

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4847644号
(P4847644)

(45) 発行日 平成23年12月28日 (2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日 (2011.10.21)

(51) Int.Cl.	F I
H02N 2/00 (2006.01)	H02N 2/00 B
F02D 41/20 (2006.01)	F02D 41/20 330
G05B 13/02 (2006.01)	G05B 13/02 B
H01L 41/083 (2006.01)	H01L 41/08 P
F16K 31/02 (2006.01)	F16K 31/02 A
請求項の数 10 外国語出願 (全 21 頁)	

(21) 出願番号	特願2001-103982 (P2001-103982)	(73) 特許権者	390023711
(22) 出願日	平成13年4月2日 (2001.4.2)		ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト
(65) 公開番号	特開2002-34271 (P2002-34271A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公開日	平成14年1月31日 (2002.1.31)		ROBERT BOSCH GMBH
審査請求日	平成20年4月1日 (2008.4.1)		ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト (
(31) 優先権主張番号	00107000.2		番地なし)
(32) 優先日	平成12年4月1日 (2000.4.1)		Stuttgart, Germany
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100061815
			弁理士 矢野 敏雄
		(74) 代理人	100099483
			弁理士 久野 琢也
		(74) 代理人	100114890
			弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ
			ンハルト
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 システムパラメータを制御するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電素子（10、20、30、40、50、60）を充電及び放電するために回路（A）内部の前記圧電素子（10、20、30、40、50、60）を制御するための方法において、

第2の及び/又は後続の制御プロシージャのための補正された目標電圧を獲得するために、前記圧電素子（10、20、30、40、50、60）に印加される電圧の第1の制御プロシージャの間に発生する少なくとも1つのシステムティック・エラーを考慮して、前記第1の制御プロシージャのための前記目標電圧を修正することによって、前記圧電素子（10、20、30、40、50、60）に印加される電圧が制御されることを特徴とする、システムパラメータを制御するための方法。

【請求項 2】

a) 前記圧電素子（10、20、30、40、50、60）に印加される前記電圧は、前記第1の制御プロシージャのための前記目標電圧（ U_{target} ）に従って制御され、

b) 前記圧電素子（10、20、30、40、50、60）に印加される前記電圧は測定手段（600、610；D、E）により測定され、

c) 前記圧電素子（10、20、30、40、50、60）に印加される前記電圧の測定された値は、比較手段（D、E）により前記第1の制御プロシージャのための前記目標電圧（ U_{target} ）と比較され、

10

20

d) 前記第 2 の及び/又は前記後続の制御プロシーダのための補正された目標電圧 (U_{target}) は、前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の前記測定された値と前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧 (U_{target}) との間の検出された差を考慮して修正されることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

a 1) 前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧は、前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧 (U_{target}) に対応する少なくとも 1 つの制御パラメータに従って制御され、

a 2) 前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の前記制御は、複数の個別ステップにおいて実施され、

a 3) 前記制御プロシーダは、前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の値を測定手段によって測定し、得られた前記電圧の値と前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧とを比較手段によって比較することによって制御され、

a 4) 前記制御プロシーダは、得られた前記電圧の値が前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧に等しくなるやいなや、終了手段 (E) によって終了され、

b) 前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の前記得られた値は、前記制御プロシーダが終了した後で測定手段 (D, E; 600、610) によって再測定され、

c) 前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の前記再測定された値は、比較手段 (D, E) によって前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧と比較されることを特徴とする、請求項 1 又は 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の測定値と前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧との間の検出された差は、前記第 2 の及び/又は前記後続の制御プロシーダのための所望の目標電圧にオフセットを加算することによって考慮されることを特徴とする、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

前記オフセットは、前記第 1 の制御プロシーダのための前記目標電圧とそれに相応して得られた前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加される前記電圧の値との間の絶対的な差又は相対的な差として計算されることを特徴とする、請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

前記オフセットは、複数の圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に印加された、平均化及びフィルタリングされた測定電圧 ($\langle U_{actual} \rangle$)、及び、前記複数の圧電素子 (10、20、30、40、50、60) の前記第 1 の制御プロシーダのための平均化及びフィルタリングされた目標電圧 ($\langle U_{target} \rangle$ 、 $\langle U_{offset, p} \rangle$) の関数であることを特徴とする、請求項 4 記載の方法。

【請求項 7】

前記複数の圧電素子 (10、20、30、40、50、60) の前記第 1 の制御プロシーダのための平均化及びフィルタリングされた前記目標電圧 ($\langle U_{target} \rangle$ 、 $\langle U_{offset, p} \rangle$) は、前記複数の圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に対する平均化及びフィルタリングされた電圧オフセット値 ($\langle U_{offset, p} \rangle$)、及び、前記複数の圧電素子 (10、20、30、40、50、60) の前記第 1 の制御プロシーダのための平均化及びフィルタリングされた目標電圧 ($\langle U_{target} \rangle$) の関数であることを特徴とする、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

前記オフセットは、前記圧電素子 (10、20、30、40、50、60) に液圧的に接続されているバルブプラグ (2035) のトップ閉位置、アップ開位置及びダウン開位

10

20

30

40

50

置の各々に対して決定されることを特徴とする、請求項4～7のうちの1項記載の方法。

【請求項9】

前記オフセットは、前記バルブプラグ(2035)の前記トップ閉位置、前記アップ開位置及び前記ダウン開位置の相応の位置が使用されていない間は格納されていることを特徴とする、請求項8記載の方法。

【請求項10】

請求項1～9のうちの1項記載の方法の使用に適した装置において、

a) 前記第1の制御プロシージャのための目標電圧に従って前記圧電素子(10、20、30、40、50、60)を制御するための制御手段(A、E、D)と、

b) 前記圧電素子(10、20、30、40、50、60)に印加される電圧を測定するための測定手段(D、E；600、610)と、

c) 前記圧電素子(10、20、30、40、50、60)に印加される前記電圧の測定値と前記第1の制御プロシージャのための前記目標電圧(U_{target})とを比較するための比較手段(E、D)と、

d) 前記圧電素子(10、20、30、40、50、60)に印加される前記電圧の前記測定値と前記第1の制御プロシージャのための前記目標電圧(U_{target})との間に生じる差に従って、前記圧電素子(10、20、30、40、50、60)に印加される前記電圧の制御のための前記第2の及び/又は前記後続の制御プロシージャのための前記目標電圧を計算するための計算手段(D)と、

が実装されていることを特徴とする、装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は請求項1の上位概念記載の方法及び請求項10の上位概念記載の装置に関し、すなわち、システムパラメータ、とりわけ圧電素子を充電及び放電するために回路内部の圧電素子に印加される電圧を制御するための方法及び装置に関する。

【0002】

制御システムは一般的に必ずではないが大抵の場合は中央処理ユニット(CPU)を含む制御ユニット、少なくとも1つの制御される部材、及び、CPU信号を必要に応じて変換しこの制御される部材に供給するユーティライゼーション手段(utilization means)を有する。この目的のために、CPU及びユーティライゼーション手段はバスシステムのような通信手段によって互いに接続される必要がある。さらに、外部データは相応のやり方でCPU及び/又はユーティライゼーション手段に通信されねばならない。

【0003】

例えば、圧電素子は内燃機関の(とりわけいわゆるコモンレールインジェクタにおける)燃料噴射ノズルにおけるアクチュエータとして使用される。燃料噴射システムにおける相応の噴射ニードルを制御する複動式複座弁(double-acting, double seat valve)を有する圧電素子の利用がドイツ特許出願DE19742073A1及びDE19729844A1に示されている。これらのドイツ特許出願は本願の参考文献である。

【0004】

圧電アクチュエータを使用する燃料噴射システムは、一次近似までは、圧電アクチュエータが印加される電圧と線形伸長との間の比例関係を示すという事実によって特徴づけられる。例えば、内燃機関のシリンダへの燃料噴射のためのニードルのリニアストロークを制御する複動式複座弁としてインプリメントされた燃料噴射ノズルでは、相応のシリンダに噴射される燃料量は、この弁が開いている時間の関数であり、さらに圧電素子を利用する場合にはこの圧電素子に印加される活性化電圧の関数である。

【0005】

図5はアクチュエータとして圧電素子2010を利用する燃料噴射システムの概略図である。図5を参照すると、この圧電素子2010は電氣的にエネルギーを与えられ、所与の活性化電圧にตอบสนองして伸長及び収縮する。この圧電素子2010はピストン2015に結合されている。伸長した状態では、この圧電素子2010によって、このピストン2015

は、液体、例えば燃料を含む液圧アダプタ 2020 へと突き出される。この圧電素子の伸長の結果、複動式制御バルブ 2025 は液圧的にこの液圧アダプタ 2020 から押し出され、バルブプラグ 2035 が第 1 の閉位置 2040 から押し出される。複動式制御バルブ 2025 と中空ボア 2050 との組み合わせはしばしば複動式複座弁と呼ばれる。その理由は、圧電素子 2010 が励起されていない場合には、この複動式制御バルブ 2025 はその第 1 の閉位置 2040 に停止しているからである。他方で、圧電素子 2010 が完全に伸長すると、このバルブ 2025 はその第 2 の閉位置 2030 に停止する。バルブプラグ 2035 の後者の位置が概略的に図 5 においてはゴーストラインで表されている。

【0006】

図 6 a、6 b、6 c は第 1 の閉位置、開位置及び第 2 の閉位置における複動式制御バルブをそれぞれ示す。

【0007】

燃料噴射システムは加圧燃料供給ライン 2060 からシリンダ（図示せず）への燃料の噴射用の噴射ニードル 2070 を有する。圧電素子 2010 が励起されていない場合又は圧電素子が完全に伸長している場合、複動式制御バルブ 2025 はそれぞれ図 6 a 及び図 6 c に示されているように第 1 の閉位置 2040 又は第 2 の閉位置 2030 に停止している。いずれの場合にも、液圧レール圧力は閉位置に噴射ニードル 2070 を維持する。よって、燃料混合気はシリンダ（図示せず）には入らない。逆に、圧電素子 2010 が励起され、これにより複動式制御バルブ 2025 が中空ボア 2050 においていわゆる中間位置にある場合には、加圧燃料供給ライン 2060 において圧力降下がある。この状況が図 6 b に示されている。圧力降下の結果、噴射ニードル 2070 のトップとボトムとの間において加圧燃料供給ライン 2060 における圧力差が生じ、このため、この噴射ニードル 2070 は持ち上げられ、シリンダ（図示せず）への燃料噴射が行われる。

【0008】

図 7 の例において、2 つの開位置あるいは開位置に相応する 2 つの電圧を有する利用は次のように行われる：一般的に、中空ボア 2050 内のバルブプラグ 2035 の第 1 の開位置及び第 2 の開位置が互いに等しいことが望ましい。しかし、この目的を達成するためには、一方のケースでは開位置が第 1 の又はボトム閉位置からアプローチされ、他方のケースでは開位置が第 2 の又はトップ閉位置からアプローチされることを考慮する必要がある。図 6 a～図 6 c を考慮すると、これは、第 1 のケースではバルブプラグ 2035 が加圧燃料供給ライン 2060 における圧力 P_{rail} により加えられる力に逆らって移動し、第 2 のケースではバルブプラグ 2035 が加圧燃料供給ライン 2060 における圧力 P_{rail} により加えられる力によって移動することを意味する。従って、この第 1 のケースではこの第 2 のケースよりも大きい力が加えられなければならない。バルブ 2025 は圧電素子 2010 によって駆動されるので、これはまた圧電素子の所望の伸長すなわちバルブプラグ 2035 の所望の開位置を得るために第 1 のケースでは第 2 のケースよりも高い電圧が必要とされることを意味する。

【0009】

さらに、上記の例では、複動式バルブの運動、すなわちインジェクタ・ニードルの運動は、発生する圧力 P_{rail} のいかなる変化からも影響をうけてしまう。というのも、今までは、この圧力 P_{rail} に逆らって及びこの圧力 P_{rail} によってこの複動式バルブを運動させる間に同時にバルブプラグ 2035 を位置決めするためには電圧差が必要とされるということだけが考慮されていたからである。しかし、今までは実際に発生する変化する圧力 P_{rail} を処理するためにどのような更に別の修正が必要とされるかということは考慮されていなかったのである。それにもかかわらず、高い精度でインジェクタ・ニードルの運動を制御するためには、あるいは、高い精度で噴射される相応の量の燃料を制御するためには、これらの影響が考慮されなければならない。従って、発生するレール圧力が測定手段によって測定され、所望される動作のために圧電素子に印加されるべき目標電圧が相応のやり方で修正される。その結果、フィードバックシステムがインプリメントされ、このフィードバックシステムにおいてレール圧力 P_{rail} が測定手段によって測

10

20

30

40

50

定され、この測定された値が制御ユニットに伝送され、圧電素子のための目標電圧がこの制御ユニットにおいて（例えば、より一般的な目標電圧にオフセットを加算する手段によって）計算され、さらにこの制御ユニットからユーティライゼーションユニット、例えばアクティベーション IC（activation IC）に伝送され、このアクティベーション IC から目標電圧が圧電素子に供給される。

【0010】

上記の例は単に本発明のアプローチを良好に理解してもらうためにだけ提出したものだと考えてもらいたい。しかし、他の環境、とりわけ単動式制御バルブを有する環境又は単動モード（single-acting mode）で複動式制御バルブを使用する環境（すなわち、例えば圧電素子 2010 の完全な伸長を困難にさせる非常な低温のために、一時的に又は永続的にバルブプラグ 2035 の第 2 の又はトップ閉位置を使用しない環境）も制限なしに本発明に対する環境でありうる。さらに、上述の駆動プロファイルとは異なる駆動プロファイルが使用されるかもしれない。それ以上に、完全に異なる技術的背景を有する制御システムも同様に本発明に対する環境でありうる。

10

【0011】

上記の例の制御システムでも他の制御システムでも、制御されるシステムのパフォーマンスの高い精度を達成するためには、各制御プロシージャの目標値と実際に得られた値との良好な一致を獲得することが必要である。しかし、これは従来技術による個々の制御システムの特性により限定されている。

【0012】

本発明の課題は、システムパラメータを制御するための改良された方法及び装置を提供することである。

20

【0013】

上記課題は、方法請求項 1 の対象により解決される、すなわち、システムパラメータ、とりわけ圧電素子を充電及び放電するために回路内部の圧電素子に印加される電圧を制御するための方法によって解決される。システムパラメータの第 1 の制御プロシージャの間に発生する少なくとも 1 つのシステムティック・エラーを考慮してシステムパラメータの制御のための少なくとも 1 つの制御パラメータ、とりわけ圧電素子に印加される電圧に対する目標電圧を修正し、システムパラメータの第 2 の及び/又は後続の制御のための補正された制御パラメータを獲得する。

30

【0014】

さらに、本発明の上記課題は、装置請求項 10 の対象により解決される、すなわち、とりわけ本発明の方法の使用に適した装置であって、少なくとも 1 つの制御パラメータに従ってシステムパラメータを修正するための修正手段、結果的に生じるシステムパラメータの値を測定するための測定手段、予め設定された目標値と測定値とを比較するための比較手段、測定値と目標値との間に生じる差に従ってシステムパラメータの後続の修正のための少なくとも 1 つの制御パラメータを計算するための計算手段がインプリメントされている装置によって解決される。

【0015】

請求項 1 及び 10 に記述されているように、本発明の概略的なアプローチは、第 1 の瞬時の制御プロシージャではなくむしろ未来の制御プロシージャの間に制御されるシステムのパフォーマンスを改善することである（従って、例えば、第 1 の充電プロシージャにおいて圧電素子を 100 V の電圧にまでもたすために 100 V の目標電圧が使用されるとする。しかし、このプロシージャの完了後には、実際はちょうど 90 V の電圧が達成されたにすぎないことが明らかとなる。すると、次の時には、素子は 100 V にまでもたされなければならないので、補正された目標電圧 110 V が使用される。なぜなら、先の経験から、そうしている間に 10 V のマイナスが生じてしまうことが分かっているからである。同様に、1 つの素子が 150 V の目標電圧にまでもたされなければならない場合には、補正された 160 V の電圧が使用される等々）。従って、既存の制御システム、とりわけ圧電素子を充電及び放電するために回路内の圧電素子に印加される電圧を制御するため

40

50

のシステムは、全くこのシステムの技術的な修正なしで（又はまったく重要な技術的な修正なしで）使用されうる。しかも、それにもかかわらず、パフォーマンスは制御プロシージャの大部分において改良される。これはとりわけ制御システムの典型的なアプリケーションの間の多数の制御プロシージャにおいて当てはまる。従って、本発明は制御システムのパフォーマンスの高価ではないエレガントな改良を提供する。

【0016】

本発明の有利な実施形態は従属請求項2～8に記載されている。これらの請求項に相応するインプリメンテーションは、制御システム内で発生し結果的に圧電アクチュエータの不正確な制御をもたらすシステムティック・エラーを大幅に除去するために所望の電圧を修正するという利点を提供する。

10

【0017】

本発明を実施例との関連において以下において図面を参照しながら詳しく説明する。

【0018】

以下の記述は最初に図2に図示されているように本発明が適用される装置の実施例の個々の部材を導入する。次に、圧電素子10、20、30、40、50、60を充電及び放電させるプロシージャが付加的に図3a～3cを参照しつつ概略的に記述される。第3に、制御ユニットD及びアクティベーションIC Eによって2つのプロシージャを制御するやり方が、図2及び図4を参照しつつ詳細に説明される。第4に、どのようにこの本発明の実施例が本発明の方法によって駆動され、どのような利点があるのかを概略的に示す。第5に、本発明のより詳細な実施例が図1を参照しつつ記述される（その他の図5～7は既に説明した。しかし、本発明の実施例のより良い理解をもたらすのに有益であると思われる場合にはいつでもこれらの図を参照する）。

20

【0019】

上述のように、図2は本発明がインプリメントされる装置の実施例のブロック回路図である。

【0020】

図2には詳細な領域A及び詳細ではない領域Bが存在する。これらの領域の分割は破線cによって示されている。詳細な領域Aは圧電素子10、20、30、40、50、60を充電及び放電するための回路を含む。この例ではこれらの圧電素子10、20、30、40、50、60は内燃機関の（とりわけいわゆるコモンレールインジェクタの）燃料噴射ノズルにおけるアクチュエータであると考えられる。圧電素子はこのような目的のために使用されうる。なぜなら、周知のように及び前述のように、これらの圧電素子はこれらの圧電素子に印加される電圧又はこれらの圧電素子に発生する電圧の関数として収縮又は伸長するという特性を有しているからである。6つの圧電素子10、20、30、40、50、60をこの実施例において記述する理由は、内燃機関内の6つのシリンダを個別に制御するためである。従って、全く他の個数の圧電素子は全く他の目的に合致する。

30

【0021】

詳細ではない領域Bは制御ユニットD及びアクティベーションIC Eを含み、これら制御ユニットD及びアクティベーションIC Eの2つによって詳細な領域A内の素子が制御される。

40

【0022】

圧電素子10、20、30、40、50、60は第1のグループG1と第2のグループG2に分散されており、各々のグループは3つの圧電素子を有する（すなわち、圧電素子10、20、30は第1のグループG1にあるいは40、50、60は第2のグループG2にある）。グループG1及びG2は互いに並列に接続された回路部分の構成部分である。グループセレクトスイッチ310、320は、圧電素子10、20、30あるいは40、50、60のグループG1、G2のうちのどちらが共通の充放電装置によって各々放電されるのかを決定するために使用される（しかし、これらのグループセレクトスイッチ310、320は、後で説明するように、充電プロシージャにとっては無意味である）。

【0023】

50

グループセレクトスイッチ 310、320 はコイル 240 とそれぞれのグループ G1 及び G2（のコイル側の端子）の間に設けられており、トランジスタとしてインプリメントされている。サイドドライバ（side driver）311、321 がインプリメントされており、これらのサイドドライバ 311、321 は要求された通りにアクティベーション I C E から受信した制御信号をスイッチの開閉に適した電圧に変換する。

【0024】

（グループセレクトダイオードと呼ばれる）ダイオード 315 及び 325 がそれぞれグループセレクトスイッチ 310、320 と並列に設けられている。もしグループセレクトスイッチ 310、320 が MOSFET 又は IGBT としてインプリメントされているならば、これらのグループセレクトダイオード 315、325 は寄生ダイオード自体によって構成される。ダイオード 315、325 は充電プロシージャの間にはグループセレクトスイッチ 310、320 をバイパスする。従って、グループセレクトスイッチ 310、320 の機能は、ただ放電プロシージャだけのために圧電素子 10、20、30 あるいは 40、50、60 のグループ G1、G2 を選択するように低減されている。

10

【0025】

各グループ G1 あるいは G2 において、圧電素子 10、20、30 あるいは 40、50、60 は、並列接続されている圧電ブランチ 110、120、130（グループ G1）及び 140、150、160（グループ G2）の構成部分として設けられている。各圧電ブランチは、圧電素子 10、20、30、40、50 あるいは 60 及び（ブランチ抵抗器と呼ばれる）抵抗器 13、23、33、43、53 あるいは 63 を有する第 1 の並列回路とトランジスタ 11、21、31、41、51 あるいは 61 としてインプリメントされた（ブランチセレクトスイッチと呼ばれる）セレクトスイッチ及び（ブランチダイオードと呼ばれる）ダイオード 12、22、32、42、52 あるいは 62 から成る第 2 の並列回路とから成る直列回路を有する。

20

【0026】

ブランチ抵抗器 13、23、33、43、53 あるいは 63 によって、各々相応の圧電素子 10、20、30、40、50 あるいは 60 は充電プロシージャの間及び後で連続的に自分で放電する。なぜならば、これらのブランチ抵抗器は各容量性圧電素子 10、20、30、40、50 あるいは 60 の両方の端子を互いに接続しているからである。しかし、これらのブランチ抵抗器 13、23、33、43、53 あるいは 63 は、後で述べるように制御された充電及び放電プロシージャに比べてこのプロシージャをゆっくりと行うに足る十分な大きさを有する。従って、あらゆる圧電素子 10、20、30、40、50 又は 60 の電荷は充電プロシージャの後の適切な時間内では変化していないと考えることは、十分に合理的な仮定である（それでもやはりこれらのブランチ抵抗器 13、23、33、43、53 及び 63 をインプリメントする理由は、システムのブレイクダウン又は他の異常な状況の場合に圧電素子 10、20、30、40、50 及び 60 に電荷を残すことを回避するためである）。よって、これらのブランチ抵抗器 13、23、33、43、53 及び 63 は以下の記述においては無視してよい。

30

【0027】

個々の圧電ブランチ 110、120、130、140、150 あるいは 160 のブランチセレクトスイッチ/ブランチダイオード対、すなわち圧電ブランチ 110 のセレクトスイッチ 11 及びダイオード 12、圧電ブランチ 120 のセレクトスイッチ 21 及びダイオード 22 等々は、寄生ダイオードを有する電子スイッチ（すなわちトランジスタ）、例えば（グループセレクトスイッチ/ダイオード対 310 及び 315 あるいは 320 及び 325 に対して上で述べたように）MOSFET 又は IGBT を利用してインプリメントされる。

40

【0028】

ブランチセレクトスイッチ 11、21、31、41、51 あるいは 61 は、圧電素子 10、20、30、40、50 又は 60 のうちのどれが共通の充放電装置によって各々充電されるのかを決定するのに利用される：各々のケースにおいて充電される圧電素子 10、2

50

0、30、40、50又は60は、後で述べる充電プロシーダの間に閉成されるブランチセクタスイッチ11、21、31、41、51又は61の圧電素子だけである。通常は、いつでもただ1つのブランチセクタスイッチが閉成される。

【0029】

ブランチダイオード12、22、32、42、52及び62は放電プロシーダの間にブランチセクタスイッチ11、21、31、41、51あるいは61をバイパスするのに使用される。従って、考察されるこの実施例において、充電プロシーダではどの個別圧電素子でも選択することができるが、放電プロシーダでは圧電素子10、20及び30あるいは40、50及び60の第1のグループG1か又は第2のグループG2のいずれか又は両方のグループを選択する必要がある。

10

【0030】

圧電素子10、20、30、40、50及び60自体に戻ると、ブランチセクタ圧電端子15、25、35、45、55あるいは65は、ブランチセクタスイッチ11、21、31、41、51あるいは61又は相応のダイオード12、22、32、42、52あるいは62のいずれかを介して及びこれらの両方のケースにおいて付加的に抵抗器300を介して接地される。

【0031】

抵抗器300の目的は、圧電素子10、20、30、40、50及び60の充電及び放電の間にブランチセクタ圧電端子15、25、35、45、55あるいは65と接地との間に流れる電流を測定することである。これらの電流の知識は圧電素子10、20、30、40、50及び60の制御された充電及び放電を可能にする。とりわけ、この電流の大きさに依存して充電スイッチ220及び放電スイッチ230を開閉することによって、後ほど詳しく説明するように、充電電流及び放電電流を所定の平均値にセットすること及び/又は充電電流及び放電電流が所定の最大値を超過する及び/又は所定の最小値より下に降下するのを防ぐことが可能である。

20

【0032】

考察されるこの実施例では、測定自体は、さらに例えば5V DCの電圧を供給する電圧源621及び2つの抵抗器622及び623としてインプリメントされた分圧器を必要とする。これは、アクティベーションICE（このICEによって測定が実施される）を負の電圧から保護するためである。この負の電圧はさもないければ測定地点620で発生するかもしれない、このアクティベーションICEによっては処理できない。このような負の電圧は、前記電圧源621及び分圧器抵抗622及び623によって供給される正の電圧セットアップを加算することによって正の電圧に変化される。

30

【0033】

各圧電素子10、20、30、40、50、60のもう一方の端子、すなわちグループセクタ圧電端子14、24、34、44、54あるいは64は、グループセクタスイッチ310あるいは320を介して又はグループセクタダイオード315あるいは325を介してならびにコイル240を介して及び充電スイッチ220及び充電ダイオード221から成る並列回路を介して電圧源の正の極に接続され、さらにこのグループセクタ圧電端子14、24、34、44、54あるいは64は選択的に又は付加的にグループセクタスイッチ310あるいは320を介して又はダイオード315あるいは325を介してならびにコイル240を介して及び放電スイッチ230及び放電ダイオード231から成る並列回路を介して接地される。充電スイッチ220及び放電スイッチ230は、例えばサイドドライバ222あるいは232を介して制御されるトランジスタとしてインプリメントされる。

40

【0034】

電圧源は容量特性を有する素子を有し、この素子はこの考察される実施例では（バッファ）キャパシタ210である。キャパシタ210はバッテリー200（例えば自動車搭載バッテリー）及びこのバッテリーに後置接続されたDC電圧変換器201によって充電される。DC電圧変換器201はバッテリー電圧（例えば12V）を実質的に他のあらゆるDC電圧（

50

例えば250V)に変換し、キャパシタ210をその電圧まで充電する。DC電圧変換器201はトランジスタスイッチ202及び抵抗器203によって制御される。この抵抗器203は測定地点630から行われる電流測定のために利用される。

【0035】

クロスチェックの目的で、測定地点650における更に別の電流測定がアクティベーションIC Eならびに抵抗器651、652及び653及び5V DC電圧、例えばソース654によって可能である。さらに、測定地点640における電圧測定がアクティベーションIC Eならびに分圧抵抗器641及び642によって可能である。

【0036】

最後に、(完全放電抵抗器と呼ばれる)抵抗器330、(ストップスイッチと呼ばれる)トランジスタとしてインプリメントされたストップスイッチ331及び(完全放電ダイオードと呼ばれる)ダイオード332は、(もし圧電素子が後で詳しく説明するような「ノーマルな」放電動作によっても放電されないことが起こってしまうならば)圧電素子10、20、30、40、50及び60を放電させるために使用される。ストップスイッチ331は有利には「ノーマルな」放電プロシージャ(放電スイッチ230を介する周期放電)の後で閉成される。それゆえ、圧電素子10、20、30、40、50、60は抵抗器330及び300を介して接地され、これにより圧電素子10、20、30、40、50、60に残っているかもしれないどんな残留電荷も除去される。完全放電ダイオード332は、負の電圧が環境によってはこれによってダメージをうけるかもしれない圧電素子10、20、30、40、50、60で発生することを阻止する。

【0037】

全ての圧電素子10、20、30、40、50、60又は特にいずれか1つの圧電素子の充電及び放電は(全てのグループ及びこれらのグループの圧電素子に共通の)単一の充放電装置によって行われる。考察されるこの実施例では、共通充放電装置はバッテリー200、DC電圧変換器201、キャパシタ210、充電スイッチ220及び放電スイッチ230、充電ダイオード221及び放電ダイオード231及びコイル240を有する。

【0038】

各圧電素子の充電及び放電は同じように動作し、以下において説明される。ただし第1の圧電素子10だけを参照する。

【0039】

充電及び放電プロシージャの間に発生する状態は図3a～3dを参照しながら説明する。図3a及び3bは圧電素子10の充電を、図3c及び3dは圧電素子10の放電を示している。

【0040】

充電又は放電されるべき1つ又は複数の特定の圧電素子10、20、30、40、50又は60の選択、以下において記述されるような充電プロシージャならびに放電プロシージャは、1つ又は複数の上記のスイッチ11、21、31、41、51、61；310、320；220、230及び331を開くか又は閉じることによってアクティベーションIC E及び制御ユニットDによって駆動される。詳細な領域A内の素子とアクティベーションIC E及び制御ユニットDとの間の相互作用を詳しく以下において記述する。

【0041】

充電プロシージャに関して、最初に充電されるべき特定の圧電素子10、20、30、40、50又は60が選択されなければならない。専ら第1の圧電素子10を充電するためには、第1のブランチ110のブランチセクタスイッチ11が閉成され、他の全てのブランチセクタスイッチ21、31、41、51及び61は開かれたままである。専ら他のあらゆる圧電素子20、30、40、50、60を充電するためには又は幾つかの圧電素子を同時に充電するためには、相応のブランチセクタスイッチ21、31、41、51及び/又は61を閉成することによってこれらの圧電素子が選択される。

【0042】

次いで、充電プロシージャ自体が行われる；

10

20

30

40

50

一般的に、この考察される実施例において、充電プロシーダはキャパシタ 210 と第 1 の圧電素子 10 のグループセクタ圧電端子 14 との間に正の電位差を必要とする。しかし、充電スイッチ 220 及び放電スイッチ 230 が開いている限り、圧電素子 10 の充電又は放電は発生しない。この状態において図 2 に図示された回路は定常状態にある。すなわち、圧電素子 10 がその電荷状態を実質的に不変的に保っており、電流が流れない。

【0043】

第 1 の圧電素子 10 を充電するために、充電スイッチ 220 が閉成される。理論的には、第 1 の圧電素子 10 はそうするだけで充電されるはずである。しかし、これが大電流を発生させ、この大電流が関連する素子にダメージを与えるかもしれない。それゆえ、発生する電流は測定地点 620 で測定され、検出される電流が一定の制限値を越えるやいなやこのスイッチ 220 は再び開かれる。従って、第 1 の圧電素子 10 において所望の電荷に達するために、充電スイッチ 220 は繰り返し開閉され、放電スイッチ 230 は開かれたままにしておかれる。

10

【0044】

もっと詳しく言えば、充電スイッチ 220 が閉成している場合、図 3 a に矢印で示された状態が発生する。すなわち圧電素子 10、キャパシタ 210 及びコイル 240 からなる直列回路を有する閉回路が形成され、この閉回路において電流 $i_{LE}(t)$ が図 3 a に矢印で示されているように流れる。この電流フローの結果、両方の正の電荷が第 1 の圧電素子 10 のグループセクタ圧電端子 14 にもたらされ、エネルギーがコイル 240 に蓄積される。

20

【0045】

充電スイッチ 220 が閉成した後で短時間（例えば、数 μs ）この充電スイッチ 220 が開かれる場合、図 3 b に示された状態が発生する。圧電素子 10、充電ダイオード 221 及びコイル 240 からなる直列回路を有する閉回路が形成され、この閉回路において電流 $i_{LA}(t)$ が図 3 b に矢印で示されているように流れる。この電流フローの結果、コイル 240 に蓄積されたエネルギーが圧電素子 10 に流れる。この圧電素子 10 へのエネルギー供給に相応して、圧電素子 10 で発生する電圧及びこの圧電素子 10 の外法寸法が増大する。一度エネルギー輸送がコイル 240 から圧電素子 10 へ行われると、図 2 に示された既述の回路の定常状態が再び得られる。

30

【0046】

その時又はそれ以前又は以後に（充電動作の所望のタイムプロファイルに依存して）充電スイッチ 220 が再び閉成され再び開かれる。この結果、上記のプロセスが繰り返される。充電スイッチ 220 のこの再開閉の結果、圧電素子 10 に蓄積されるエネルギーが増大し（既にこの圧電素子 10 に蓄積されていたエネルギーに新たに供給されたエネルギーが加算される）、圧電素子 10 で生じる電圧及びこの圧電素子 10 の外法寸法がこれに応じて増大する。

【0047】

充電スイッチ 220 の上述の開閉が多数回繰り返されるならば、圧電素子 10 で生じる電圧及びこの圧電素子 10 の伸長は段階的に増大する。

【0048】

充電スイッチ 220 が所定の回数だけ開閉すると及び/又は圧電素子 10 が所望の充電状態に達すると、この圧電素子 1 の充電が充電スイッチ 220 を開いたままにすることによって終了される。

40

【0049】

放電プロシーダに関して、考察されるこの実施例では、圧電素子 10、20、30、40、50 及び 60 がグループ（G1 及び/又は G2）において次のように放電される。

【0050】

最初に、その圧電素子が放電される 1 つのグループ又は 2 つのグループ G1 及び/又は G2 のグループセクタスイッチ 310 及び/又は 320 が閉成される（ブランチセクタスイッチ 11、21、31、41、51、61 は放電プロシーダのための圧電素子 10

50

、20、30、40、50、60の選択には作用しない。というのも、この場合これらのブランチセレクトスイッチはブランチダイオード12、22、32、42、52及び62によってバイパスされるからである）。従って、第1のグループG1の部分である圧電素子10を放電するためには、第1のグループセレクトスイッチ310が閉成される。

【0051】

放電スイッチ230が閉成されると、図3cに示された状態が発生する。圧電素子10及びコイル240からなる直列回路を有する閉回路が形成され、この閉回路において電流 $i_{EE}(t)$ が図3cに矢印で示されているように流れる。この電流フローの結果、圧電素子に蓄積されていたエネルギー（の一部）がコイル240に輸送される。圧電素子10からコイル240へのエネルギー供給に相応して、圧電素子10において発生する電圧及びこの圧電素子10の外法寸法が減少する。

10

【0052】

放電スイッチ230が閉成した後で短時間（例えば、数 μs ）この放電スイッチ230が開かれる場合、図3dに示された状態が発生する。圧電素子10、キャパシタ210、放電ダイオード231及びコイル240からなる直列回路を有する閉回路が形成され、この閉回路において電流 $i_{EA}(t)$ が図3dに矢印で示されているように流れる。この電流フローの結果、コイル240に蓄積されていたエネルギーがキャパシタ210にフィードバックされる。一度エネルギー輸送がコイル240からキャパシタ210へ行われると、図2に示された既述の回路の定常状態が再び得られる。

20

【0053】

その時又はそれ以前又は以後に（放電動作の所望のタイムプロファイルに依存して）放電スイッチ230が再び閉成され再び開かれる。この結果、上記のプロセスが繰り返される。放電スイッチ230のこの再開閉の結果、圧電素子10に蓄積されるエネルギーがさらに減少し、この圧電素子で生じる電圧及びこの圧電素子の外法寸法がこれに応じて減少する。

【0054】

放電スイッチ230の上述の開閉が多数回繰り返されるならば、圧電素子10で生じる電圧及びこの圧電素子10の伸長は段階的に減少する。

【0055】

放電スイッチ230が所定の回数だけ開閉すると及び/又は圧電素子が所望の放電状態に達すると、この圧電素子10の放電が放電スイッチ230を開いたままにすることによって終了される。

30

【0056】

アクティベーションIC Eと一方で制御ユニットDと他方で詳細な領域A内の部材との間の相互作用は、アクティベーションIC Eから詳細な領域A内の部材へとブランチセレクト制御ライン410、420、430、440、450、460、グループセレクト制御ライン510、520、ストップスイッチ制御ライン530、充電スイッチ制御ライン540及び放電スイッチ制御ライン550及び制御ライン560を介して送信される制御信号によって実施される。他方で、詳細な領域A内の測定地点600、610、620、630、640、650で得られたセンサ信号があり、これらのセンサ信号はセンサライン700、710、720、730、740、750を介してアクティベーションIC Eに伝送される。

40

【0057】

これらの制御ラインは、上記のような相応のスイッチを開閉することによって圧電素子10、20、30、40、50又は60を選択し単一の又は複数の圧電素子10、20、30、40、50、60の充電又は放電プロシーダを実施するためにトランジスタベースに電圧を供給したりしなかったりするのを使用される。センサ信号は特に測定地点600あるいは610から圧電素子10、20及び30あるいは40、50及び60の結果的に生じる電圧及び測定地点620から充電及び放電電流を検出するのに使用される。制御ユニットD及びアクティベーションIC Eは、図2及び4を参照しながらこれから詳細に

50

記述するような両者の相互作用を実施するために、これら２種類の信号を組み合わせるのに使用される。

【００５８】

図２に示されているように、制御ユニットＤ及びアクティベーションＩＣＥはパラレルバス８４０及び付加的にシリアルバス８５０によって互いに接続されている。パラレルバス８４０は特に制御ユニットＤからアクティベーションＩＣＥへの制御信号の高速伝送のために使用され、他方でシリアルバス８５０は比較的低速なデータ伝送のために使用される。

【００５９】

図４にはアクティベーションＩＣＥが有している幾つかのコンポーネントが示されている。すなわち、ロジック回路８００、ＲＡＭメモリ８１０、デジタル/アナログ変換器システム８２０及びコンパレータシステム８３０である。さらに（制御信号用の）高速パラレルバス８４０がアクティベーションＩＣＥのロジック回路８００に接続されており、他方で比較的低速なシリアルバス８５０がＲＡＭメモリ８１０に接続されているのが示されている。ロジック回路８００は、ＲＡＭメモリ８１０、コンパレータシステム８３０及び信号ライン４１０、４２０、４３０、４４０、４５０及び４６０；５１０及び５２０；５３０；５４０、５５０及び５６０に接続されている。ＲＡＭメモリ８１０はロジック回路８００ならびにデジタル/アナログ変換器システム８２０に接続されている。デジタル/アナログ変換器システム８２０はさらにコンパレータシステム８３０に接続されている。コンパレータシステム８３０はさらにセンサライン７００及び７１０；７２０；７３０、
740及び750と前述のようにロジック回路８００に接続されている。

【００６０】

上記のコンポーネントは以下のように充電プロシージャにおいて使用される：制御ユニットＤによって所定の目標電圧に充電されるべき特定の圧電素子１０、２０、３０、４０、５０又は６０が決定される。従って、最初に（デジタル数字により表現された）目標電圧の値がＲＡＭメモリ８１０へ比較的低速なシリアルバス８５０を介して伝送される。後で又は同時に、選択される特定の圧電素子１０、２０、３０、４０、５０又は６０に相応するコード及びＲＡＭメモリ８１０内の所望の電圧のアドレスがロジック回路８００にパラレルバス８４０を介して伝送される。後ほど、ストローブ信号がロジック回路８００にパラレルバス８４０を介して送信される。このパラレルバス８４０は充電プロシージャのためのスタート信号を供給する。

【００６１】

スタート信号により最初にロジック回路８００はＲＡＭメモリ８１０から目標電圧のデジタル値をピックアップし、このデジタル値をデジタル/アナログ変換器システム８２０に伝達させる。これによりこの変換器８２０の１つのアナログ出力側に所望の電圧が現れる。さらに前記アナログ出力側（図示せず）はコンパレータシステム８３０に接続されている。これに加えて、ロジック回路８００は（第１のグループＧ１のいずれかの圧電素子１０、２０、３０のための）測定地点６００又は（第２のグループＧ２のいずれかの圧電素子４０、５０、６０のための）測定地点６１０をコンパレータシステム８３０に対して選択する。この結果、目標電圧と選択された圧電素子１０、２０、３０、４０、５０又は６０における瞬時の電圧とがコンパレータシステム８３０によって比較される。この比較の結果、すなわち目標電圧と瞬時の電圧との間の差がロジック回路８００に伝送される。これにより、ロジック回路８００は、目標電圧と瞬時の電圧とが互いに等しくなるやいなやこのプロシージャをストップすることができる。

【００６２】

第２に、ロジック回路８００は制御信号を、選択された圧電素子１０、２０、３０、４０、５０又は６０に相応するブランチセレクトスイッチ１１、２１、３１、４１、５１又は６１に供給し、この結果、このスイッチが閉成される（全てのブランチセレクトスイッチ１１、２１、３１、４１、５１及び６１はここで記述される実施例では充電プロシージャの開始の前には開いた状態にあると考えられている）。次いで、ロジック回路８００は制

御信号を充電スイッチ220に供給し、この結果、このスイッチが閉成される。さらに、ロジック回路800は測定地点620で発生する電流の測定をスタート（又は継続）する。ここで、測定された電流は予め設定された最大値とコンパレータシステム830によって比較される。予め設定された最大値に検出された電流が到達するやいなや、ロジック回路800は充電スイッチ220を再び開く。

【0063】

再び、測定地点620における残留電流が検出され、予め設定された最小値と比較される。前記の予め設定された最小値に到達するやいなや、ロジック回路800は充電スイッチ220を再び閉成させ、このプロシージャをまたスタートする。

【0064】

充電スイッチ220の開閉は、測定地点600又は610で検出される電圧が目標電圧を下回る限りは繰り返される。目標電圧に到達するやいなや、ロジック回路はこのプロシージャの継続をストップする。

【0065】

放電プロシージャは相応のやり方で行われる：圧電素子10、20、30、40、50又は60の選択がグループセレクトスイッチ310あるいは320によって行われ、充電スイッチ220の代わりに放電スイッチ230が開閉され、予め設定された最小目標電圧に到達しなくてはならない。

【0066】

充電及び放電動作のタイミング及び例えば主噴射の時間のような圧電素子10、20、30、40、50又は60における電圧レベルの保持は、例えば図6a～図6cに示された前述のような2つの閉位置及び1つ又は複数の所望された開位置を有する複動式バルブのバルブストロークに従う。

【0067】

上記のような圧電素子10、20、30、40、50又は60の充電又は放電の間に、本発明にとって重要な次のような問題が発生するあるいは発生しうる。

【0068】

第1に、測定地点600あるいは610でローディングプロシージャの間（すなわち電流が存在する間）に測定されるような電圧は、厳密に圧電素子10、20、30、40、50又は60に供給される電圧ではない。代わりに、それは、圧電素子10、20、30、40、50又は60における電圧、配線における電圧、ブランチセレクトスイッチ11、21、31、41、51又は61における電圧、及び、具体的なアクションに依存して、ブランチダイオード12、22、32、42、52又は62又はブランチ抵抗器13、23、33、43、53又は63のような分路における電圧の和に相応する。従って、もしこれが考慮されないならば、得られた電圧は目標電圧よりも小さいであろう。なぜならば、充電プロシージャは測定された電圧が目標電圧に等しくなるやいなや終了されるからである。

【0069】

第2に、得られた電圧が目標電圧と等しい場合、一般的にはまだ電流が存在している。従って、充電又は放電プロシージャが終了した後でこれらの電流が消失してゆく間に、圧電素子10、20、30、40、50あるいは60における電圧はさらに増大するかあるいは減少する。従って、充電プロシージャの場合には、これらの第1の効果及び第2の効果が（部分的に）互いにキャンセルし合い、他方で放電プロシージャではこれら第1の効果及び第2の効果が互いに足し合わされてしまう。

【0070】

さらに、この第2の効果は、通信遅延のために増大する。これは、充電電流のグラジエントが10A/ μ s e cまでの範囲にあるからであり、さらに、電流制御及びドライバロジックのために上記の実施例において使用されるスイッチが1 μ s e cまでのスイッチングタイムを有するからである。従って、所望される充電電流の大きさは10Aまで超過される。

10

20

30

40

50

【0071】

さらに、システムティック・エラーがD/A変換器、コンパレータのトレランス及び電圧パスにおいて使用されるコンポーネントの遅延のために発生する又は発生しうる。さらに、目標電圧に到達する瞬間にアクチュエータに加えられる相応の圧力に起因する電圧のような効果が存在する。

【0072】

結果的に、本発明のインプリメンテーションがない場合には、噴射される燃料量のトレランスをもたらず電圧偏差が存在するだろう。これは特に圧電アクチュエータあるいはバルブがいずれかの「開位置」にある場合に重要である。

【0073】

ここで本発明の方法を導入する。充電又は放電プロシージャの終結の後に、関連する圧電素子10、20、30、40、50又は60における電圧あるいはその圧電素子の相応のグループG1又はG2における電圧が再測定される。これから、後続の充電又は放電プロシージャに対する補正パラメータが得られる。よって、この時間の間に上記の問題による効果が弱まる。実施例の環境における本発明の方法のインプリメンテーションを次に詳しく説明する。

【0074】

最初に、いずれかの圧電素子10、20、30、40、50又は60における再測定電圧が図2に示されているような測定地点600又は610から測定される。従って、この再測定は充電又は放電プロシージャの間に得られた電圧の測定のためにも使用されるアクティベーションIC Eの中の同一の測定コンポーネントによって行われる。しかし、これは、アクティベーションIC Eから制御ユニットDへ伝送コンポーネント920によってこの得られた電圧を伝送することを必要とする。他方で、この測定は制御ユニットD内の測定コンポーネントによっても行うことができる。これに応じて、測定地点600あるいは610との間の直接のライン900あるいは910が必要となる。これら両方の場合において、関連する圧電素子10、20、30、40、50又は60における電圧の再測定（及び伝送）の後で、相応の値が制御ユニットDにおいて利用可能である。

【0075】

さらに、この再測定は圧電素子10、20、30、40、50又は60の充電と放電（又は放電と充電）との間の時間内に行われる必要がある。より正確に言えば、この測定は、あらゆる残留電流が実質的に消失する前に行われてはならない。この目的を実現するために、瞬時の電流が測定地点620から測定されるか又は各プロシージャの終結の後の確実な時間遅延が考慮されるかのいずれかである。

【0076】

次に、再測定されて得られた電圧が相応の充電又は放電プロシージャの目標電圧と比較される。ここで、この目標電圧自体が、前の充電又は放電プロシージャに従ってすでに補正されているかもしれない。従って、初期目標電圧は（すなわち、圧電素子10、20、30、40、50又は60において得られるべきであった電圧値）は何であったか、及び、得られた電圧と目標電圧との間の前の差（すなわち、この初期目標電圧に加算されるなんらかのオフセット）にもとづいてこの初期目標電圧がどのように変更されたのかをできれば考慮したい。他方で、原理的には、目標電圧と相応の得られた電圧とを比較するだけで十分である。こういう理由で、例えば、得られた電圧をその相応の目標電圧から減算することによって比較が行われる。よって、このシステムは、どのくらいの（正又は負の）オフセットが1つの制御される素子において一定の電圧を達成するために必要なのか、ということを知る。選択的に、得られた電圧と相応の目標電圧とを互いに減算する代わりに、目標電圧に相応する制御パラメータをデジタル/アナログ変換器によって電圧に変換し、この変換された目標電圧と測定地点600あるいは610における電圧とを比較手段（図示せず）により比較することによって比較を行うことができる。

【0077】

次に、さらに別の目標電圧を補正する間に、この目標電圧と得られた電圧との間の差が利

10

20

30

40

50

用される。付加的に、初期目標電圧及び/又はこの得られた電圧の絶対値、以前に得られた電圧の値、前のプロシーダの種類及び次のプロシーダの種類（すなわち、充電プロシーダか又は放電プロシーダか）又は他の適当なパラメータが考慮される。

【0078】

補正自体は以下の例に示すように様々なやり方でインプリメントされる。

【0079】

第1のアプローチとしては、この補正は、次の充電又は放電プロシーダの初期目標電圧に加算されるオフセットとしてインプリメントされる。このオフセットは正又は負の値を有するだろう。このオフセットは前の目標電圧と相応の得られた電圧との間の絶対的な差として計算される。すなわち、この得られた電圧がこの相応の（補正された）目標電圧から減算され、この結果が後続の充電又は放電プロシーダに対するオフセットとして使用される。従って、この（補正された）目標電圧が110Vでありかつこの得られた電圧が100Vであった場合には、差は+10Vであり、従って（たとえ100Vの電圧を得るために110Vの補正された目標電圧が使用される必要があることを前のプロシーダが教えているだけだとしても）+10Vのオフセットが後続のプロシーダの初期目標電圧に補正として加算される。その結果として、150Vの電圧を次のプロシーダで得るためには160Vの補正された目標電圧が使用される。

【0080】

しかし、今までは、前のプロシーダが充電プロシーダか又は放電プロシーダであったか及び次のプロシーダが何になるかということは考慮されることはなかったのである。他方で、上述のように、補正される必要のある2つの効果が存在する：一方で、測定された電圧はいずれかのプロシーダの間に回路の他のコンポーネントにおける電圧により増大されている。よって、圧電素子10、20、30、40、50あるいは60において実際に得られた電圧は減少されている。他方で、前のプロシーダが充電プロシーダか又は放電プロシーダであるかに依存して、電圧は、それぞれこのプロシーダの終了の後に残っている電流によって増大あるいは減少されている。よって、放電プロシーダの場合にはこれら両方の効果が互いに足し合わされるのに対して、充電プロシーダの場合にはこれら両方の効果が（部分的に）互いにキャンセルし合う。このような理由で、上記のように計算されるオフセットは、このオフセットが対応するプロシーダと同じ種類のプロシーダに対してのみ使用され得る。

【0081】

さらに、得られた電圧を補正された（又は初期）目標電圧から減算した結果を使用するだけの代わりに、相応の相対的な数を使用することができる。従って、目標電圧110V及び得られた電圧100Vの上記の例において、最初に相対的な差が $[(110 - 100) / (100 / 100)]\% = (10 / 1.0)\% = 10\%$ と計算される。すなわち、前のプロシーダは、100Vの電圧を実現するためには10%だけ増大された目標電圧110Vが供給される必要があると教えている。次いで、次の初期目標値が150Vである場合には、相応に補正された目標電圧は10%のオフセットを加えることによって計算される。すなわち、 $150V + (150V * 0.10) = 165V$ である。

【0082】

非線形コヒーレンスが存在する場合には、オフセットは他の相応のやり方で計算してもよい。さらに、単に1つのプロシーダに相応する値を使用する代わりに、複数の充電プロシーダあるいは放電プロシーダに相応するような値を使用してもよい。さらに、充電プロシーダに対するオフセットと放電プロシーダに対するオフセットとの間にコヒーレンスが存在する場合には、相応のオフセットを互いから推測してもよい。個々の圧電素子10、20、30、40、50又は60により特定の効果が存在する場合には、これらの圧電素子の各々に対する別個のオフセットを計算してもよい。各圧電素子10、20、30、40、50及び60に対する各アクション及び各々相応の初期目標電圧に対するオフセットを格納し、各々相応の充電又は放電プロシーダの後でこれらのオフセットの各々を更新することも可能である。さらに、オフセットを加算する代わりに、1より小さい

10

20

30

40

50

又は1より大きい係数（例えば1.10又は0.90）により初期目標電圧を乗算することによって又は他の適当なやり方によって目標電圧の補正を行うこともできる。

【0083】

次に、本発明の例示的なソフトウェアインプリメンテーションを図1を参照しながら詳しく記述する。この例示的な本発明のインプリメンテーションは図6に示されたような及び上述のような駆動プロファイルにより使用される、すなわち第1の又はボトム閉位置、第1の又はアップ開位置、第2の又はトップ閉位置及び第2の又はダウン開位置を有する複動式制御バルブに対する駆動プロファイルによって使用される（上記のように、「ボトム」、「ダウン」、「アップ」及び「トップ」によって、相応の最小電圧、低めの中間電圧、高めの中間電圧、最大電圧を表している）。

10

【0084】

アップ開位置は圧電素子10をボトム閉位置から開位置へと充電している間に使用され、ダウン開位置は圧電素子10をトップ閉位置から開位置へと放電している間に使用される。従って、各々の開位置は専ら充電プロシージャあるいは放電プロシージャのために使用されるものである。その結果、充電及び放電プロシージャの間に発生するシステムティック・エラーの上記の異なる正味の効果（すなわち、充電プロシージャの間の幾つかの効果の部分的なキャンセルあるいは放電プロシージャの間の幾つかの効果の足し合わせ）は、補正プロシージャにおいてアップ開位置及びダウン開位置を単に別個の処理することによって考慮され得る。

【0085】

20

図1を参照すると、各位置（すなわちトップ閉位置、アップ開位置、ダウン開位置及びボトム位置）に対する補正係数又は補正值を得る方法の概略的な図がある。これによって、個々の補正係数又は補正值が各位置に対して得られるが、この位置に相応する各シリンダ固有の目標電圧に対しては得られない。すなわち、（トップ、アップ、ダウン又はボトムに対する）各々の個別の補正係数は、同一の位置（トップ、アップ、ダウン又はボトム）に相応する全ての圧電素子10、20、30、40、50及び60に対する全てのシリンダ固有の目標電圧の補正のために使用される。これは、本発明により補正されうるシステムティック・エラーが主にシリンダに固有ではない効果に関連しており、それゆえ、計算においてアクチュエータ固有のエラーの割合を最小化することが望ましいからである。さらに、閉位置に対しては単純化が可能である：最初に、トップ閉位置に関しては、一般的にシリンダ固有の目標電圧が使用されることはなく、従って、相応の平均化が必要ない。第2に、一般的にボトム閉位置に対する補正は省略することが可能である。なぜなら、これは、例えば単に基本的に完全に圧電素子を放電することによって得られるからであり、所望の電圧にこの圧電素子を精確に調整することによって得られるのではないからである。

30

【0086】

より詳しく言えば、以下の入力データは、少なくともいずれかの所望の開位置に相応する圧電素子10、20、30、40、50又は60における電圧の制御に本発明の方法を適用するために使用される。

【0087】

40

$\langle U_{target} \rangle$ 、すなわち、所望の開位置に相応する複数の圧電アクチュエータ10、20、30、40、50、60に対するフィルタリングされた平均シリンダ固有目標電圧。この平均化は、例えば、所望の位置に相応する上記の実施例の6つの圧電素子10、20、30、40、50及び60に対する6つのシリンダ固有目標電圧を加算して、この結果の値を6で除算することによって行われる。

【0088】

$\langle U_{offset, p} \rangle$ 、すなわち、（前述した）圧力の変化へのシステムの依存性に相応するシリンダ固有目標電圧に対するフィルタリングされた平均シリンダ固有電圧オフセット。これらの圧力依存オフセットを考慮に入れる理由は、相応に修正された目標電圧が圧電素子の充電に使用され、さらに、この結果生じる電圧がこれらの相応に修正された目

50

標電圧と比較されなければならないからである。

【0089】

<U_{actual}>、すなわち、上記の目標電圧及びオフセットが使用された充電プロセスによって得られたフィルタリングされた平均シリンダ固有電圧であり、これらのフィルタリングされた平均シリンダ固有電圧は各充電プロセスが終了した後で測定されたものである。

【0090】

平均目標電圧<U_{target}>及び平均オフセット電圧<U_{offset, p}>は、相応の充電プロセスの間に実際に使用された修正平均目標電圧を得るために加算地点1100において互に加算される。次いで平均測定実際電圧<U_{actual}>が減算地点1110において最初の結果から減算される。こうして得られた差はPIコントローラ1120にキープされ、このPIコントローラ1120の相応の出力は未来の制御プロセスの補正のためのオフセットとして使用される（安全性の目的のために、前記オフセットはさらに制限ボックス1130により示されているような最小値と最大値との間に制限される。これによって、過度に、すなわち、所与のアプリケーションにおけるシステムティック・エラーにどうしても対応するはずのないやり方で目標電圧を修正してしまうオフセットが回避される）。それゆえ、こうして得られたオフセットは加算地点1140においてどのシリンダ固有目標電圧U_{target, cylinder-specific}にも加算される。

【0091】

従って、各々位置に対する補正されるそれ自身のシリンダ固有目標電圧（すなわち、アップ開位置又はダウン開位置のような、電圧レベル）を有する6つのシリンダあるいは6つの圧電素子10、20、30、40、50及び60に対して、6つの加算地点1140が必要とされるか又は6つのシリンダ固有目標電圧U_{target, cylinder-specific}が加算地点1140で次々と補正される。さらに、加算地点1140の後ろに、結果的に得られる補正された目標電圧に対するさらに別の最大値/最小値制限部（図示せず）を有することも可能である。

【0092】

上記のプロシーダを時間の間繰り返すことにより適応学習プロセスをインプリメントすることができる。さらに、他の診断フィーチャ（diagnostic feature）をインプリメントすることもできる。

【0093】

さらに、一時的にアプローチされなかった電圧に対するオフセットを「フリーズすること（freezing）」（すなわち、最近の補正オフセットをキープすること）は有意義であり、従って、次に詳しく記述するメモリ素子として使用される相応のフリージングスイッチ1150を上述のようにロジックにおいてインプリメントすべきである。

【0094】

例えば、相応する状況は、単動モードで、すなわち複動式制御バルブのボトム閉位置及びアップ開位置を使用するだけのモードでこの複動式制御バルブを使用する間に発生する。これは、例えば、供給される最大電圧による圧電素子10、20、30、40、50及び60の完全な伸長に相応するトップ閉位置が非常に低い温度などのために実施できないか又は正確には実施できないような状況において必要である。このような状況においては、最大電圧に相応するトップ閉位置ならびにこれに続く放電プロセスのためのダウン開位置は全くアプローチされず、従って、いかなる測定結果も相応の目標値と比較してはならない。なぜなら、これは間違った結果にあるいはもし相応の値が格納されるならば間違ったオフセット値に導くことになるからである。他方で、もし最近のオフセット値が「フリーズ」すなわち格納されたままであるならば、この最近のオフセット値はこれらの位置に相応する一時的に省略された電圧に後でアプローチするために使用される。システムティック・エラーは比較的安定しているため「フリージング」は長い時間に亘って可能であるので、これはやはりリーズナブルな結果をもたらすだろう。

【0095】

フリーズスイッチ1150は2つの入力側1160、1170及び1つの出力側1180を有する。1つの入力側1170には最大値/最小値ボックス1130の出力側が接続されている。他の入力側1160はこのスイッチの自分自身の出力側1180に接続されている。従って、瞬時に得られたオフセットがこのスイッチを介して1つの入力側1170から出力側1180へ通過するか、又は、最近得られたオフセットが他の入力側1160と出力側1180との間に格納されたままになるか（これはこのスイッチがアクティブな電氣的コンポーネントであることを必要とする）のいずれかである。

【0096】

上述のロジカルコンポーネントは、例えばハードウェア手段か又はソフトウェア手段かのいずれかによって制御ユニットDにインプリメントされる。最終的に得られる補正されたシリンダ固有目標電圧はアクティベーションIC Eに図2のシリアルバス850によって伝送される。

10

【0097】

上述の本発明の実施例の記述は単に例として使用されていることを理解してもらいたい。本発明の他のどんなインプリメンテーションも本発明自体へのいかなる制限もなしに行われ得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による電圧制御システムソフトウェアを概略的に表す。

【図2】本発明が適用されかつ本発明の方法のアプリケーションのために利用され得る装置の実施例のブロック線図を示す。

20

【図3a】図1の回路において第1の充電（充電スイッチ220閉成）の間に発生する状態を説明するための概略図を示す。

【図3b】図1の回路において第2の充電フェーズ（充電スイッチ220再び開く）の間に発生する状態を説明するための概略図を示す。

【図3c】図1の回路において第1の放電フェーズ（放電スイッチ230閉成）の間に発生する状態を説明するための概略図を示す。

【図3d】図1の回路において第2の放電フェーズ（放電スイッチ230再び開く）の間に発生する状態を説明するための概略図を示す。

【図4】図1に示されたアクティベーションIC Eのコンポーネントのブロック線図である。

30

【図5】燃料噴射システムを示す。

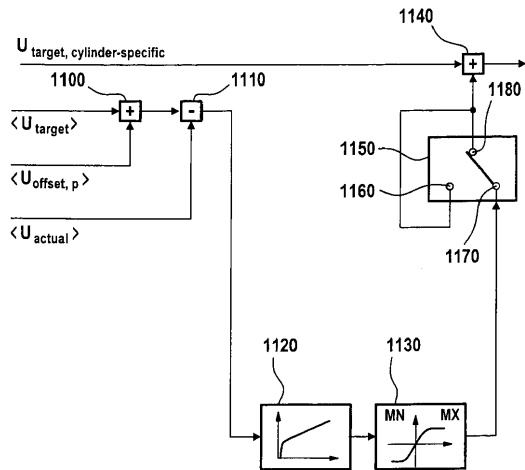
【図6a】複動式制御バルブの概略図を示す。

【図6b】複動式制御バルブの概略図を示す。

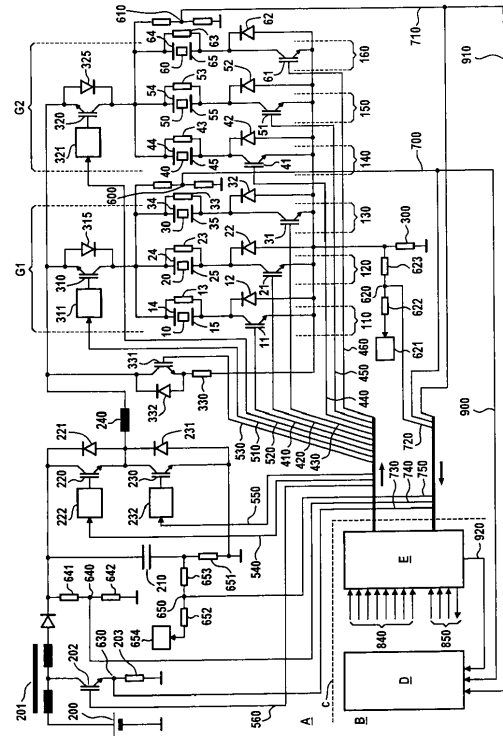
【図6c】複動式制御バルブの概略図を示す。

【図7】複動式制御バルブを有する燃料噴射システムの噴射サイクルの概略図を示す。

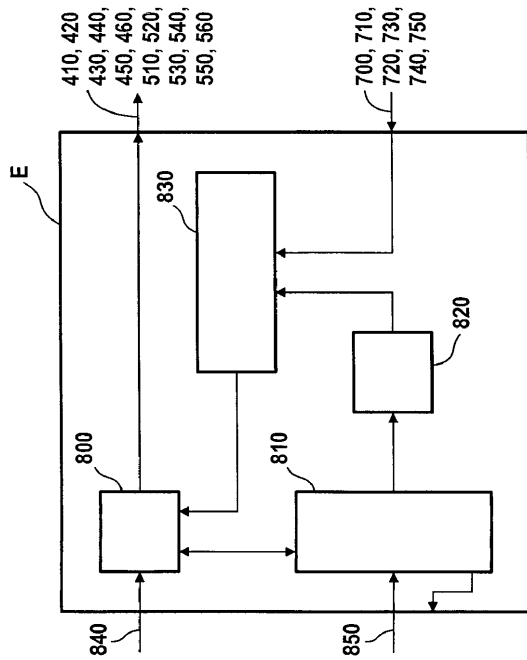
【図 1】



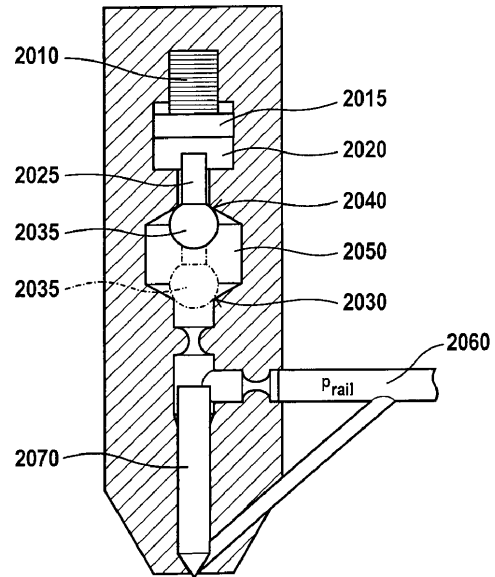
【図 2】



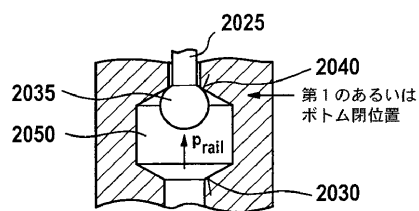
【図 4】



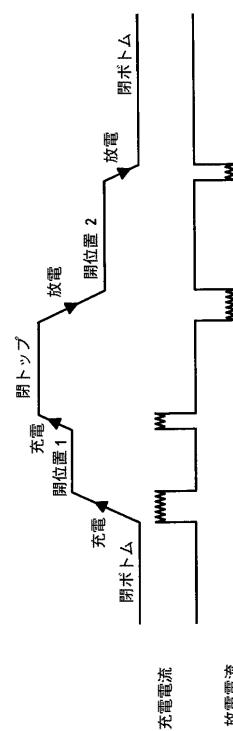
【図 5】



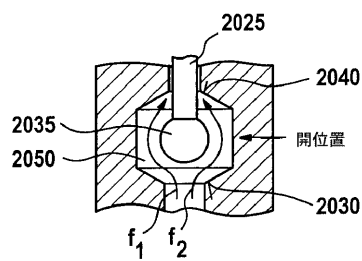
【図 6 a】



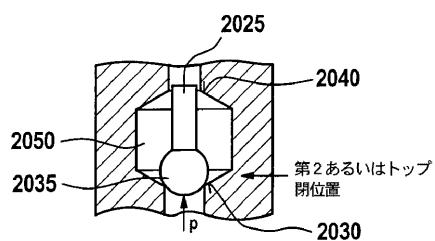
【図 7】



【図 6 b】



【図 6 c】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヨハネス・イエルク リューガー
ドイツ連邦共和国 ヴァイヒンゲン／エンツ グーテンベルクシュトラッセ 21
- (72)発明者 マティアス ムロジク
ドイツ連邦共和国 シュツツトガルト シュパルヘムリングヴェーク 97
- (72)発明者 フォルカー ピッツァール
ドイツ連邦共和国 ヴァルトシュテッテン／ヴィスゴルディンゲン ウーラントシュトラッセ 21
- (72)発明者 ウド シュルツ
ドイツ連邦共和国 ヴァイヒンゲン／エンツ コルンブルーメンヴェーク 34

審査官 杉浦 貴之

- (56)参考文献 特開平11-026827 (JP, A)
特開平03-065066 (JP, A)
特開平06-000978 (JP, A)
特開平06-062585 (JP, A)
特開平10-288119 (JP, A)
特開平11-317551 (JP, A)
特開平06-114595 (JP, A)
特開昭63-130356 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00
F02D 41/20
G05B 13/02
H01L 41/083
F16K 31/02