンデンサ 33 は、オペアンプ 31 の反転入力（－）側と出力側とに接続している。なお、スイッチ回路（第 4 のスイッチング素子）34 が積分コンデンサ 33 に並列接続されている。この第 4 のスイッチング素子 34 は駆動制御回路 19 からの信号に応じてオンオフされ、オンしたとき積分コンデンサ 33 の電荷をショートすることで積分値をリセットする。

【0050】

オペアンプ 31 の出力側は駆動制御回路 19 に接続している。駆動制御回路 19 は、所定のプログラムに応じて演算、処理する CPU 191、プログラムやデータを格納するメモリ 192、信号を入出力する IO 回路 193、および各種の検出手段によって検出されたアナログ信号をデジタル信号に変換する AD 変換回路 194 とからなる。IO 回路 193 には、駆動信号としての噴射信号が入力され、スイッチング素子 14、15 のゲートへの制御信号や、積分回路 30 の第 4 のスイッチング素子 34 へリセット信号を出力する。AD 変換回路 194 は、目標充電量（目標充電エネルギーとも呼ぶ）としてのエネルギー制御信号の電圧や、積分回路 30 の出力電圧が入力される。

【0051】

なお、ここで、目標充電量（目標充電エネルギー）は、例えば、ピエゾスタック（ピエゾスタック全体としてのピエゾアクチュエータ）の固体間バラツキの中心値を基準に予め実験等により測定した値である。なお、ピエゾスタック温特の中心値を基準に予め実験等により測定した値でもよい。この目標充電エネルギーとしてのエネルギー制御信号は、外部から AD 変換回路 194 を介して駆動制御回路 19 に入力される。

【0052】

ここで、バッファ回路 20、VCO 回路 21、ワンショット回路 22、増幅回路 25、スイッチング素子 26、34、および積分回路 30 は演算回路 19a を構成している。

【0053】

以下、駆動制御回路 19 について、ピエゾスタック 7 の充電を行なう回路構成を中心に説明する。制御回路 19 は第 1 のスイッチング素子 14 のオン期間とオフ期間とを次のように設定し、第 1 のスイッチング素子 14 の制御信号を出力する。すなわち、オン期間は一定の所定値 T_{on} （図 5 参照）とするとともに、オフ期間は充電電流が 0 になると第 1 のスイッチング素子 14 をオンして終了し次のオン期間に入るように設定してある。この一定の所定値 T_{on} は、制御回路 19 により調整可能である。後述の制御処理における算出された充電エネルギー（図 5（i））と目標充電量（図 1 のエネルギー制御信号）とを比較

し、その差分に応じて次回充電行程における充電量を補正するための制御量を構成する。第1のスイッチング素子14の制御信号はタイマ制御にて予め設定された時間の間は出力される。その結果として、予め設定された充電期間において、この時間に応じた回数で第1のスイッチング素子14のオンオフが繰り返される（図5参照）。ここで、図5のタイムチャートにおいて、（a）は駆動信号としての噴射信号、（b）は充電時間、（c）は第1のスイッチング素子のオンオフ特性、（d）はピエゾスタック7に印加される充電電圧、（e）はピエゾスタック7へ流れる充電電流、（f）はVCO回路21で出力される出力特性、（g）はワンショット回路22で出力されるパルス信号、（h）は積分回路30の出力特性である。なお、（i）および（j）はそれぞれピエゾスタック7の充電電力、ピエゾスタック7に充電された充電エネルギーの過渡特性を示し、オシロ等の計測器を用いて計測した。なお、（b）に示す充電時間、（c）に示すオン期間、（e）に示すオンオフ1周期における充電電流のピーク値、（f）に示す充電電圧に比例した周波数の周期、（g）に示すパルス信号のパルス幅を、それぞれ T_t 、 T_{on} 、 I_p 、 τ_v 、 T_i で表す。

【0054】

なお、充電時間 T_t は駆動制御回路19のメモリ192に格納され、目標充電エネルギーに基いて予め設定された所定時間である。例えば、インジェクタ4から噴射される燃料噴射量等の要求される燃料噴射特性に応じて決定される最適の時間であることが好ましい。

【0055】

図5（e）の充電電流の経時変化を示すように、第1のスイッチング素子14のオン期間には、第1の通電経路12aに、バッファコンデンサ13からインダクタ16を介してピエゾスタック7に漸増する充電電流が流れる。そして第1のスイッチング素子14のオフ期間には、インダクタ16に発生する誘導起電力が第2の寄生ダイオード151に対し順バイアスとなり、第2の通電経路12bに、フライホイール作用により漸減する充電電流が流れる。ここで、第1のスイッチング素子14のオンオフ周波数に比してインダクタ16およびピエゾスタック7を含む回路の共振周波数は十分に高く、波形は三角形とみなせる。オンオフ1周期における充電電流のピーク値（ピーク電流） I_p は、オン期間の終期における電流であって、直流電源10の出力電圧すなわちバッファコンデンサ13の両端間電圧を V_{dc-dc} 、ピエゾスタック電圧を V_p 、オン期間の長さを T_{on} 、インダクタ16のインダクタンスを L として、 $I_p = (V_{dc-dc} - V_p) \times T_{on} / L$ となる。この式中、直流電源出力電圧 V_{dc-dc} は前記のごとく一定とみなせる。

【0056】

図5（d）、図5（e）および図5（j）の充電電圧、充電電流および充電エネルギーの各特性に示すように、ピエゾスタック電圧 V_p は、ピエゾスタック7の充電を開始する時の初期値が0で、時間の経過に従って漸増する経時プロファイルを示すから、スイッチング素子14のオン期間にインダクタ16に印加される電圧（ $V_{dc-dc} - V_p$ ）は、ピエゾスタック7の充電が進むにつれて漸次低くなる。これにより、インダクタ16の誘導起電力も漸次小さくなるから、オン期間における充電電流の勾配もピエゾスタック7の充電が進むにつれて小さくなる。本実施形態ではオン期間 T_{on} を一定とすることで、充電電流は、三角波形をとりながら全体的にみてピエゾスタック電圧 V_p とは逆に減少する経時プロファイルを示す。

【0057】

ここで、ピエゾスタック電圧 V_p はピエゾスタック7の静電容量に反比例するから、静電容量が増大したとすると、これはピエゾスタックの充電電圧 V_p の上昇速度を抑制する方向に作用する。このピエゾスタック電圧 V_p の上昇速度に対する抑制方向の作用は、スイッチング素子14のオン期間におけるインダクタ16への印加電圧の低下が緩和する方向に作用する。結果として、全体的にみた充電電流 I_p の減少速度を抑制する方向に作用する。これはピエゾスタック7へ電荷供給速度を増大する方向、つまりピエゾスタックの充電電圧 V_p の上昇速度を増加する方向に作用するから、温度等によりピエゾスタック7の静電容量が増大しても、ピエゾスタック電圧 V_p の経時プロファイルはあまり変化しな

い。一方、piezostack電圧 V_p がpiezostack 7の静電容量の増大によって大きく変化しないことから、充電電流の経時プロファイルも余り変化しないことになる。

【0058】

さらに、piezostack 7の静電容量の増大によるpiezostack電圧 V_p 、充電電流への小さな影響は次の性質を有している。すなわち、piezostack 7への、充電による単位時間当たりのエネルギー供給量はpiezostackの充電電圧 V_p と充電電流の積で表されるところ、piezostackの充電電圧 V_p の上昇速度を抑制する方向は、単位時間当たりのエネルギー供給量を減少する方向に作用する。そして、充電電流の減少を緩和する方向は、単位時間当たりのエネルギー供給量を増加する方向に作用する。その結果、両者は互いに相殺する方向に作用している。したがって、単位時間当たりのエネルギー供給量が、環境温度の変動等に起因したpiezostack 7の静電容量の変動によらず、略一定とする。

【0059】

さらに、本実施形態では、図1に示すように、演算回路19aによる所定の充電時間 T_t でpiezostack 7へ充電される充電エネルギーを算出する演算手段と、演算回路19aによって算出された充電エネルギーと目標充電エネルギーとを比較し、次回充電における充電エネルギーを補正する駆動制御手段とを備えている。これにより、予め設定された一定充電時間に充電された充電エネルギー量と目標充電エネルギー量を比較し、次回充電行程にてその差に応じた補正を行なうことで、piezostack 7の個体間バラツキ等の影響を受けにくくし、piezostack 7に充電される充電エネルギー量を正確に制御することが可能である。

【0060】

なお、駆動制御手段は、piezoアクチュエータ駆動回路1あるいは駆動制御回路19に具備されている場合に限らず、燃料噴射装置全体の制御を司るECU3に具備されているものであってもよい。なお、以下本実施形態では、piezoアクチュエータ駆動回路1に具備されているものとする。

【0061】

ここで、本発明の演算手段と駆動制御手段とを備えたpiezoアクチュエータ駆動回路1が、充電量としての充電エネルギーを算出し、かつ算出された充電エネルギーと目標充電エネルギーから次回充電での充電エネルギーを補正制御する制御処理を、図4に従って説明する。

【0062】

ステップ（以下、Sと省略する）601では、駆動制御回路19からリセット信号を出力して第4のスイッチング素子34をオンすると、積分回路30の積分値がリセットされ初期化される。その後、再び第4のスイッチング素子34をオフにすると、積分回路30は積分開始のための準備状態となり、S602へ移行する。

【0063】

S602では、駆動信号としての噴射信号が立ち上がって1レベルになると、充電時間 T_t も1レベルとなり、同時に駆動制御回路19は第1のスイッチング素子14をオンにする（図5（a）～（c）参照）。このとき、第1のスイッチング素子14のオン動作によって、直流電源10のバッファコンデンサ13から第1のスイッチング素子14、インダクタ16およびpiezostack 7の第1の通電経路12aと、電流検出用抵抗18との回路に充電電流が流れる。この受電電流はインダクタ16の作用で時間とともに増加していく。

【0064】

なお、ここで、充電時間 T_t が経過するまで、演算回路19aの積分回路30によってpiezostack 7へ流れる充電電流（図5（e）参照）と充電電圧（図5（d）参照）の積を時間積分した充電エネルギーが算出される（図5（h）参照）。すなわち、piezostack 7の両端間の印加電圧つまり充電電圧はバッファ回路20を介してVCO回路21に入力される。そして、VCO回路21は、その入力された電圧値に比例した周波数のパルス（詳しくは周期が τ_v ）が出力する（図5（f）参照）。出力された周期 τ_v のパルス

はワンショット回路 22 に入力され、出力パルスの立ち上がりで一定のパルス幅 T_i に変換され（図 5（g）参照）、第 3 のスイッチング素子 26 をオンオフする。第 3 のスイッチング素子 26 には、電流検出抵抗 18 で検出された充電電流の電流値が増幅回路 25 を介して入力されており、第 3 のスイッチング素子 26 がオンしている間、後段の積分回路 30 に入力される。この積分回路 30 は、ピエゾスタック 7 の充電電圧と充電電流の積である電力（図 5（i）参照）を時間積分した充電エネルギー（図 5（j）参照）に相当する演算結果を出力する。そして積分回路 30 によって算出された充電エネルギーは駆動制御回路 19 の AD 変換回路 194 に入力される。

【0065】

S603では、予め設定されたオン期間 T_{on} が経過したか否かを判定する。10
オン期間 T_{on} が経過したならば、S604へ移行する。逆に、オン期間 T_{on} が経過していなければ、S602へ移行して第 1 のスイッチング素子 14 のオン動作を継続する。

【0066】

S604では、S603でオン期間 T_{on} が経過した判断されると、駆動制御回路 19 は第 1 のスイッチング素子 14 をオフにする（図 5（c）参照）。このとき、インダクタ 16 の作用により充電電流は、直流電源 10 および第 1 のスイッチング素子 14 をバイパスしてインダクタ 16 からピエゾスタック 7 の第 2 の通電回路 12b、および電流検出用抵抗 18 と第 2 の寄生ダイオード 151 との回路に流れ続けて次第に減少していく。

【0067】

S605では、充電時間 T_t が経過したか否かを判定する。充電時間 T_t が経過したならば、S607へ移行する。逆に、充電時間 T_t が経過していなければ、S606へ移行する。20

【0068】

S606では、S605で充電時間 T_t が経過していないと判断すると、充電行程を継続する。すなわち、S604にて第 1 のスイッチング素子 14 をオフすることで次第に減少していた充電電流の電流値が零になったか否かを判定する。充電電流の電流値が零ではない場合には、他の制御処理へ移行しない。充電電流の電流値が零になった時点で、S602へ移行し再び第 1 のスイッチング素子 14 をオンにする。

【0069】

なお、以降充電時間 T_t が経過するまでの間、第 1 のスイッチング素子 14 のオンオフ動作を繰り返してピエゾスタック 7 の充電が継続される。30

【0070】

S607では、S605にて充電時間 T_t が経過したと判断されると、充電時間が 0 レベルとなり、予め決められた充電時間 T_t の間充電が行なわれたので、駆動制御回路 19 は充電を終了する。そして、駆動制御回路 19 の AD 変換回路 194 に入力された演算結果である充電エネルギー量と目標充電エネルギー量としてのエネルギー制御信号値（詳しくはエネルギー制御信号の電圧値）とを比較し、その差分を判定する。すなわち充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいかなんかを判定する。充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいならば、S608へ移行する。逆に、充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より小さいならば、S609へ移行する。40

【0071】

S608では、S607にて充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいと判断されると、その差に従って駆動制御回路 19 内に予め設定した第 1 のスイッチング素子 14 のオン時間補正值 ΔT_{on} 分だけオン時間 T_{on} を短く設定し、次回充電行程での充電エネルギー量を減少させて、S610へ移行する。

【0072】

S609では、S607にて充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より小さいと判断されると、その差に従って駆動制御回路 19 内に予め設定した第 1 のスイッチング素子 14 のオン時間補正值 ΔT_{on} 分だけオン時間 T_{on} を長く設定し、次回充電行程での充電エネルギー量を増加させて、S610へ移行する。50

【0073】

S610では、S608またはS609の制御処理が終了して暫く後、積分回路30の第4のスイッチング素子34をオンにして積分コンデンサの電荷を放出し、積分結果をリセットしてから再び第4のスイッチング素子34をオフにして次回充電行程に備える。

【0074】

ここで、従来制御において、充電行程における一定充電時間に、第1のスイッチング素子14のオンオフを繰り返しながらピエゾスタック7を充電する多重スイッチング方式において、そのオン期間を予め設定された所定長さTonの一定値にすることで、温度によるピエゾスタック7の静電容量変化の影響を受けにくくし、ピエゾスタック7への充電エネルギー値を略一定にすることができていた。

10

【0075】

これに対して、本発明の実施形態によれば、その充電過程において演算回路19aによって充電エネルギーを算出し、その演算回路19aで算出した充電エネルギー値と目標充電エネルギー値とを比較し、その差に応じて充電エネルギーを補正することによって、予め設定された一定充電時間内に充電される充電エネルギーを、一定エネルギーの目標値に正確に制御することを可能とした。

【0076】

また、目標値を設定することで、ピエゾの個体間バラツキで、同一変位量を得るための充電エネルギー値が変化した場合でも、その目標値を変化させて設定し、その設定した目標値に対応して充電エネルギーを補正することで、より正確に充電エネルギーを制御

20

【0077】

以上説明した実施形態によれば、その補正方法として次回充電行程にてオン期間の所定長さTonを見直すことで、オンオフ1周期における充電電流のピーク値Ipを補正することができるので、次回充電エネルギーを増減させて目標充電エネルギー値に合わせ込むことを可能とした。

【0078】

(第2の実施形態)

以下、本発明を適用した他の実施形態を説明する。なお、以下の実施形態においては、第1の実施形態と同じもしくは均等の構成には同一の符号を付し、説明を繰り返さない。

30

【0079】

第2の実施形態では、図6に示すように、第1の実施形態で説明した増幅回路25と第3のスイッチング素子26の接続中点から分岐して、駆動制御回路19のAD変換回路194に接続されている。図6は、本実施形態のピエゾアクチュエータ駆動回路の電氣的構成を表す回路図である。図7は、本実施形態に係る充電量を算出し、かつ算出された充電量と目標充電量から次回充電における充電量を補正する制御処理を示すフローチャートである。なお、本実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路の各部の作動を示す特性図は、図5(a)～図5(j)と共通であり説明を省略する。

【0080】

図6に示すように、電流検出用抵抗18の出力である充電電流の電流値は増幅回路25で増幅された後、第1の実施形態と同様に第3のスイッチング素子26を介して積分回路30へ入力されるが、それとは別に、駆動制御回路19のAD変換回路194へ入力される。これにより、予め設定された電流値(詳しくは、充電電流のピーク値Ip)に従って測定された1回目のオン期間の一定の長さTonを決定することができる。さらに、その後の所定の充電期間中は、測定されたオン期間Tonに基づいてスイッチング素子14のオンオフが繰り返すことが可能である。

40

【0081】

さらになお、充電過程において充電エネルギー値と目標値とを比較し、その差に応じた充電エネルギーの補正方法として、次回充電行程にてオンオフ1周期における充電電流のピーク値Ipを補正する場合、充電電流のピーク値Ipを、設定された電流値から補正した値

50

に見直すことは、次回充電行程での測定結果となるオン期間の一定長さを補正することとなるので、第1の実施形態と同様に、一定充電時間内に充電される充電エネルギーを、目標値に正確に制御することができる。

【0082】

図7に従って、本実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路1において、充電量としての充電エネルギーを算出し、かつ算出された充電エネルギーと目標充電エネルギーから次回充電での充電エネルギーを補正制御する制御処理を説明する。なお、図7中のS601、S605、S606、S607、およびS610の各制御処理は第1の実施形態で説明したので、説明を省略する。

【0083】

S601の制御処理が終了すると、S701では、駆動信号としての噴射信号が立ち上がって1レベルになると、第1の実施形態と同様に、駆動制御回路19は第1のスイッチング素子14をオンにする。このとき、第1のスイッチング素子14のオン動作によって、直流電源10のバッファコンデンサ13から第1のスイッチング素子14、インダクタ16およびピエゾスタック7の第1の通電経路12aと、電流検出用抵抗18との回路に充電電流が流れる。同時に、オン期間 T_{on} の測定を開始する。充電電流はインダクタ16の作用で時間とともに増加していく。

【0084】

S702では、S701にて第1のスイッチング素子14をオンすることで次第に増加していく充電電流が、予め設定された充電電流のピーク値 I_p に到達したか否かを判定する。次第に増加していく充電電流値がピーク値 I_p に到達していない場合には、S701へ移行して第1のスイッチング素子14のオン動作を継続する。逆に、次第に増加していく充電電流値がピーク値 I_p に到達した場合には、S703へ移行する。

【0085】

S703では、S702にて充電電流値がピーク値 I_p に到達したと判断されると、直ちに第1のスイッチング素子14をオフにし、オン期間 T_{on} の測定結果を駆動制御回路19内のメモリ192に記憶する。

【0086】

ここで、S703にて第1のスイッチング素子14をオフすることで充電電流は、インダクタ16の作用により次第に減少していく。S605で充電時間 T_t が経過していないと判断される場合は、充電行程を継続する。さらに、S606にて次第に減少していく充電電流の電流値が零になった場合には、直ちに、S704へ移行する。

【0087】

S704では、S606にて充電電流の電流値が零になると、直ちに、第1のスイッチング素子14をオンし、S605へ移行して充電時間 T_t が経過するまでの間、第1のスイッチング素子14のオンオフ動作を繰り返してピエゾスタック7の充電が継続される。なお、S605にて充電時間 T_t が経過したと判断された場合は、第1の実施形態と同様に、S607にて充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいと判断される。

【0088】

そして、S607で充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいと判断されると、S708では、その差に従って駆動制御回路19内に予め設定した充電電流のピーク値 I_p の補正分だけピーク値 I_p を低く設定することで、オン期間 T_{on} を短くし、結果として次回充電行程での充電エネルギー量を減少させて、S610へ移行する。逆に、S607で充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より小さいと判断されると、S709では、その差に従って駆動制御回路19内に予め設定した充電電流のピーク値 I_p の補正分だけピーク値 I_p を高く設定することで、オン期間 T_{on} を長くし、結果として次回充電行程での充電エネルギー量を増加させて、S610へ移行する。

【0089】

(第3の実施形態)

10

20

30

40

50

第3の実施形態では、予め設定した充電電流のピーク値 I_p を、第2の実施形態の説明では1回目のオン期間の長さ T_{on} を測定するために用い、その長さ T_{on} に基いて第1のスイッチングのオンオフを繰り返したが、図8に示すように、充電期間中、予め設定した充電電流のピーク値 I_p に基いて第1のスイッチングのオンオフを切替える。図8は、本実施形態に係る充電量を算出し、かつ算出された充電量と目標充電量から次回充電における充電量を補正する制御処理を示すフローチャートである。図9は、本実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路の各部の作動を示すタイムチャートである。なお、本実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路1の電氣的構成は、図6と共通であり説明を省略する。ここで、図9のタイムチャートにおいて、(a)は駆動信号としての噴射信号、(b)は充電時間、(c)は第1のスイッチング素子のオンオフ特性、(d)はピエゾスタック7に印加される充電電圧、(e)はピエゾスタック7へ流れる充電電流、(f)はVCO回路21で出力される出力特性、(g)はワンショット回路22で出力されるパルス信号、(h)は積分回路30の出力特性である。

10

【0090】

図8に従って、本実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路1において、充電量としての充電エネルギーを算出し、かつ算出された充電エネルギーと目標充電エネルギーから次回充電での充電エネルギーを補正制御する制御処理を説明する。なお、図8中のS601、S602、S605、S606、S607、およびS610の各制御処理は第1の実施形態で説明したので、説明を省略する。

【0091】

20

S601の制御処理が終了すると、S602では、駆動信号としての噴射信号が立ち上がって1レベルになると、第1の実施形態と同様に、駆動制御回路19は第1のスイッチング素子14をオンにする。

【0092】

S803では、S602にて第1のスイッチング素子14をオンすることで次第に増加していく充電電流が、予め設定された充電電流のピーク値 I_p に到達したか否かを判定する。次第に増加していく充電電流値がピーク値 I_p に到達していない場合には、S602へ戻って第1のスイッチング素子14のオン動作を継続する。逆に、次第に増加していく充電電流値がピーク値 I_p に到達した場合には、S804へ移行する。

【0093】

30

S804では、S803で充電電流値がピーク値 I_p に到達したと判断されると、駆動制御回路19は第1のスイッチング素子14をオフにする。

【0094】

ここで、S804にて第1のスイッチング素子14をオフすることで充電電流は、インダクタ16の作用により次第に減少していく。S605で充電時間 T_t が経過していないと判断される場合は、充電行程を継続する。さらに、S606にて次第に減少していく充電電流の電流値が零になった場合には、直ちに、S602へ移行し再び第1のスイッチング素子14をオンする。

【0095】

なお、以降充電時間 T_t が経過するまでの間、第1のスイッチング素子14のオンオフ動作を繰り返してピエゾスタック7の充電が継続される。駆動制御回路19は、充電期間中、予め設定した充電電流のピーク値 I_p に基いて第1のスイッチングのオンオフを切替えるので、充電期間 T_t の間、ピーク値 I_p は一定である(図9(e)参照)ある。図9(c)中に示すオン期間 T_{onn} において、1回目のオン期間 T_{on1} 、2回目のオン期間 T_{on2} 、3回目のオン期間 T_{on3} の関係は、 $T_{on1} < T_{on2} < T_{on3}$ となる。

40

【0096】

そして、S605にて充電時間 T_t が経過したと判断された場合は、第1の実施形態と同様に、S607にて充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいのか否かの判定がなされる。

50

【0097】

そして、S607で充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より大きいと判断されると、S808では、その差に従って駆動制御回路19内に予め設定した充電電流のピーク値 I_p の補正分だけピーク値 I_p を低く設定し、結果として次回充電行程での充電エネルギー量を減少させて、S610へ移行する。逆に、S607で充電エネルギー値がエネルギー制御信号値より小さいと判断されると、S809では、その差に従って駆動制御回路19内に予め設定した充電電流のピーク値 I_p の補正分だけピーク値 I_p を高く設定し、結果として次回充電行程での充電エネルギー量を増加させて、S610へ移行する。

【0098】

以上説明した実施形態によれば、充電過程において充電エネルギー値と目標値とを比較し、その差に応じた充電エネルギーの補正方法として、次回充電行程にてオンオフ1周期における充電電流のピーク値 I_p を、設定された電流値から補正した値に見直すので、予め設定された一定充電時間 T_t 内に充電される充電エネルギーを、一定エネルギーの目標値に正確に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【0099】

【図1】本発明の第1の実施形態のピエゾアクチュエータ駆動回路の電氣的構成を表す回路図である。

【図2】図1に示すピエゾアクチュエータ駆動回路を適用し、ピエゾアクチュエータ駆動回路により駆動されるピエゾアクチュエータが搭載された内燃機関の燃料噴射装置の概略構成を示す構成図である。

【図3】図2中のピエゾアクチュエータ駆動回路により駆動されるピエゾアクチュエータを有するインジェクタの構成を示す模式的断面図である。

【図4】第1の実施形態に係る充電量を算出し、かつ算出された充電量と目標充電量から次回充電における充電量を補正する制御処理を示すフローチャートである。

【図5】第1の実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路の各部の作動を示すタイムチャートである。

【図6】第2の実施形態のピエゾアクチュエータ駆動回路の電氣的構成を表す回路図である。

【図7】第2の実施形態に係る充電量を算出し、かつ算出された充電量と目標充電量から次回充電における充電量を補正する制御処理を示すフローチャートである。

【図8】第3の実施形態に係る充電量を算出し、かつ算出された充電量と目標充電量から次回充電における充電量を補正する制御処理を示すフローチャートである。

【図9】第3の実施形態に係るピエゾアクチュエータ駆動回路の各部の作動を示すタイムチャートである。

【図10】従来のピエゾアクチュエータ駆動回路の電氣的構成を表す回路図である。

【図11】図10のピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を説明するグラフであって、図10(a)、図10(b)、図10(c)はそれぞれピエゾアクチュエータのピエゾスタックの静電容量が異なるピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すグラフである。

【符号の説明】

【0100】

- 1 ピエゾアクチュエータ駆動回路
- 10 直流電源（充電手段）
- 11 バッテリ
- 12 DC-DCコンバータ
- 12a 第1の通電経路（充電手段）
- 12b 第2の通電経路（充電手段）
- 13 バッファコンデンサ
- 14 第1のスイッチング素子
- 15 第2のスイッチング素子

10

20

30

40

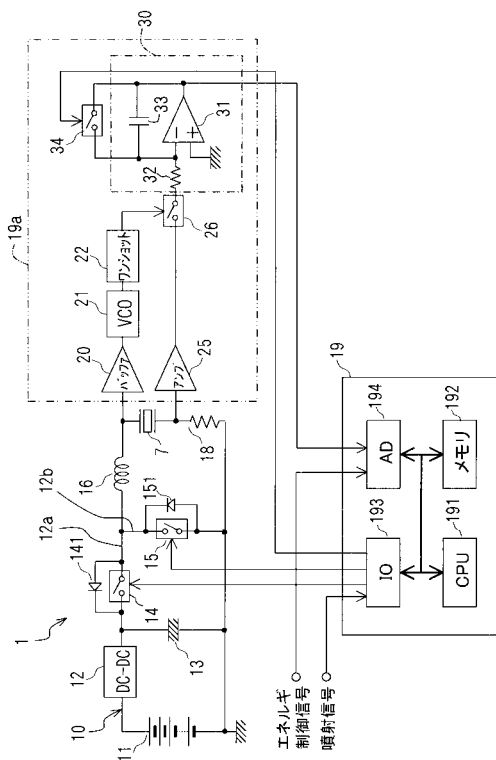
50

- 1 5 1 第2の寄生ダイオード（充電手段）
- 1 6 インダクタ
- 1 8 電流検出用抵抗
- 1 9 駆動制御回路（駆動制御手段）
- 1 9 a 演算回路（演算手段）
- 2 0 バッファ回路
- 2 1 V C O回路
- 2 2 ワンショット回路
- 2 5 増幅回路
- 2 6 第3のスイッチング素子（スイッチ回路）
- 3 0 積分回路
- 3 1 オペアンプ
- 3 2 積分抵抗
- 3 3 積分コンデンサ
- 3 4 第4のスイッチング素子（スイッチ回路）
- 3 E C U
- 4 インジェクタ
- 4 a ノズル部
- 4 b 背圧制御部
- 4 c ピエゾアクチュエータ

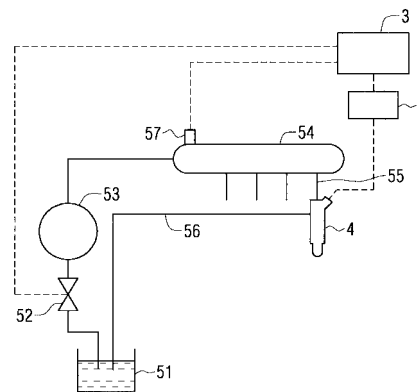
10

20

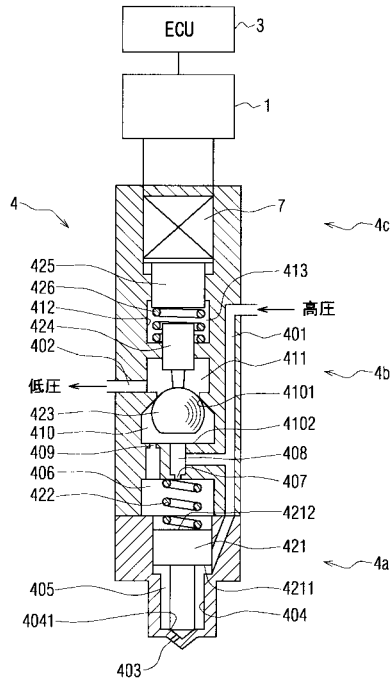
【図 1】



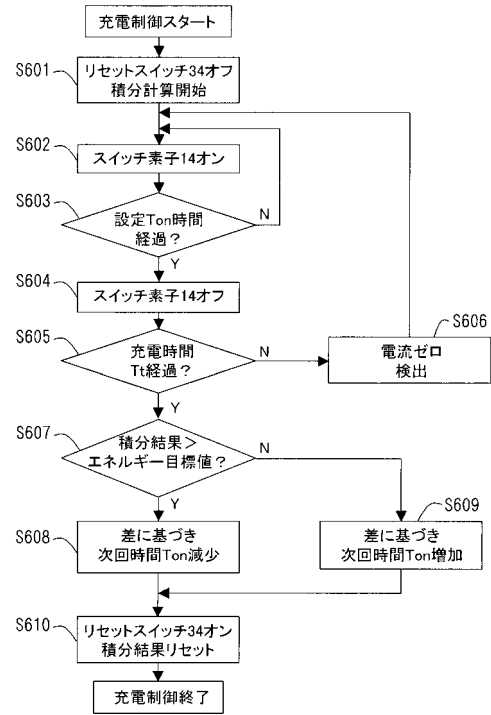
【図 2】



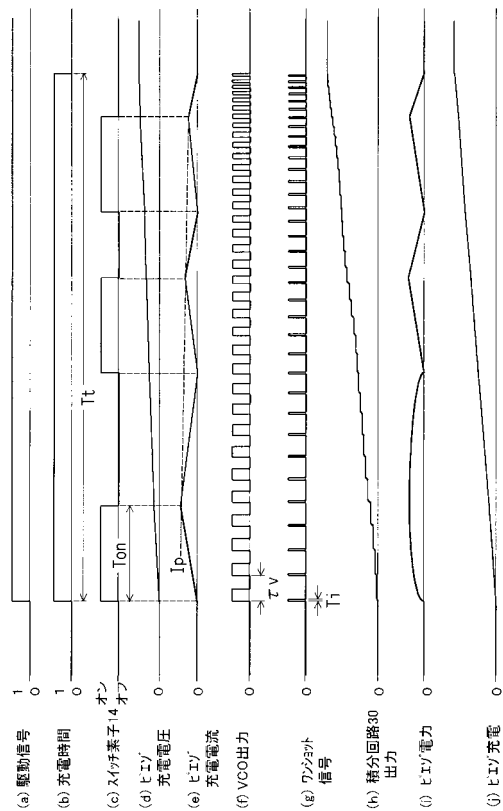
【図 3】



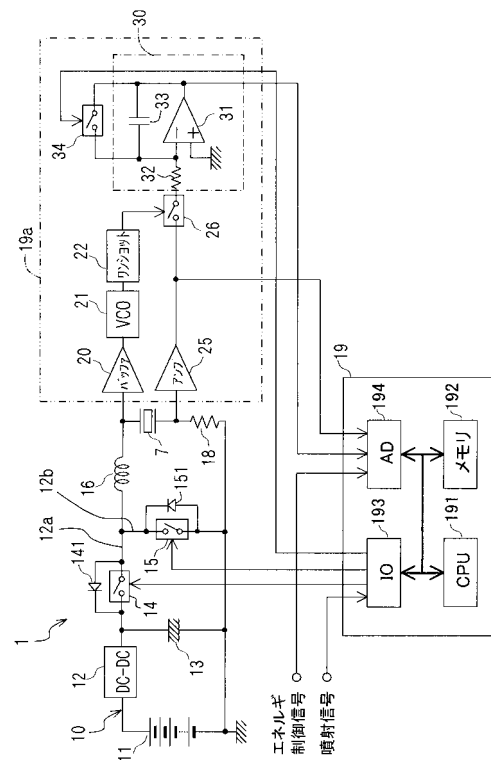
【図 4】



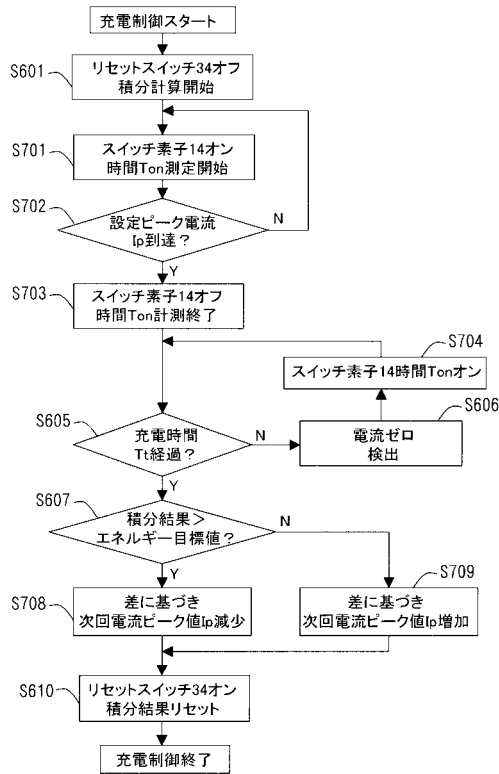
【図 5】



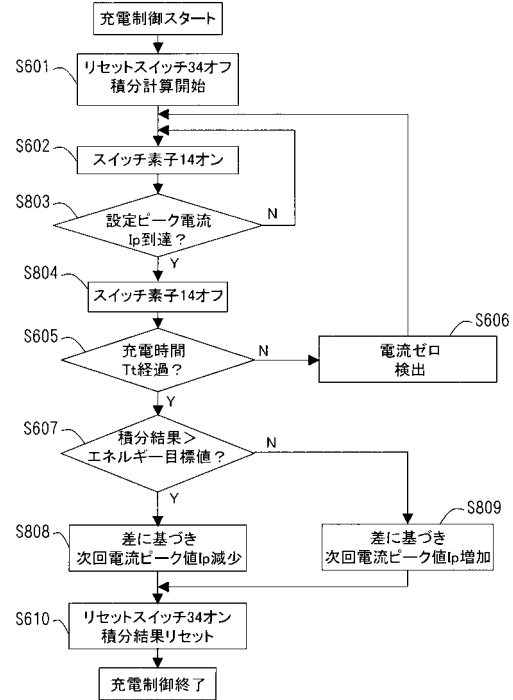
【図 6】



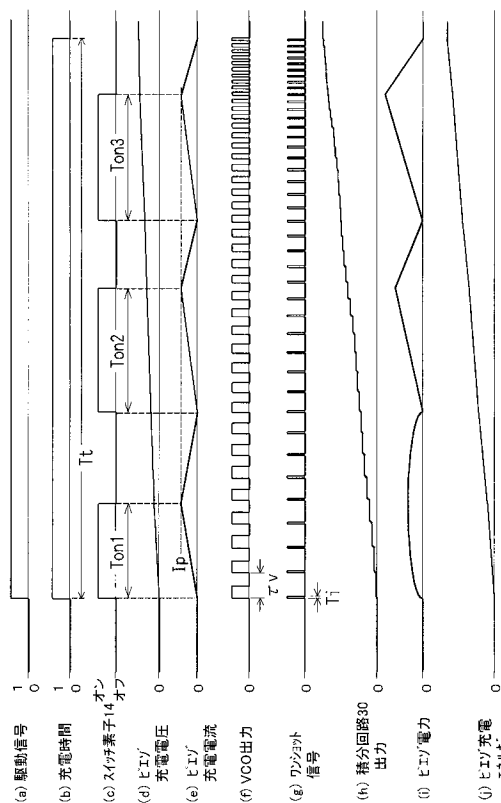
【図 7】



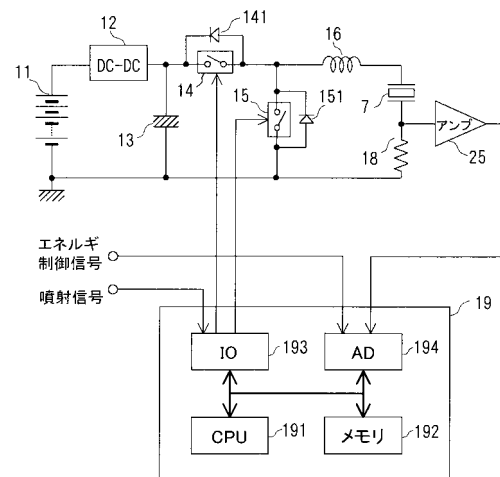
【図 8】



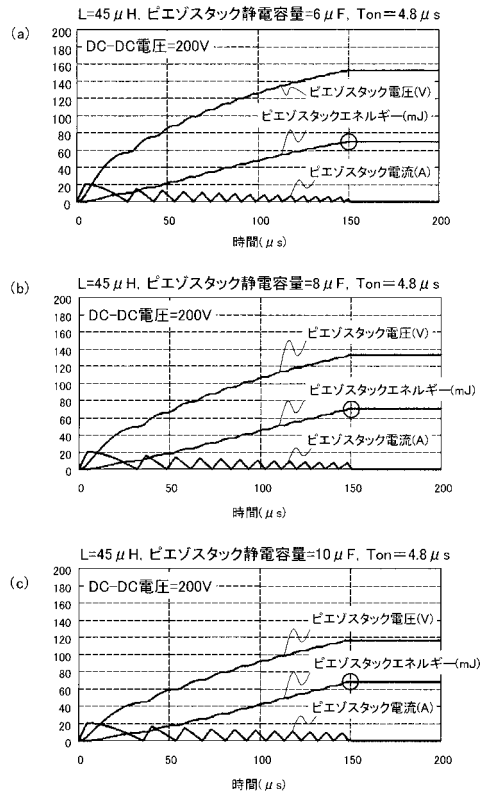
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ F I テーマコード (参考)
H O 1 L 41/08 P

(72)発明者 竹本 英嗣

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) 3G066 AA07 AB02 AC09 AD12 BA08 BA09 BA51 CC06T CC08T CC08U
CC14 CC64T CC64U CC67 CC68U CC69 CC70 CD25 CD26 CE13
CE27 CE29 DA01 DC00 DC18
3G301 HA02 HA06 LB11 LC05 LC10 NA08 PG01Z PG02Z