

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4318849号
(P4318849)

(45) 発行日 平成21年8月26日(2009.8.26)

(24) 登録日 平成21年6月5日(2009.6.5)

(51) Int.Cl. F I
 HO2N 2/00 (2006.01) HO2N 2/00 B
 HO1L 41/083 (2006.01) HO1L 41/08 P

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2000-352183 (P2000-352183)	(73) 特許権者	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
(22) 出願日	平成12年11月20日(2000.11.20)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2002-159190 (P2002-159190A)	(74) 代理人	100067596 弁理士 伊藤 求馬
(43) 公開日	平成14年5月31日(2002.5.31)	(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
審査請求日	平成18年12月13日(2006.12.13)	(72) 発明者	森次 通泰 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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ピエゾアクチュエータに設けられたピエゾスタックに供給する電荷を蓄電するコンデンサを具備し、

かつ、該コンデンサからインダクタを介してピエゾスタックに通電する第1の通電経路を有し、該通電経路には、前記コンデンサと前記通電経路の間に介設される充電用のスイッチング素子のオン期間に充電電流を流し、

前記コンデンサおよび前記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、該通電経路には、前記スイッチング素子のオフ期間にフライホイール作用で前記ピエゾスタックへの充電可能な充電電流を流し、

かつ、前記スイッチング素子を制御しピエゾスタックが目標充電量に達するとスイッチング素子をオフに固定する制御手段を具備するピエゾアクチュエータ駆動回路において、前記ピエゾスタックと前記第2の通電経路の間に介設されて、前記スイッチング素子がオフに固定されるのと同じタイミングで前記制御手段によりオフされてピエゾスタックを第2の通電経路から切断する通電経路切断用のスイッチング素子と、

インダクタからピエゾスタックに到る途中で第2の通電経路から分岐し、前記通電経路切断用のスイッチング素子がオフすると実質的にインダクタと前記コンデンサとを接続して前記フライホイール作用でインダクタから前記コンデンサに還流電流を流す第3の通電経路とを具備す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】

請求項 1 記載の piezoアクチュエータ駆動回路において、前記第 3 の通電経路は、前記インダクタと前記コンデンサ間に、バッファコンデンサの両端間電圧に対して逆バイアスとなるようにダイオードを設けてなる piezoアクチュエータ駆動回路。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 いずれか記載の piezoアクチュエータ駆動回路において、前記インダクタの出力端には、前記 piezoスタックと、piezoアクチュエータ選択用のスイッチング素子とを直列に接続したものを複数組並列に接続し、前記制御手段は、前記充電用のスイッチング素子がオフに固定されるのと一緒に前記 piezoアクチュエータ選択用のスイッチング素子がオフするように設定し、前記 piezoアクチュエータ選択用のスイッチング素子を前記通電経路切断用のスイッチング素子と兼用とした piezoアクチュエータ駆動回路。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は piezoアクチュエータ駆動回路に関する。

【0002】

【従来の技術】

piezoアクチュエータは PZT 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 piezo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 piezoアクチュエータにより行うものが知られている。

20

【0003】

piezoアクチュエータを駆動する piezoアクチュエータ駆動回路は、図 4 に示すように、piezoスタックへの給電用のコンデンサ 81 を備え、コンデンサ 81 からインダクタ 83 を介して piezoスタック 9 に通電する第 1 の通電経路 82a と、前記インダクタ 83 とダイオード 85 と piezoスタック 9 とで閉回路を形成する第 2 の通電経路 82b とを有している。第 1 の通電経路 82a 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 84 のオン期間に漸増する充電電流が流れ、第 2 の通電経路 82b には、前記スイッチング素子 84 のオフ期間にフライホイール作用で漸減する充電電流が流れる。また、スイッチング素子 84 のオンからオフへの切り替えは、例えば、充電電流がそのピーク値を規定する所定の電流制限値になると行われる。

30

【0004】

図 5 に示すように、充電電流はかかる漸増と漸減とを繰り返して piezoスタック 9 の充電量が増加していき、piezoスタック 9 の両端間電圧 (piezoスタック電圧) が段階的に上昇していく (特開平 10 - 308542 号公報等)。これは複数スイッチング方式として知られている。そして、piezoスタック電圧が所定の目標値に達するとスイッチング素子 84 をオフに固定し充電を終了する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、スイッチング素子 84 をオフに固定した時にインダクタ 83 に電流 (充電電流) が流れていると、この電流に応じたエネルギーがインダクタ 83 には蓄積されているから、その分、フライホイール作用で電流が流れて充電され、piezoスタック電圧は上昇する。この、スイッチング素子 84 をオフに固定した後の充電量は、目標充電量に対する誤差となる。

40

【0006】

その上、この誤差は、環境の変化等で piezoアクチュエータ駆動回路を構成する部品の定数が変化することでばらつく。例えば、piezoスタック 9 を含め容量性素子は一般的に静電容量が大きな温度依存性を示す。piezoスタック 9 に蓄電された電荷量を Q 、piezoスタック静電容量を C 、piezoスタック電圧を V として $V = Q / C$ であるから、piezoスタック静電容量の増大で piezoスタック電圧の上昇は緩やかになる。この結果、piezoスタ

50

ック電圧が目標値に達した時、すなわちスイッチング素子 8 4 をオフに固定した時の充電電流の大きさが温度によって変動することになる。

【 0 0 0 7 】

また、かかる誤差は目標充電量に対して + 側に現れるから、無駄なエネルギーが供給されることとなり、実質的なエネルギー効率の低下となる。

【 0 0 0 8 】

本発明は前記実情に鑑みなされたもので、簡単な手段でピエゾスタックの充電量と目標値の誤差を抑制して、供給エネルギーに無駄のないピエゾアクチュエータ駆動回路を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 記載の発明では、ピエゾアクチュエータに設けられたピエゾスタックに供給する電荷を蓄電するコンデンサを具備し、

かつ、該コンデンサからインダクタを介してピエゾスタックに通電する第 1 の通電経路を有し、該通電経路には、前記コンデンサと前記通電経路の間に介設される充電用のスイッチング素子のオン期間に充電電流を流し、

前記コンデンサおよび前記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、該通電経路には、前記スイッチング素子のオフ期間にフライホイール作用で前記ピエゾスタックへの充電可能な充電電流を流し、

かつ、前記スイッチング素子を制御しピエゾスタックが目標充電量に達するとスイッチング素子をオフに固定する制御手段を具備するピエゾアクチュエータ駆動回路において、前記ピエゾスタックと前記第 2 の通電経路の間に介設されて、前記スイッチング素子がオフに固定されるのと同じタイミングで前記制御手段によりオフされてピエゾスタックを第 2 の通電経路から切断する通電経路切断用のスイッチング素子と、

インダクタからピエゾスタックに到る途中で第 2 の通電経路から分岐し、前記通電経路切断用のスイッチング素子がオフすると実質的にインダクタと前記コンデンサとを接続して前記フライホイール作用でインダクタから前記コンデンサに還流電流を流す第 3 の通電経路とを具備する構成とする。

【 0 0 1 0 】

充電量が目標値に達して充電用のスイッチング素子がオフに固定されると、第 2 の通電経路が開き、その時、インダクタに蓄積されているエネルギーによりピエゾスタックが充電されることが禁止される。そして、前記エネルギーは第 3 の通電経路によりコンデンサに戻される。これにより、充電量を正確に目標値とすることができる。しかも、充電量が目標値に達した時点でインダクタに流れている電流に応じたエネルギーはコンデンサに戻されるのでエネルギー効率がよい。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 記載の発明では、請求項 1 の発明の構成において、前記第 3 の通電経路は、前記インダクタと前記コンデンサ間に、バッファコンデンサの両端間電圧に対して逆バイアスとなるようにダイオードを設けてなる構成とする。

【 0 0 1 2 】

ピエゾスタックが第 2 の通電経路から切断されると、インダクタに蓄積されたエネルギーによりコンデンサの両端間電圧に相当する逆起電力が生じて、ダイオードがこの逆起電力に対して順バイアスとなり、自動的に第 3 の通電経路によりインダクタとコンデンサとが接続する。インダクタに蓄積されたエネルギーで流れるフライホイール作用で流れる電流の経路がスムーズに第 2 の通電経路から第 3 の通電経路へと切り換わるので、サージ電圧の発生等を回避することができる。また、通電経路切断用のスイッチング素子のオンオフだけで制御し得るので構成が簡単である。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 記載の発明では、請求項 1 または 2 の発明の構成において、前記インダクタの出力端には、前記ピエゾスタックと、ピエゾアクチュエータ選択用のスイッチング素子とを

10

20

30

40

50

直列に接続したものを複数組並列に接続し、前記制御手段は、前記充電用のスイッチング素子がオフに固定されるのと一緒に前記ピエゾアクチュエータ選択用のスイッチング素子がオフするように設定し、前記ピエゾアクチュエータ選択用のスイッチング素子を前記通電経路切断用のスイッチング素子と兼用とする。

【0014】

複数のピエゾアクチュエータを共通の通電経路等により駆動するものにおいて、充電すべきピエゾスタックを選択するスイッチング素子を、通電経路切断用とするので、新たにスイッチング素子を設ける必要がなく、構成が簡単である。

【0015】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態)

図1に本発明を適用したピエゾアクチュエータ駆動回路の構成を示す。ピエゾアクチュエータ駆動回路はコモンレール式の4気筒ディーゼルエンジンの燃料噴射システムに適用されたもので、ピエゾアクチュエータ駆動回路1は、車載バッテリー111、バッテリー電圧(+B)から数十～数百Vの直流電圧を発生するDC-DCコンバータ112、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113により直流電源11を構成し、ピエゾスタック2A, 2B, 2C, 2Dの充電用の電圧を出力する。DC-DCコンバータ112はバッテリー111と直列にインダクタ1121とスイッチング素子1122が接続され、スイッチング素子1122のオン時にインダクタ1121に蓄積されたエネルギーが、スイッチング素子1122のオフ時に、逆起電力を発生するインダクタ1121からダイオード1123を介してバッファ用のコンデンサ(以下、バッファコンデンサ)113に充電される。バッファコンデンサ113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2A～2D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。

【0016】

直流電源11のバッファコンデンサ113からピエゾスタック2A～2Dにインダクタ13を介して通電する第1の通電経路12aが設けてあり、通電経路12aには、バッファコンデンサ113とインダクタ13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113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。

【0017】

また、インダクタ13は、バッファコンデンサ113および第1のスイッチング素子14をバイパスしてピエゾスタック2A～2Dに到る第2の通電経路12bを形成しており、この通電経路12bは、インダクタ13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、インダクタ13、ピエゾスタック2A～2D、第2のスイッチング素子15により、閉回路を形成している。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113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。

【0018】

通電経路12a, 12bはピエゾスタック2A～2Dのそれぞれに共通であり、次のように駆動対象としてのピエゾスタック2A～2Dが選択できる。すなわち、ピエゾスタック2A～2Dのそれぞれには直列に充電用のスイッチング素子である第3のスイッチング素子16A, 16B, 16C, 16Dが1対1に接続されており、噴射気筒のインジェクタのピエゾスタック2A～2Dに対応する16A～16Dがオンされる。第3のスイッチング素子16A～16DはMOSFETが用いられている。その寄生ダイオード161A, 161B, 161C, 161Dは、バッファコンデンサ113に対して逆バイアスとなるように接続されている。

【0019】

ピエゾスタック2A～2Dは4つの気筒と1対1に対応しており、各気筒に設けられたイ

10

20

30

40

50

ンジェクタの燃料噴射と停止の切り替え用としてインジェクタのそれぞれに搭載される。

【 0 0 2 0 】

また、インダクタ 1 3 の出力端 1 3 a とバッファコンデンサ 1 1 3 の正極 1 1 3 a とを接続する第 3 の通電経路 1 2 c が設けてあり、その途中には、ダイオード 1 7 が、そのカソードがバッファコンデンサ正極 1 1 3 a と導通するように設けられ、バッファコンデンサ 1 1 3 の両端電圧に対して逆バイアスとしてある。

【 0 0 2 1 】

スイッチング素子 1 4 , 1 5 , 1 6 A ~ 1 6 D の各ゲートには制御回路 1 8 からそれぞれ制御信号が入力しており、前記のごとく第 3 のスイッチング素子 1 6 A ~ 1 6 D のいずれかをオンして駆動対象のピエゾスタック 2 A ~ 2 D が選択されるとともに、スイッチング素子 1 4 , 1 5 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 1 4 , 1 5 をオンオフし、ピエゾスタック 2 A ~ 2 D の充電制御および放電制御を行うようになっている。充電制御および放電制御にあたっては、制御回路 1 8 に入力する図示しないピエゾスタック電流およびピエゾスタック電圧の検出信号に基づいて行われる。また、充電時期および放電時期は制御回路 1 8 に入力する噴射信号に基づいて設定される。噴射信号は「H」と「L」からなる二値信号で、その立ち上がりで充電が行われて燃料が噴射され、立ち下がり放電が行われて噴射が停止する。噴射信号の出力時期および長さはクランク角度等の検出信号に基づいて設定される。

【 0 0 2 2 】

図 2 は充電制御時の各部の作動を示すもので、従来装置と同様に、充電しようとするピエゾアクチュエータのピエゾスタック 2 A ~ 2 D に対応する第 3 のスイッチング素子 1 6 A ~ 1 6 D をオンし（以下、ピエゾスタック 2 A に対応する第 3 のスイッチング素子 1 6 A として説明する）、第 1 のスイッチング素子 1 4 のオンオフ作動を開始する。これにより、インダクタ 1 3 には三角波状の電流が流れる。インダクタ 1 3 に流れる三角波状の電流 I は、後述するようにピエゾスタック電圧 V_p が目標電圧に達するまでは従来装置と同様にピエゾスタック 2 A の充電電流 I_p と等しい。ここで、目標電圧はバッファコンデンサ 1 1 3 の両端間電圧よりも低く、また、第 2 の通電経路 1 2 b が閉じていればスイッチング素子 1 4 のオフ期間におけるインダクタ 1 3 の逆起電力は略ピエゾスタック電圧 V_p であるから、第 3 の通電経路 1 2 c には電流は流れない（ダイオード還流電流 $I_d = 0$ ）。

【 0 0 2 3 】

そして、ピエゾスタック 2 A の充電が進行し、ピエゾスタック電圧 V_p が目標電圧に達すると、第 1 のスイッチング素子 1 4 をオフに固定するとともに、第 3 のスイッチング素子 1 6 A をオフにする。

【 0 0 2 4 】

この時、インダクタ 1 3 には電流 I に応じたエネルギーが蓄積されている。これはピエゾスタック電圧 V_p が目標電圧に達するまでの第 1 のスイッチング素子 1 4 のオフ期間のごとくフライホイール電流を流そうとするが、第 1 のスイッチング素子 1 4 がオフに固定されるのと一緒に第 3 のスイッチング素子 1 6 A がオフするので、ピエゾスタック 2 A は第 2 の通電経路 1 2 b から切断されており、従来装置のようにピエゾスタック 2 A にはフライホイール電流は流れ込まない。したがって、ピエゾスタック電圧 V_p は目標電圧に達した後、目標電圧のまま一定であり、ピエゾスタック 2 A が過剰な押圧力を出力することが防止できる。

【 0 0 2 5 】

そして、第 3 の通電経路 1 2 c のダイオード 1 7 は、インダクタ 1 3 の出力端 1 3 a からバッファコンデンサ 1 1 3 の正極 1 1 3 a に向かう方向が順方向となっているので、この最後のオフ期間におけるフライホイール電流はダイオード還流電流 I_d として第 3 の通電経路 1 2 c を通りバッファコンデンサ 1 1 3 に流れ込む。すなわち、従来、充電量の誤差分となっていた電荷がバッファコンデンサ 1 1 3 に回収されることになり、これは次回以降のピエゾスタック 2 A ~ 2 D の充電に供される。したがって、エネルギー効率が向上する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

このように、ダイオード 17 を設けるとともに、スイッチング素子 14 をオフに固定するのと一緒に、ピエゾスタック 2 A を第 2 の通電経路 1 2 b から切断することで、ピエゾスタック 2 A の充電精度が向上するとともにエネルギー効率をも向上する。他のピエゾスタック 2 B ~ 2 D も同様である。

【 0 0 2 7 】

しかも、ピエゾスタック 2 A を第 2 の通電経路 1 2 b から切断するのは、選択スイッチング素子 16 A ~ 16 D をオフすることで行うようにしたから、新たにスイッチング素子を設ける必要がなく、構成簡単である。

【 0 0 2 8 】

放電制御は従来装置と同様に、第 2 のスイッチング素子 15 をオンオフし、オン期間に第 2 の通電経路 1 2 b に漸増する放電電流を流し、オフ期間に第 1 の通電経路 1 2 a に漸減する放電電流を流す。この放電電流の波形も三角波とみなせ、放電電流が電流制限値および 0 に達する度に第 2 のスイッチング素子 15 のオンとオフとを切り換える。この時の電流制限値は例えば、充電制御における電流制限値を用い得る。

【 0 0 2 9 】

なお、本実施形態の特徴は、6 気筒エンジン等、ピエゾスタックの数が複数で、充電すべきピエゾスタックを選択する構成のものであれば、選択スイッチング素子を、第 2 の通電経路 1 2 b を開くために用いることができるのは勿論である。

【 0 0 3 0 】

(第 2 実施形態)

図 3 に本発明の第 2 実施形態になるピエゾアクチュエータ駆動回路の構成を示す。本実施形態は、第 1 実施形態において単一のピエゾアクチュエータを駆動する構成のもので、ピエゾアクチュエータのピエゾスタックが 1 つのみ接続されている。図中、第 1 実施形態と実質的に同じ作動をする部分には第 1 実施形態と同じ番号を付し、第 1 実施形態との相違点を中心に説明する。

【 0 0 3 1 】

ピエゾアクチュエータ駆動回路 1 A は、駆動対象であるピエゾアクチュエータのピエゾスタック 2 を第 2 の通電経路 1 2 b から切断する専用のスイッチング素子 19 がピエゾスタック 2 と直列に接続されており、その寄生ダイオード 19 1 はバッファコンデンサ 1 1 3 の両端間電圧に対して逆バイアスとなっており、ピエゾスタック 2 の放電時に放電電流が流れる。

【 0 0 3 2 】

制御回路 1 8 A は、基本的な構成が第 1 実施形態と同じで、制御信号に対してピエゾスタック 2 を充電するとともに所定時間の後、放電する。そして、充電制御時には、第 1 のスイッチング素子 14 のオンオフ開始までに、スイッチング素子 19 をオンしておき、ピエゾスタック電圧 V_p が目標電圧に達すると、第 1 のスイッチング素子 14 をオフに固定するのと一緒に、スイッチング素子 19 をオフする。これにより、第 1 実施形態と同様に、ピエゾスタック電圧 V_p が正確に目標電圧に調整されるとともに、ピエゾスタック電圧 V_p が目標電圧に達した時点でインダクタ 1 3 に蓄積されていたエネルギーはバッファコンデンサ 1 1 3 に回収される。

【 0 0 3 3 】

なお、上記実施形態では、スイッチング素子 14 をオンオフ駆動させ、ピエゾスタック 2 A ~ 2 D のいずれかを充電制御する方式 (複数スイッチング方式) にて説明したが、インダクタ 1 3 とピエゾスタック 2 A ~ 2 D のどれかとの LC 共振回路によって充電制御を行ういわゆる LC 共振方式を採用したピエゾアクチュエータ駆動回路に本発明を適用してもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明を適用した第 1 のピエゾアクチュエータ駆動回路の回路図である。

【 図 2 】 前記ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイミングチャートである。

10

20

30

40

50

【図3】本発明を適用した第2のピエゾアクチュエータ駆動回路の回路図である。

【図4】従来のピエゾアクチュエータ駆動回路の代表例の概略回路図である。

【図5】前記ピエゾアクチュエータ駆動回路の作動を示すタイミングチャートである。

【符号の説明】

1, 1A ピエゾアクチュエータ駆動回路

11 直流電源

111 バッテリ

112 DC-DCコンバータ

113 バッファコンデンサ(コンデンサ)

12a, 12b, 12c 通電経路

13 インダクタ

14 第1のスイッチング素子(充電用のスイッチング素子)

141 寄生ダイオード

15 第2のスイッチング素子

151 寄生ダイオード

16A, 16B, 16C, 16D, 19 第3のスイッチング素子(通電経路切断用のスイッチング素子)

161A, 161B, 161C, 161D, 191 寄生ダイオード

17 ダイオード

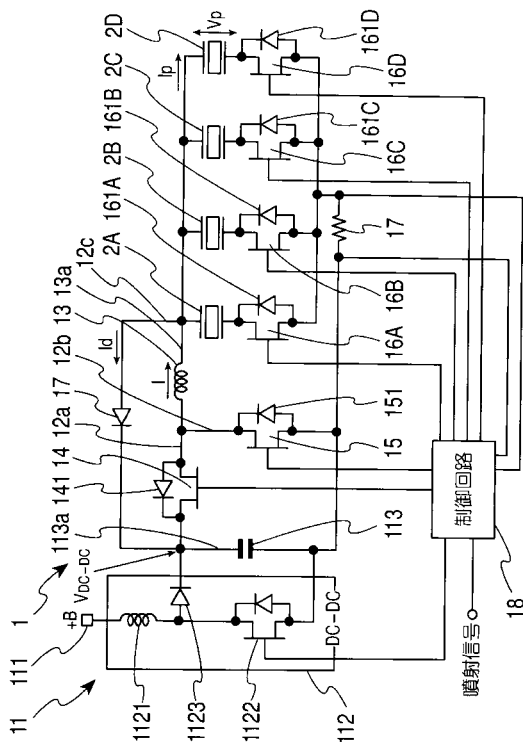
18, 18A 制御回路(制御手段)

2A, 2B, 2C, 2D, 2 ピエゾスタック

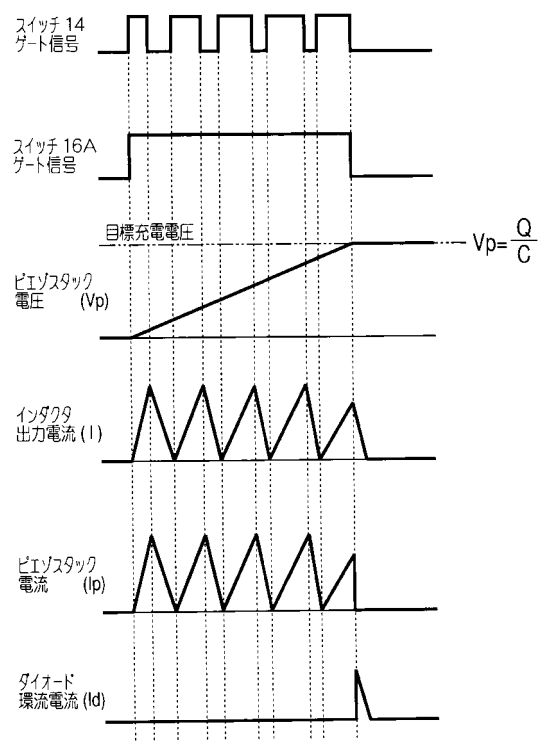
10

20

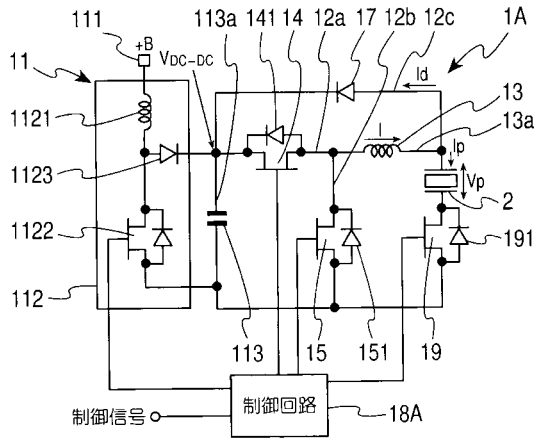
【図1】



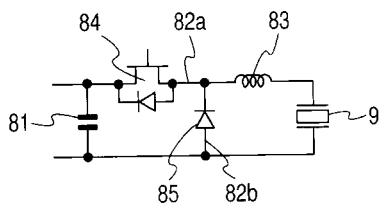
【図2】



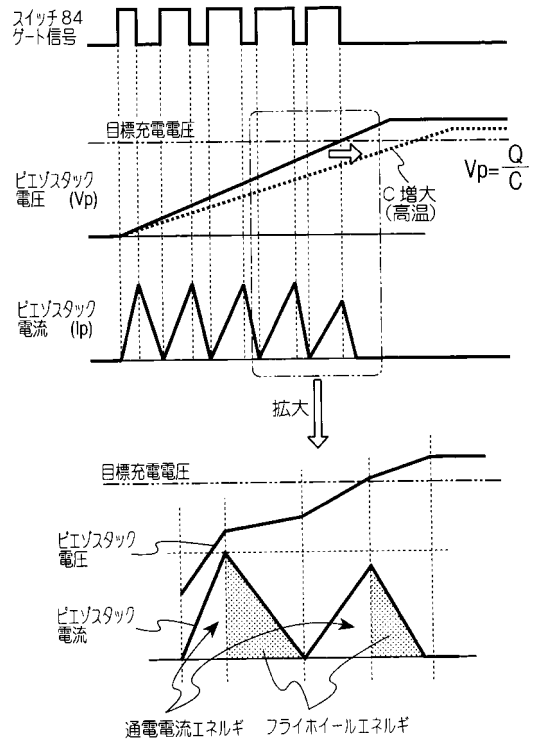
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (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
- (72)発明者 成瀬 英生
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 仲村 靖

- (56)参考文献 特開平10-308542(JP,A)
特開平06-153538(JP,A)
特開平4-71858(JP,A)
特開2000-345938(JP,A)
特開昭62-75035(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02N 2/00
H01L 41/083