

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7617841号
(P7617841)

(45)発行日 令和7年1月20日(2025.1.20)

(24)登録日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類

H 0 1 F 7/18 (2006.01)

F I

H 0 1 F

7/18

V

請求項の数 13 (全20頁)

(21)出願番号 特願2021-507655(P2021-507655)
 (86)(22)出願日 令和1年8月13日(2019.8.13)
 (65)公表番号 特表2021-534585(P2021-534585)
 A)
 (43)公表日 令和3年12月9日(2021.12.9)
 (86)国際出願番号 PCT/US2019/046246
 (87)国際公開番号 WO2020/036900
 (87)国際公開日 令和2年2月20日(2020.2.20)
 審査請求日 令和4年8月12日(2022.8.12)
 (31)優先権主張番号 16/103,602
 (32)優先日 平成30年8月14日(2018.8.14)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73)特許権者 500249589
 オートマティック スイッチ カンパニー
 アメリカ合衆国 ニュージャージー州 0
 7932 フローハム パーク パーク ア
 ベニュー 160
 (74)代理人 100120891
 弁理士 林 一好
 (74)代理人 100165157
 弁理士 芝 哲央
 (74)代理人 100205659
 弁理士 斎藤 拓也
 (74)代理人 100126000
 弁理士 岩池 満
 (74)代理人 100185269
 弁理士 小菅 一弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ドロップアウト検出、自動再通電機能付き低電力ソレノイド

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 入力スイッチを閉じることによって、ローサイドスイッチを通電し、ソース電流がインダクタおよび抵抗器を通って流れることを可能にするステップと、

(b) 前記抵抗器の両端の電圧降下が第一の閾値に達したときに前記ローサイドスイッチを開くことによって、前記インダクタのインダクタンスを利用するエネルギー貯蔵装置を通して充電電流を強制的に流すステップと、

(c) 前記抵抗器の前記電圧降下が第二の閾値に達したときに前記ローサイドスイッチを閉じるステップであって、前記第二の閾値は前記第一の閾値よりも低い、ステップと、

(d) 前記エネルギー貯蔵装置が充電されるまでステップa、bおよびcを繰り返すステップと、

(e) 放電スイッチを閉じることによって、放電電流を前記エネルギー貯蔵装置から前記インダクタに強制的に流し、前記インダクタに作動磁場を生成させることで、弁を作動させるステップと、

を含む、方法であって、

第一の比較器および第二の比較器で前記抵抗器の両端の前記電圧降下を測定するステップと、

前記第二の比較器がオフに切り替わり、前記第一の比較器がオンに切り替わるまでの時間間隔を測定するステップと、

前記時間間隔がカットオフ値に達したときに、前記入力スイッチを開くステップと、

10

20

をさらに含む、方法。

【請求項 2】

前記ソース電流は、前記弁を作動させるには不十分である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第二の比較器がオフに切り替わり、前記第一の比較器がオンに切り替わる複数の発生にわたって複数の時間間隔を測定するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記複数の時間間隔の合計が前記カットオフ値に達したときに、前記入力スイッチを開くステップをさらに含み、前記カットオフ値は、前記エネルギー貯蔵装置の充電時間に対応する、請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

- (f) 前記入力スイッチを開くステップと、
- (g) 前記ローサイドスイッチを閉じるステップと、
- (h) 複数のパルスに対してパルス幅変調 (PWM) モードで前記放電スイッチを駆動することによって、放電電流率および前記インダクタの作動磁場の生成を制御するステップと、

をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

前記ローサイドスイッチおよび前記放電スイッチを開くステップをさらに含み、前記インダクタから前記エネルギー貯蔵装置に残留エネルギーを戻すステップをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

20

【請求項 7】

前記入力スイッチを閉じるステップと、前記第二の閾値を増加させるステップをさらに含み、前記第二の閾値は、前記第一の閾値よりも低いままである、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

(i) 前記時間間隔が前記カットオフ値に達するときに、前記入力スイッチを開き、前記放電スイッチをパルス化することによって、前記インダクタ内の電流を増加させるステップと、

- (j) 前記放電スイッチを開くステップと、

前記第二の比較器の作動と前記第一の比較器の作動との間の時間間隔を測定し、前記時間間隔を閾値と比較することによって、前記インダクタの状態を決定するステップと、をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記閾値は、前記インダクタのドロップアウト状態を表す時間間隔であり、前記インダクタの巻線の周囲温度に基づいて、前記閾値を調整することによって、前記インダクタの抵抗を補償するステップをさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第二の閾値を、前記インダクタの保持電流を維持するのに十分なレベルに維持するステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記放電スイッチをパルス化し、前記インダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベルのエネルギーを前記エネルギー貯蔵装置内に維持するステップをさらに含み、前記インダクタのドロップアウト状態が検出されてから 100 ミリ秒以内に、前記インダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベルのエネルギーを前記エネルギー貯蔵装置内に維持するステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

40

【請求項 12】

前記第二の比較器の作動と前記第一の比較器の作動との間の時間間隔に基づいて前記インダクタのドロップアウト状態が検出されたときに、前記インダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベルのエネルギーを前記エネルギー貯蔵装置内に維持するのに適切な数のパルスの間、前記放電スイッチを前記 PWM モードで駆動するステップをさらに含み、前記工

50

エネルギー貯蔵装置内のエネルギーのレベルを、前記インダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベル未満に低下させることなく、インダクタンスの測定を可能にするのに十分な時間、前記放電スイッチを閉じるステップをさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記放電スイッチを 500 マイクロ秒にわたって閉じるステップをさらに含む、請求項1 2に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

10

【0002】

本出願は、2018年8月14日に出願された米国特許出願第一 6 / 103,602 号の PCT であり、その全内容は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0003】

(連邦政府が後援する研究または開発に関する記述)

該当事項なし。

【0004】

(付記への参照)

該当事項なし。

【0005】

技術分野本明細書で開示され教示される発明は、一般に制御システムに関し、より具体的には、低電力制御システムに関する。

20

【背景技術】

【0006】

特許文献 1 では、「急激な前縁部を有する高振幅部分と、低振幅部分とを有する電流を負荷に供給する制御回路」が教示されている。「この回路は、低電圧電源に入力接続され、入力端子間に並列接続された多数のアクチュエータ回路を備え、そのそれぞれは、キャパシタと負荷を含む。また、各アクチュエータ回路は、それぞれの負荷と基準線との間に第一の制御されたスイッチを備え、それぞれの負荷によるエネルギーの供給および蓄積を可能にする。第二の制御されたスイッチは、第一のスイッチによって選択された負荷にキャパシタを迅速に放電し、負荷電流を再循環させるために、または再循環された負荷電流でキャパシタを充電するために、キャパシタ線と負荷線との間に設けられる。」

30

【0007】

特許文献 2 では、「ソレノイドアクチュエータ、例えばスイッチドリラクタンスマータの形で提供される電気モータを動作させるための回路配置は、エネルギー供給の一部の誤動作または故障の場合に、モータの動作を可能にする」ことが教示されている。回路配置には、主バッテリに加えて、冗長部として機能する補助バッテリを有利に含む。補助バッテリは、主バッテリより小さく、公称電圧が低い。故障時に電気モータを継続的に作動させるために、主バッテリの公称電圧に適応された公称作動電圧で、スイッチを入れたり切ったりできるキャパシタが、バッテリに直列に接続される。エネルギー量は、スイッチングレギュレータのように電気モータの励磁巻線を介して電流スイッチングを切り替えることによってキャパシタに蓄積することができ、それによってキャパシタの公称電圧は、最終的に補助バッテリの電圧を超える。十分な量のエネルギーを蓄積すると、キャパシタに蓄積したエネルギーによって、電気モータを短時間作動させることができる。商用車において電気的に作動されるブレーキシステムは、本発明の重要で好ましい適用分野を表す。」

40

【0008】

特許文献 3 では、「検知要素および第一のダイオードと直列の電源を含む低電力ソレノイド制御回路と、弁を作動させるためのインダクタと、インダクタにエネルギーを蓄積および放電するためのエネルギー貯蔵装置と、電流の流れを制御するためのダイオードと、回路を制御するためのスイッチと、コントローラとを含む、低電力ソレノイド制御回路」が教

50

示されている。「回路は、第一のスイッチを閉じることによって、ソース電流がインダクタを通って流れることができるようになるステップと、第一のスイッチを開くことによって、インダクタのインダクタンスを利用するエネルギー貯蔵装置に充電電流を強制的に流すステップと、エネルギー貯蔵装置が十分に充電されるまで、これらのステップを繰り返すステップと、指令に応じて、第二のスイッチを閉じることによって、放電電流をエネルギー貯蔵装置からインダクタに強制的に流し、インダクタに作動磁場を生成させることで、機械弁を作動させるステップとを行うことによって、動作され得る。」

【0009】

従来のソレノイドは、常に、設計のパラメータ内で作動するのに十分な電力レベルで作動するように設計することができる。例えば、機械的衝撃によって磁気的吸引力が破壊されても、そのようなソレノイドは、単に元の状態に戻ろうとする磁力を与えるだけである。遠方で電機子を吸引するために必要なエネルギーは、部品が近くにあるときに必要なエネルギーよりもはるかに大きいので、このタイプの設計では、閉じた状態を保持するために必要なエネルギーよりもはるかに多くのエネルギーを使用する。この検討により、より高い初期電力を適用し、装置が最終状態に達した後に、その電力を減少させる様々なタイプのソレノイドが生まれた。一部の設計では、単に、短時間に相当量の電力を印加し、次いで、電力を抑制するが、一部の設計では、キャパシタのようなエネルギー貯蔵装置を充電するために、より低い電力条件を使用する（例えば、上述した特許文献3を参照）。両方のタイプの装置の1つの問題は、エネルギーが増加するのは、装置の最初の電源投入時にのみ発生し、それ以降、装置の状態の変化は、検出または作用されないことである。したがって、ソレノイドが、機械的衝撃または係合解除を引き起こす他のイベントを経験した場合、装置は、監視して通知するがなくとも、その状態に留まることになる。

10

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【文献】米国特許第5,532,526号明細書

【文献】米国特許第6,646,851号明細書

【文献】米国特許第7,911,758号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0011】

本明細書に開示され、教示される発明は、低電力用途においてソレノイドを制御するために、改善されたシステムおよび方法を対象とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

ソレノイド制御回路は、ソレノイドオペレータの位置を検出し、機械的衝撃または振動などによって、ソレノイド電機子とそれが磁気的に引き付けられている固定磁極片とが係合解除されるのに続いて、ソレノイドを再び通電するための回路を含むことができる。ソレノイド制御回路は、磁気構成要素の1つまたは複数の状態を決定するために、動作中に測定を行うための回路を含むことができる。ソレノイド制御回路は、通電停止後にソレノイドを迅速に再び通電するための回路を含むことができる。ソレノイド制御回路は、初期通電後にエネルギー貯蔵装置をフル充電の状態に維持するための回路を含むことができる。ソレノイド制御回路は、エネルギー貯蔵装置の充電状態を決定するための回路を含むことができ、エネルギー貯蔵装置は、ソレノイドコイル電流を制御するために、ヒステリシスコントローラのようなコントローラのオフ時間を測定することを含むことができる。

40

【0013】

低電力ソレノイド制御回路などのソレノイド制御回路は、直流電源などの電源と、入力スイッチ、ローサイドスイッチおよび放電スイッチなどの1つまたは複数のスイッチと、ブロッキングダイオードなどの1つまたは複数のダイオードと、可動部分および固定部分を含むことができる1つまたは複数のソレノイドと、キャパシタなどの1つまたは複数の

50

エネルギー貯蔵装置と、電流感知または他の抵抗器などの1つまたは複数の抵抗器とを含むことができる。回路は、その回路の1つまたは複数の他の構成要素を制御するための1つまたは複数のコントローラ、例えば、1つまたは複数のスイッチまたはゲート、およびコントローラと通信するための1つまたは複数の構成要素、および／または、2つ以上の値または変数を比較するための1つまたは複数の比較器を含むことができる回路システムの他の構成要素、例えば、アナログ、デジタルまたは他の比較器を含むことができる。コントローラは、回路の1つまたは複数の他の構成要素から入力を受け取ることができ、回路の1つまたは複数の他の構成要素に信号を出力することができる。1つまたは複数の比較器は、1つまたは複数の抵抗器などの1つまたは複数の構成要素にわたる電圧降下を測定し、電圧降下を、1つまたは複数の高い値または最大値、および／または1つまたは複数の低い値または最小値を別々に、または組み合わせて、全体的に、または部分的に含むことができる1つまたは複数の閾値または他の値と比較するように配置または構成することができる。回路は、空気圧および／または油圧制御システムに関連して使用するための電磁弁などのソレノイド、弁、またはその構成要素に、全体的または部分的に組み込むことができる。

【 0 0 1 4 】

ソレノイドを制御する方法は、入力スイッチを閉じ、ローサイドスイッチを通電し、ソース電流がインダクタおよび抵抗器を通って流れることを可能にするステップと、抵抗器の両端の電圧降下が第一、第二、または他の閾値などの値に達したときなどに、ローサイドスイッチを開くステップと、インダクタのインダクタンスを利用することも含め、エネルギー貯蔵装置に充電電流が流れるのを強制的するか、さもなければ流れるのに影響を及ぼすステップを含むことができる。方法は、抵抗器の両端間の電圧降下が、第二または他の閾値に達すると、またはそれに応答して、ローサイドスイッチを閉じるステップを含むことができ、この閾値は、第一の閾値より小さいか、少ないか、または未満の閾値であるか、または含むことができる。方法は、1つまたは複数のエネルギー貯蔵装置が、部分的またはフルであり得る程度まで充電されるまで、一連の充電ステップを繰り返すことを含むことができる。方法は、放電スイッチを閉じることによって、放電電流をエネルギー貯蔵装置からインダクタに強制的に流し、さもなければ流れるように誘導し、インダクタに作動磁場を生成させるステップと、弁を作動させるステップとを含むことができる。

【 0 0 1 5 】

方法は、インダクタの作動電流または動作電流よりも小さいソース電流をインダクタに流すステップを含むことができる。方法は、インダクタに、そのインダクタに結合された弁を作動させるのに不十分なソース電流を流すことを含むことができる。方法は、1つまたは複数の比較器を用いて、1つまたは複数の抵抗器の電圧降下を測定することを含むステップができる、これは、第一の比較器および第二の比較器を含むことができる。方法は、第二の比較器がオフに切り替わり、第一の比較器がオンに切り替わるまでの時間間隔など、1つまたは複数の比較器のオンおよび／またはオフの切り替わりの間の時間間隔を測定するステップを含むことができる。方法は、時間間隔がカットオフ値または他の目標値などの値に達したときに、入力スイッチを開くステップを含むことができる。方法は、1つの比較器がオフに切り替わり、別の比較器がオンに切り替わる一連または複数の発生にわたる複数の時間間隔を測定するステップと、1つまたは複数の時間間隔の合計がカットオフ値または他の値に達したときに、入力スイッチを開くステップとを含むことができ、カットオフ値または他の値は、1つまたは複数のエネルギー貯蔵装置の充電時間に対応する値を含むことができる。

【 0 0 1 6 】

方法は、1つまたは複数の入力スイッチを開くステップと、1つまたは複数のローサイドスイッチを閉じるステップと、1つまたは複数の放電スイッチを制御された方法で駆動するステップとを含むことができる。方法は、1つまたは複数のパルスのためにパルス幅変調（PWM）を介して1つまたは複数のスイッチを駆動するステップと、放電電流率およびインダクタによる磁場の生成を制御するステップとを含むことができ、磁場は、作動

磁場または他の磁場であるか、またはそれを含むことができる。方法は、ローサイドスイッチおよび放電スイッチを開くステップと、残留エネルギーをインダクタからエネルギー貯蔵装置に戻すか、さもなければ導くステップとを含むことができる。方法は、入力スイッチを閉じるステップと、第二の閾値などの1つまたは複数の閾値を増加させるステップとを含むことができ、この閾値は、1つまたは複数の他の閾値よりも低い閾値または高い閾値を維持することを含むことができる。

【0017】

方法は、電流放電時間間隔を測定するステップと、電流放電時間間隔がカットオフ値に達するときに、入力スイッチを開き、放電スイッチをパルス化することによって、インダクタ内の電流を増加させるステップと、を含むことができる。方法は、放電スイッチを開くステップをさらに含むことができる。方法は、第二の比較器の作動と第一の比較器の作動との間の時間間隔を測定し、時間間隔を閾値と比較することによってインダクタの状態を決定するステップとを含むことができ、この閾値はインダクタのドロップアウト状態を表す値を含むことができる。方法は、インダクタの巻線またはコイルの周囲温度などに基づいて、閾値を調整することによって、インダクタの抵抗を補償するステップを含むことができる。方法は、1つまたは複数の閾値または値を、インダクタの保持電流を維持するのに十分なレベルに維持するステップを含むことができる。

10

【0018】

方法は、放電スイッチをパルス化し、インダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベルのエネルギーをエネルギー貯蔵装置内に維持するステップを含むことができる。方法は、インダクタのドロップアウト状態が検出されてから100ミリ秒または別の期間以内に、インダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベルのエネルギーをエネルギー貯蔵装置内に維持するステップを含むことができる。方法は、インダクタのドロップアウト状態が検出されたときに、またはそれに続いて、エネルギー貯蔵装置に結合されたインダクタに作動磁場を生成させるのに十分なエネルギーレベルをエネルギー貯蔵装置内に維持するのに適切な数のパルスの間、パルス幅変調などによって放電スイッチを駆動するステップを含むことができる。方法は、エネルギー貯蔵装置内のエネルギーのレベルを、関連するインダクタに作動磁場を生成させるのに十分なレベル未満に低下させることなく、インダクタンスの測定を可能にするのに十分な時間、放電スイッチを閉じるステップを含むことができる。

20

【図面の簡単な説明】

30

【0019】

【図1】本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つを示す概略図である。

【図1A】本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つに従って、キャパシタ放電時間対キャパシタ電圧を示すプロットである。

【図2(1)】本開示によるソレノイドを制御する方法の多数の実施形態のうちの1つを示すフローチャートである。

【図2(2)】本開示によるソレノイドを制御する方法の多数の実施形態のうちの1つを示すフローチャートである。

【図3】本開示によるソレノイド制御回路の充電モードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す一組の波形である。

40

【図4】本開示によるソレノイド制御回路のプルインモードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す一組の波形である。

【図4A】本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つに従って、キャパシタ放電時間対キャパシタ電圧を示すプロットである。

【図4B】本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つに従って、理想的な一定インダクタンス対実際のインダクタンスを示すプロットである。

【図5】本開示によるソレノイド制御回路の保持検出モードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す一組の波形である。

【図6】本開示によるソレノイド制御回路の保持検出モードの多数の実施形態のうちの1

50

つの態様を示す別の一組の波形である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

上述の図面および下記の特定の構造および機能の書面による説明は、本出願人が発明したもの範囲または添付の特許請求の範囲を制限するために提示されるものではない。むしろ、図面および書面による説明は、特許保護が求められる発明を作製し、使用することを当業者に教示するために提供される。当業者は、本開示の商業的な実施形態の全ての特徴が、明確さおよび理解のために記載または図示されているわけではないことを理解するであろう。当業者は、また、本開示の態様を組み込んだ実際の商業的実施形態の開発が、商業的実施形態に対する開発者の最終的な目標を達成するために、多数の実装固有の決定を必要とし得ることを理解するであろう。そのような実装固有の決定には、システム関連、ビジネス関連、政府関連、および他の制約の遵守を含むことができるが、それらに限定されない可能性があり、特定の実装、場所によって、時々、変化し得る。開発者の努力は、絶対的な意味で複雑で時間がかかる可能性があるが、それにもかかわらず、そのような努力は、本開示の利点を有する当業者にとって日常的な仕事である。ここに開示され、教示される実施形態は、多くの様々な修正および代替の形態を受け入れることができることを理解されたい。「1つ(a)」などの単数形の用語は、これに限定されるものではないが、その使用は、アイテムの個数を限定することを意図するものではない。「頂部」、「底部」、「左」、「右」、「上部」、「下部」、「下方」、「上方」、「側」、「第一」、「第二」(「第三」以降)、「入口」、「出口」などの相対的な用語は、これらに限定されるものではないが、これらの使用は、図面を明確に参照するために記載される説明で使用され、特に指示がない限り、本開示または添付の特許請求の範囲を限定することを意図するものではない。用語「結合する(couple)」、「結合された」、「結合している」、「結合体(coupler)」などの用語は、本明細書で広く使用され、固定、結び付け、接着、締結、取り付け、接合、中への挿入、上または中での形成、連携、またはその他の関連付けのために、例えば、機械的に、磁気的に、電気的に、化学的に、操作可能に、直接的に、または間接的に、中間要素、1片または複数片の部材と一緒にするための任意の方法または装置を含むことができ、限定することなく、1つの部材を別の部材と一緒に形成することをさらに含むことができる。結合は、回転を含む任意の方向に生じ得る。用語「含む」および「そのようである」は、例示的なものであり、限定するものではなく、用語「できる」は、特に指示がない限り、「できるが、必要はないこと」を意味する。本開示における任意の他の言語にもかかわらず、図面に示される実施形態は、例示および説明の目的で提示される例であり、本明細書の主題の唯一の実施形態ではない。

【0021】

本開示の特定の実施形態は、方法のブロック図および/または動作図を参照して説明され得る。ブロック図および/または動作図の各ブロック、ならびにブロック図および/または動作図のブロックの組合せは、アナログおよび/またはデジタルハードウェアおよび/またはコンピュータプログラム命令によって実装できることを理解されたい。そのようなコンピュータプログラム命令は、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、A S I C、および/または他のプログラマブルデータ処理システムのプロセッサに提供され得る。実行された命令は、ブロック図および/または動作図で指定されたアクションを実装するための構造および機能を作成することができる。少なくともいくつかの実装では、図に示された機能/アクション/構造は、ブロック図および/または動作図に示された順序とは異なる順序で発生し得る。例えば、関連する機能/動作/構造に応じて、連続して生じるものとして示される2つの動作は、実質的に同時に実行されてもよく、または動作は逆の順序で実行されてもよい。本明細書で開示される実施形態のうちの1つまたは複数とともに、またはそれによって使用するためのコンピュータプログラムは、オブジェクト指向プログラミング言語、従来の手続き型プログラミング言語、またはアセンブリ言語および/またはマイクロコードなどの低レベルコードで書くことができる。このようなプログラムは、スタンドアロンのソフトウェアパッケージとして、または別のソフトウェアパッケージの

10

20

30

40

50

一部として、単一のプロセッサ上および／または複数のプロセッサ間で完全に実行することができる。

【0022】

本出願人は、ソレノイドの位置を検出し、通電停止後にソレノイドを急速に再び通電するためのシステムおよび方法を作成した。低電力ソレノイド駆動回路は、ソレノイドの状態を確定することができ、動作電圧の変動に鈍感であり得る。低電力ソレノイド駆動回路は、初期通電後にソレノイドを動作させるのに十分なフル充電状態または他の充電状態にエネルギー貯蔵装置を維持することができる。

【0023】

図1は、本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つを示す概略図である。図1Aは、本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つに従って、キャパシタ放電時間対キャパシタ電圧を示すプロットである。図2(1)および図2(2)は、本開示によるソレノイドを制御する方法の多数の実施形態のうちの1つを示すフローチャートである。図3は、本開示によるソレノイド制御回路の充電モードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す一組の波形である。図4は、本開示によるソレノイド制御回路のプルインモードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す一組の波形である。図4Aは、本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つに従って、キャパシタ放電時間対キャパシタ電圧を示すプロットである。図4Bは、本開示によるソレノイド制御回路の多数の実施形態のうちの1つに従って、理想的な一定インダクタンス対実際のインダクタンスを示すプロットである。図5は、本開示によるソレノイド制御回路の保持検出モードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す一組の波形である。図6は、本開示によるソレノイド制御回路の保持検出モードの多数の実施形態のうちの1つの態様を示す別の一組の波形である。図1～図6は、互いに関連して説明される。

10

20

30

40

【0024】

少なくとも1つの実施形態では、本開示によるソレノイド制御回路100は、直流(DC)電源などの電源V1と、入力スイッチQ2と、1つまたは複数のブロッキングダイオードD1、D2、D3、D4と、ローサイドスイッチQ1と、放電スイッチQ3と、ソレノイドL1と、エネルギー蓄積キャパシタC1と、電流感知抵抗器などの1つまたは複数の抵抗器R1とを含むことができる。回路100は、スイッチQ1～Q3のうちの1つまたは複数など、回路の1つまたは複数の他の構成要素を制御するための1つまたは複数のコントローラ102を含むことができる。コントローラ102は、回路の1つまたは複数の他の構成要素から入力を受け取ることができ、回路は、アナログ比較器または他の比較器などの1つまたは複数の比較器CMP1、CMP2を含むことができる。少なくとも1つの実施形態では、比較器CMP1およびCMP2は、抵抗器R1の両端の電圧降下を測定し、その電圧降下(VR1)を1つまたは複数の閾値と比較するために配置することができる、この閾値は、1つまたは複数の高い値または最大値および／または1つまたは複数の低い値または最小値を、個別に、または組み合せて、全体的または部分的に含むことができる。回路100は、空気圧および／または油圧産業制御システムに関連して使用するための電磁弁などの電磁弁またはその構成要素に、全体的にまたは部分的に組み込むことができる。少なくとも1つの実施形態では、回路100は、複数の異なるモードで動作するように構成することができる。そのようなモードには、キャパシタC1を充電する充電モード、ソレノイドL1を作動するため、または引き込むためのプルインモード、ソレノイドL1を作動位置に保持し、ドロップアウトが発生したかどうかを検出するための保持検出モード、前述のモードの一部、および／または1つまたは複数の他のモードを、個別に、または組み合せて、全体的または部分的に含むことができるが、これらに限定されない。ここで、前述のモードのうちの1つまたは複数について、さらに詳細に説明する。

【0025】

充電モードでは、ソレノイドL1は、装置を引き込むのに十分なレベルより低いエネルギー準位で動作させることができ、この装置は、回路100の実装に従った任意のレベルとすることができます。スイッチQ2は、電源V1をソレノイドL1に電気的に結合すること

50

ができるオン状態（すなわち、閉状態）に配置することができる。抵抗器 R 1 の両端の電圧 V R 1 は、初期化時に 0 ボルトとすることができる、スイッチ Q 1 をオンにすることができるが、これは、例えば、V R 1 が、比較器 C M P 1 がコントローラ 1 0 2 にスイッチ Q 1 を閉じるように信号を送り、ソレノイド L 1 および抵抗器 R 1 を通して、電流を流すのが可能になる下方閾値（T H R S H _ L O W）または下限を下回る場合である。V R 1 は、比較器 C M P 2 がコントローラ 1 0 2 にスイッチ Q 1 を開くように信号を送る上方閾値または上限のような上方閾値（T H R S H _ H I G H）に達すると、スイッチ Q 1 をオフにすることができます。スイッチ Q 1 がオフになると、ソレノイド L 1 内の電流は、キャパシタ C 1 を流れて、電荷を追加し、次いで、抵抗器 R 1 を通って流れ続けることができる。これによって、抵抗器 R 1 の両端に電位降下、すなわち電圧降下 V R 1 が生じる可能性がある。電流が減少し、ソレノイド L 1 の磁場に蓄積されたエネルギーが散逸すると（すなわち、放電サイクル）、V R 1 の値は減少し得る。V R 1 が T H R S H _ L O W 未満の値に達すると、比較器 C M P 1 は、スイッチ Q 1 を再び閉じることができ、充電サイクルを再開することができる。

【 0 0 2 6 】

少なくとも 1 つの実施形態では、上記の放電サイクルの間、比較器 C M P 2 がオフに切り替わり、比較器 C M P 1 がオンに切り替わるまでの時間間隔を測定することができる。このような時間間隔は、ソレノイド L 1 のコイルのインダクタンスと抵抗の値にも、キャパシタ C 1 に蓄積された電荷の量にも関連する。より具体的には、電圧源 V 1 は、スイッチ Q 2 およびダイオード D 3 を介して、上部（図 1 の例を参照）などのインダクタ L 1 に接続することができる。インダクタ L 1 の下部（スイッチ Q 1 がオフの状態）は、ダイオード D 1 を介して蓄積キャパシタ C 1 の上部に接続することができる。キャパシタ C 1 の底部は、感知抵抗器 R 1 に接続することができる。比較器 C M P 2 がオフになると（Q 1 をオフにすると）、インダクタ L 1 に電流が流れことがある（例えば、約 2 2 m A のピーク電流（I p）など）。その電流は、インダクタ L 1 の崩壊する磁場によって流れ続けるとするが、充電するためにキャパシタ C 1 に流れることができる。このプロセスは、比較器 C M P 1 のより低いトリップ点まで継続することができ、これは、I m i n（例えば、この例では 2 m A であるが、これは、多数の例の一例にすぎない）とすることができる。インダクタ L 1 のソレノイドコイルは、インダクタ L 1 の自然時定数（L / R c o i l）を形成するそのインダクタンスに加えて、内部抵抗を有することができる。この自然時定数は、インダクタごとに変化し得るインダクタ電流を放電する時間は、以下の式（式 1）に従って決定できる。

【 0 0 2 7 】

【 数 1 】

$$t = -\frac{L}{R_{coil}} * \ln((V_{cap} - V_1 + V_{diode} + R_{coil} * I_{min}) / (V_{cap} - V_1 + V_{diode} + R_{coil} * I_p))$$

【 0 0 2 8 】

式 1 において、t は放電時間、L はインダクタンス、R c o i l はインダクタ L 1 のコイルの抵抗、V c a p はキャパシタ C 1 の両端の電圧、V 1 はソース電圧、V d i o d e はダイオード D 1 の両端の電圧、I m i n は比較器 C M P 1 の下側作動点、I p はインダクタ L 1 に流れるピーク電流である。例示的な目的で、放電時間 t 対キャパシタ C 1 の両端の電圧 V c a p の例示的なプロットを、図 1 A に示す。例えば、1 8 0 ~ 2 0 0 V の電圧で C 1 を充電するプロセスを終了させることに関する実施形態では、例えば、V 1 の変化の効果（例えば、通常、1 5 ~ 3 0 V であり得る）は、一般に、測定にあまり影響を及ぼさないであろう。さらに、R c o i l の温度補償は、この放電時間を測定することによって、C 1 内で繰り返し、エネルギーを貯蔵することができる。これらのパラメータは、本開示の商業的または他の物理的な実施形態で使用されるソレノイドの製造公差にわたって測定し、再現することができる。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

したがって、キャパシタ C 1 において利用可能なエネルギーのレベルまたは量は、この時間間隔を測定することによって確かめることができる。少なくとも 1 つの実施形態では、このような時間間隔は、回路 100 の実装に関連して利用される特定のキャパシタ（任意のキャパシタとすることができる）についての測定によって得られる値（例えば、約 250 マイクロ秒（ μ s））と比較することができる。この値は、フル充電または他の充電などの充電レベルを達成するのに必要な充電時間の量に対応し、この充電レベルは、回路 100 のソレノイドを引き込むのに十分な電荷とすること、または十分な電荷を含むことができる。このようにして、充電サイクルがソレノイド L 1 を引き込むのに十分にキャパシタ C 1 を充電したときを決定することができ、充電プロセスは、オプションとして、後の時間まで、あるいは他の方法で終了することができる。この時点で、キャパシタ C 1 は、例えば、約 200 V DC または本開示の特定の実施に従う任意の電圧であり得る別の電圧のような目標電圧に充電され得る。上述の充電モードのステップに関連する例示的な波形は、例示の目的で図 3 に示されている。波形は、本開示の物理的実装の多くの例のうちの 1 つに対応するに過ぎず、利用される構成要素および構成に応じて実装ごとに変更することができる。より具体的には、図 3 において、波形 V C 1 は、感知抵抗器 R 1 を介してインダクタ L 1 を通る測定電流の流れに基づいて、スイッチ Q 1 のオンおよびオフのサイクルを介して充電されているときの、例示的キャパシタ C 1 の両端の電圧 V C 1 を示す。V C 1 の値は、スイッチ Q 1 がオフにされるたびに、段階的に増加することができる。各ステップに供給されるエネルギーは、以下の式（式 2）に従って決定できる。

【 0 0 3 0 】

【 数 2 】

$$E = \frac{1}{2} L 1 I p^2$$

【 0 0 3 1 】

式 2 において、E はスイッチ Q 1 の各オン・オフサイクルの間にキャパシタ C 1 に供給されるエネルギーであり、L 1 はインダクタ L 1 のインダクタンスであり、I p はインダクタ L 1 に流れるピーク電流である。スイッチ Q 2 は、充電中にオンにして、電源 V 1 への接続を提供することができる。スイッチ Q 1 の状態は、抵抗器 R 1 の両端の電圧降下 V R 1 を測定するために配置された比較器 C M P 1、C M P 2 に応答して、コントローラ 102 によって制御することができる。図 3 の Q 1 ゲート波形に示され、上述したように、キャパシタ電圧 V C 1 は、スイッチ Q 1 のオフ時間が減少するにつれて増加し得る。図 3 の電流内コイル波形に示すように、充電フェーズの間、インダクタ L 1 の結果として生じる電流は、インダクタ L 1 のための適切な電流閾値を表す 2 つの電流値の間で、上昇し得るか、または徐々に増加し得る。これらの閾値は、本開示の実施に従って任意の閾値であり得る。充電サイクルの終了時に、キャパシタ C 1 は、放電する可能性がある。この場合、キャパシタ C 1 が放電すると、電圧 V C 1 が減少し（V C 1 波形を参照）、インダクタ L 1 の電流が、それに応じて、急激に上昇して、ソレノイドを引き込むことができる。これについては、以下でさらに議論され、図 3 の電流内コイル波形に示されている。少なくとも 1 つの実施形態では、図 3 の Q 2 ゲート波形に示すように、スイッチ Q 2 は、この時点で電源 V 1 から切断され得る。

【 0 0 3 2 】

少なくとも 1 つの実施形態では、充電モードでは、T H R S H _ L O W は 20 ミリボルト（mV）とすることができる、T H R S H _ H I G H は 220 mV とすることができる。しかしながら、これらの値は、回路 100 の多くの実装形態のうちの 1 つによる例であり、限定ではなく、説明の目的で、本明細書で論じられるので、これはそうである必要はない。充電モードにおける T H R S H _ L O W および T H R S H _ H I G H は、本開示の実装形態に従って任意の 1 つまたは複数の値を有することができ、実装形態間で変化することができる（および可能性がある）。比較器閾値 T H R S H _ H I G H および T H R S H _ L O W の設定は、典型的には、本開示の物理的実装形態において使用されるソレノイドのた

10

20

30

40

50

めの必要なコイル電流に基づいており、これは、そのような実装形態に適した任意のソレノイドであり得る。閾値は、対応する感知抵抗器 R 1 の抵抗と協調する。これは、同様に、実装ごとに変更することができる。コイル電流の動作限界は、適用可能な閾値電圧値を R 1 の抵抗値で割った値に効果的に基づくことができる。本明細書で議論する例示的な実装において、多くの実装のうちの 1 つであるが、このフェーズ中の高閾値および低閾値は、それぞれ 220 mV および 20 mV であり、R 1 の値は 10 であり、それぞれ 2.2 mA および 2 mA が得られる。代替のソレノイド構造を含む本開示の他の実装では、上述の値は、本明細書で説明されるように、回路 100 の動作を達成するために変更および/または調整することができる。

【 0 0 3 3 】

ここでプルインモードに移ると、少なくとも 1 つの実施形態では、スイッチ Q 2 をオフにするか、開くことによって、ソレノイド L 1 を電源 V 1 から切断することができる。スイッチ Q 1 をオンにすることでき、Q 3 を操作して、回路 100 の 1 つまたは複数の変化率または他の属性を制御することができる。例えば、少なくとも 1 つの実施形態では、スイッチ Q 3 は、コンデンサ C 1 に蓄積されたエネルギーを放電するためのパルス幅変調 (PWM) モードで駆動され、次の速度のターンオン電流波形を制御することができる。ソレノイド L 1 を上昇させ、引き込むときにソレノイドの性能を調整する。少なくとも 1 つの実施形態では、Q 3 は、1 つまたは複数のパルスのために駆動することができ、このパルスは、本開示の実施形態による固定数または可変数のパルスを含むことができ、任意の数のパルスとすることができます（以下でさらに論じる）。この間、ソレノイドを引き込むことができる。PWM 周期が終了すると、スイッチ Q 1 および Q 3 をオフにして、インダクタ L 1 に蓄積された残留エネルギーをキャパシタ C 1 に戻すことができる。

【 0 0 3 4 】

上述のプルインモードのステップに関連する例示的な波形は、例示の目的で図 4 に示されている。少なくとも 1 つの実施形態において、例えば、プルインモードにおいて、Q 3 は、70 % デューティサイクルおよび 1 ms 周期で、PWM モードで駆動され得る。これらの値は、回路 100 の多くの実装形態のうちの 1 つによる例であり、限定ではなく、例示の目的で、本明細書で説明されるので、これはそうである必要はない。PWM 变数は、本開示の実装形態に従って任意の 1 つまたは複数の値を有することができ、実装形態間で変化することができる（可能性がある）。少なくとも 1 つの実施形態において、PWM プルインフェーズの目的は、電流の持続時間および振幅が、最小量の電流を使用してソレノイドを最適に引き込むように、プルイン中にソレノイド電流を調整することである。パルス数およびデューティサイクルは、適用可能なパラメータに基づいて、振幅と同様に、引き込みの持続時間を調整することができ、それは、電気的パラメータ（すなわち、インダクタンスおよび抵抗）および機械的パラメータ（すなわち、移動質量、バネ力および摩擦）を含むことができる。物理的実装の開発中またはその他の方法で、ソレノイド電流波形を観察することによって、これらのパラメータを変化させ、観察される波形の形状を変化させることができる。デューティサイクルが高すぎると、ソレノイドがキャパシタをあまりにも早く放電し、十分な時間にわたって、電流が十分に高くならないため、ソレノイドの電機子が十分に移動しなくなる可能性がある。同様に、デューティサイクルが低すぎると、ソレノイド電流は適切な引き込み値を得られない。ソレノイドの電機子が移動して静止すると、電流波形に形状の変化が見られる（これは、ソレノイド電流の変曲点によって特徴付けられる）。パルスの持続時間は、そのような移動が行われたことを確実にするために構成することができる。また、PWM のデューティサイクルは、キャパシタからのエネルギーの抽出速度を変化させることもできる。これには、装置の機械的応答と一致するペースでエネルギーの抽出または散逸を許容または制御することが含まれる。少なくとも 1 つの実施形態では、デューティサイクルは、手元の特定の物理的実装に従って、より最適な方法で電流波形を成形するために、プルインフェーズの 1 つまたは複数の点で変化させることができる。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

ここで、保持検出モードに転じると、少なくとも1つの実施形態において、回路100のこの動作モードは、複数のフェーズを含むことができる。初期フェーズであり得る第一のフェーズでは、例えば、スイッチQ2をオンにし、スイッチQ3をオフにすることができます。THRSH_LOWは、異なる値（例えば、140mV）に設定することができ、Q1は、比較器CMP1およびCMP2からの信号を切り替えることによって制御することができます。VR1は、THRSH_LOW～THRSH_HIGH（例えば、本明細書で論じられる例示的な場合には、140mV～220mV、これは多くの可能性のうちの1つである）の間でサイクルすることができます。上述の充電モード中に使用されるTHRSH_LOWの値と比較して、現在のモード中にTHRSH_LOWの値を増加させることは、ソレノイドL1のコイル内の電流が、ソレノイドL1の保持電流IHを下回らないことを、少なくとも部分的に保証することができます。本来の充電モードの場合と同様に、電流放電時間間隔を測定し、実験的に観測された値（例えば、例示の場合は55μs）と比較することができます。この値は、充電モード中に利用される値とは異なることがある。その理由は、例えば、ソレノイドが開から閉に移動するために、ソレノイドL1のコイルのインダクタンス値が変化しているからである。

【0036】

保持検出モード中は、キャパシタ電圧VC1を補充することができ、これは上述した初期充電モードと同様の方法で行うことができる。しかしながら、ソレノイド電機子が対応する固定磁極片から係合解除されるのを防止するために、最小電流Iminをより高くすることができる（例えば、本明細書で議論する例では14mA）。上述した式1によると、最小電流Iminが今や高くなっているので、キャパシタC1の放電にかかる時間が短くなり、時間tを短くすることが適切である。例示的な目的で、放電時間t対キャパシタC1の両端の電圧Vcapの例示的なプロットを、図4Aに示す。目標電流放電時間間隔に達すると、保持検出モードの第二のフェーズを開始できる。

【0037】

第二のフェーズでは、スイッチQ2をオフにすることができます、スイッチQ1をオンにすることができます、スイッチQ3は、キャパシタC1からエネルギーを放電するためにパルス化することができます（例えば、本明細書で論じられる実行例では500μsの間に1回だけであるが、他のシナリオも可能である）。この短パルスによって、あるいはスイッチQ3を他のパルス化することによって、キャパシタC1から少量のエネルギーを放電し、ソレノイドL1の電流の増加を引き起こすことができる。この時点でキャパシタC1から抽出されるエネルギーは小さいので、発生する電圧降下はわずかであり、ソレノイドL1がドロップアウトしても、キャパシタC1には十分なエネルギーが残っているので、すぐにソレノイドL1を再び通電させることができる。パルスの終わりに、スイッチQ3がオフの状態で、ソレノイドL1、ダイオードD4、スイッチQ1、および抵抗器R1を介して電流を放電することができます。この電流は、ソレノイドL1のインダクタンスと抵抗に基づく時定数で指数曲線に従うことができる。つまり、ソレノイドコイルのインダクタンスを一定値として取り扱われる場合、電機子の位置を測定する式は、以下の式（式3）に基づいて求めることができる。

【0038】

【数3】

$$t = -\frac{L}{R_{coil}} * \ln \left(\left(\frac{I_{min}}{I_p} \right) - \ln \left(\frac{I_{max}}{I_p} \right) \right)$$

【0039】

式3において、変数は、式1および式2に関して上述したものに対応する。ソレノイドのインダクタンスをコイルの抵抗で割ったものが、図4Bの実線で示されているように、誘導時定数の定義である。しかしながら、強磁性鋼部品から作られた実際のソレノイドを扱う場合、電流の時間応答は、強磁性材料のBH曲線（別名、磁化曲線）による非線形性

10

20

30

40

50

、およびソレノイドがオン／オフされる際の強磁性材料中の磁束鎖交の変化率によって生成される渦電流効果を含む他の要因によって影響を受ける可能性がある。これらは、時間応答曲線が、指数減衰曲線である一階微分方程式に対する古典的な解である、上記の比較的単純化された式3に従わない原因となり得る。上記の解析は、例えば、過渡状態ソルバを有する有限要素解析(FEA)ソフトウェアを用いて行うことができる。本開示全体を通して説明される例示的な実施例における試験によって決定される実際の値は、以下の通りであり、図4Bの破線によって示される。この場合、これは、本開示の多くの可能な実装のうちの1つに過ぎず、スイッチQ3が500μsの間パルス化されると、ソレノイド内の電流は、51mAの値に上昇する。500μsのパルスが終わると、Q3がオフになり、L1の電流がIp(51mA)から減衰し始める。値がImax(22mA)を下回ると、比較器CMP2の状態変化によってコントローラ102がタイミングサイクルを開始し、比較器CMP1がImin(14mA)で状態が変化するまで継続するため、タイミングサイクルが終了する。500μsの容量性放電を通して電流をブーストし、その後、より低い電流レベルでタイミングを測定するのが、この測定を行うのに有利である。放電式は指数関数形であるので、曲線の後半で測定すると、電流の変化率が小さいので、測定値が大きくなるため、測定分解能が高くなる。例えば、同じ例示的な回路において、スイッチQ3のパルスが500μsから50μsに短くなる場合、インダクタL1内の電流は、Imax(22mA)を超えて上昇するまでの時間を有さない。試験されたソレノイド内のそれらの条件下で、最小空隙位置において測定された放電時間は、10msであり、最大空隙位置において測定された放電時間は、6.5msであり、3.5msの差がある。しかしながら、500μsパルスと51mAのIpでは、最小空隙位置は放電時間が15.1msに、最大空隙位置は放電時間が9msに変化し、その差は、6.1msと、以前のほぼ2倍になっている。さらに、観察された測定値は、前者の構成よりも後者の構成においてより再現性があり、安定であり得る。

【0040】

抵抗器R1の両端で発生する電圧VR1は、比較器CMP1とCMP2とで検出できる。VR1が減衰すると、まず、比較器CMP2 THRSH HIGH(例えば220mV)をトリガでき、この時点でタイムカウンタを開始することができる。VR1が減衰し続けると、その後、あるいは、それより後に、比較器CMP1 THRSH LOW(例えば、140mV)をトリガでき、この時点でカウンタを停止することができる。カウンタに格納されるか、さもなければ、関連つけられた累積時間値は、ソレノイドL1のインダクタンスに比例する可能性がある。さらに、ソレノイドL1のインダクタンスは、ソレノイドの固定磁極片と可動磁極片との相対位置に関連付けることができる。すなわち、ソレノイドのストロークは、ソレノイドの磁気回路内の作動空隙を変化させることになる。これにより、磁路の磁気リラクタンスが変化する。この磁気リラクタンスは、より大きな空隙で増加する(また、磁束鎖交は、空隙の増加とともに減少する)。電流減衰波形は、2つの位置(すなわち、ソレノイド内のより大きな空隙およびソレノイド内のより小さな空隙に、それぞれ対応する閉位置および開位置)について実験的に観察することができ、測定時間の2つの値を決定することができる。本実施例について上述したように、これらの値は、より大きな空隙については9msであり、より小さな空隙については15.1msであった。したがって、例えば、閾値として、11msの値を選択することができ、この値は、ドロップアウト状態でソレノイドのより大きな空隙を検出するのに十分なマージンを有することができる。このようにして、カウンタの内容または累積時間値を、ドロップアウト状態にあるソレノイドの状態を表す閾値と比較することができる。この閾値は、本開示による回路100の実装に使用される任意のソレノイドとすることができます。

【0041】

少なくとも1つの実施形態において、ソレノイドL1の抵抗は、カウンタを介して蓄積されるか、または得られる時間値に影響を及ぼすことができ、回路100は、ソレノイドL1のコイル(または巻線)の周囲温度に基づいて、この影響を補償する回路を含むこと

10

20

30

40

50

ができる。この補償は、アナログ手段またはデジタル手段によって、別々に、または組み合わせて、全体的または部分的に達成することができる。例えば、アナログ手段は、ソレノイド L 1 と直列に配置され、上記の抵抗変動を打ち消すように構成された温度補償ネットワークを含むことができる。別の例として、デジタル手段は、コントローラ 102 に読み取り可能に結合された周囲温度センサを含むことができ、カウンタ内の値または閾値は、抵抗の変化を補償するように調整することができる。

【 0 0 4 2 】

ソレノイド L 1 のドロップアウト状態が検出された場合、回路 100 は、充電モードおよびブルインモードを再び開始し、ソレノイドを適切な状態に戻すことができる。少なくとも 1 つの実施形態において、回路 100 が充電モードに再び入るときに、依然としてキャパシタ C 1 内で蓄積電荷が利用可能であり得るので、(ヒステリシスコントローラであり得る) コントローラ 100 のオフ時間の時間間隔は、限界に非常に近くなり得るその結果、ソレノイドが再び通電される前に、限られた数の充電サイクルが発生する必要がある場合がある。上述の保持検出モードのステップに関連する例示的な波形は、例示の目的で図 5 に示されている。より具体的には、保持検出モードにおいてドロップアウト状態が検出される場合、コントローラ 102 内の論理回路は、ソレノイドを引き込む必要がある場合に、充電モードおよびブルインモードに再び入ることができる。必要な充電パルスの数は、キャパシタ C 1 に蓄積された電荷の値に依存することができる。本開示の別の箇所で論じられるように、充電フェーズの間に生じるパルスのオフ時間を測定することによって、キャパシタの電荷の状態を決定することができる。ドロップアウト検出時にキャパシタに蓄積された電荷の値が、ソレノイドを引き込むのに必要な量に近い場合、必要とされる充電サイクルの数は、キャパシタの電荷がゼロまたはソレノイドを引き込むのに必要な電荷よりも低い別の値まで散逸することを可能にする期間、システムを通電停止するようにした後に、再び通電した場合のような比較条件として、比較的少ないものとなるであろう。このようにして、本開示のシステムおよび方法は、ドロップアウト状態下で、または別の例として、システムを短時間(例えば、5 秒以下)にわたって通電停止し、ソレノイドを再び通電した後に素早く再び作動するように、ソレノイドが呼び出された場合に、ソレノイドを迅速に再び通電できることが分かる。

【 0 0 4 3 】

本開示の少なくとも 1 つの実施形態では、回路 100 は、システムまたはその構成要素の 1 つまたは複数の特性を検出または決定するために、動作中に引き出される電流の波形を監視または観測するように構成することができる。例えば、回路 100 は、ソレノイド L 1 に電力を供給することができ、動作中に供給されている電流を監視することによって、ソレノイドに関する診断情報を決定するように構成することができる。少なくとも 1 つの実施形態において、回路 100 は、スイッチ Q 2 がオンになったときに電流が電源 V 1 からのみ引き出されるように構成することができる。さらに、上記で詳細に説明した様々なモードの文脈において、回路 100 は、スイッチ Q 2 が、主充電モードのうちの 1 つまたは複数の間と、保持検出モードの間に生じる充電フェーズの間とのみオンになるように構成することができる。これらの充電パルスの持続時間は、ソレノイド L 1 への入力で見られる電圧に比例することができ、さらに、電流が引き出されていない(すなわち、ソレノイド L 1 が内部に蓄積されたエネルギーを利用している)間の充電パルスの発生間の間隔は、ソレノイド L 1 のインダクタンスに関連付けることができる。回路 100 は、例えば図 6 に示すように、ソレノイド L 1 の位置に関する情報を検出または他の方法で決定するために、充電パルス持続時間および暫定間隔を利用するように構成することができる。図 6 は、上述した図 5 に類似しているが、電源 V 1 から引き出された電流を示す例示的な入力電流波形が、コイル電流の代わりに示されている。図 6 に示すように、保持検出モードの検出フェーズの間、入力電流はゼロになる。さらに、上述したように、検出フェーズの長さは、ソレノイドストロークの状態に基づいて変化することができる。少なくとも 1 つの実施形態では、例えば、コントローラ 102 は、電源 V 1 から引き出されている電流を監視し、ゼロ電流期間の持続時間に基づいてソレノイドの位置に関する判定を行うように

10

20

30

40

50

構成することができる。

【0044】

本開示の利点を有する当業者によって理解されるように、本明細書に開示される回路システムおよび対応する方法は、単純な回路およびクリティカルでない測定技術の利点を有する。比較的高い電流パルスに続いて、より低い検出閾値電流を利用する実施形態は、指數曲線の比較的平坦な部分に沿って1つまたは複数の測定が行われるように構成することができる。これにより、いくつかの従来の方法によって要求されるようなほどクリティカルな回路を必要とせずに、ソレノイドの磁気構成要素の位置の差の検出を提供するより大きな時間変化を生成することができる。ソレノイドコイル内の電流が低くなりすぎると、ソレノイドはドロップアウトするため、この点に関して、どこまで電流を低くするかには限界がある。しかしながら、本明細書に記載される方法でキャパシタを有する電流パルスを生成すると、検出閾値を十分に大きくして、ソレノイドの磁気構成要素と一緒に保持すると同時に、良好な検出の基礎を提供ができる。

【0045】

また、本開示の利点を有する当業者によって理解されるように、本明細書で開示される検出方法のうちの1つまたは複数は、ソレノイドのインダクタンスを含むことができ、動作電圧の変化量に比較的鈍感である一方で、ソレノイドの状態を確認することをさらに含むことができる。本開示のシステムおよび方法は、例えば、本質的に安全な装置を必要とする用途、または本質的にまたは他の方法でエネルギーが制限される用途において、特に有用であり得る。さらに、本明細書で説明されるコントローラ102または他のシステム構成要素または回路を含み得る本開示のシステムおよび方法は、ソレノイドの1つまたは複数の状態を、別個に、または組み合わせて、全体的に、または部分的に、有線のワイヤレスインターフェースを介することを含む別の制御システムまたは別のタイプのシステムに通信するように構成することができる。

【0046】

少なくとも1つの実施形態では、本開示のシステムおよび方法の追加の特徴は、通電停止後にソレノイドを迅速に再び通電する回路の能力を含むことができる。例えば、プロセス産業において、アプリケーションがある。この場合、通常長時間通電される弁のような大きな空気圧作動弁の健全性が、パイロット制御弁通電を停止し、弁がシフトした場合には弁指示装置でチェックし、次いで、非常に短い期間（例えば、100ms未満）後にパイロット制御弁に再び通電することによってテストされる。このプロセスは、弁が動くことができること、すなわち、弁が開モードにロックされておらず、閉じるケーブルであることを確認するために行われることがある。このテストプロトコルは、通常の電力パイロット弁では問題にならないかもしれないが、補助開口部電力を供給するためにエネルギー貯蔵装置を使用する低電力パイロット弁では問題になる可能性がある。少なくとも場合によっては、エネルギー貯蔵装置を充電するために必要とされる時間は、750msを超える可能性があり、これにより、弁の急速な再通電が妨げられ、上記のテストプロトコルでそのようなバルブを使用できなくなる可能性がある。少なくとも1つの実施形態において、本開示のシステムおよび方法は、エネルギー貯蔵装置が、最初に通電した後、フル充電の状態に維持されることを可能にし得る。これは、弁が、上記のテストプロトコルにおいて記載されるように、引き続いて通電停止される場合、例えば、100msの要件内で弁を迅速に再び通電するために、貯蔵装置に利用可能な十分なエネルギーがすでに存在し得ることを意味する。

【0047】

上述のシステムおよび方法の1つまたは複数の態様を利用する他のおよびさらなる実施形態は、本出願人の開示の精神から逸脱することなく考案することができる。例えば、本明細書に開示されるシステムおよび方法は、単独で、または他の弁、弁構成要素、および/または流体制御システムの1つまたは複数の部分を形成するために使用することができる。さらに、制御システムの様々な方法および実施形態は、開示された方法および実施形態の変化量を生成するために、互いに組み合わせて含まれ得る。単数の要素の説明は、複

数の要素を含むことができ、逆もまた同様である。少なくとも 1 つの項目への参照と、それに続く項目への参照は、1 つまたは複数の項目を含むことができる。また、実施形態の様々な態様は、本開示の目標を達成するために、互いに関連して使用することができる。

【 0 0 4 8 】

文脈上別段の定めがない限り、「備える」、「含む」、「有する」（「備え」、「含み」、「有し」などの変化形および活用を含む）という言葉は、少なくとも記載された要素またはステップ、あるいは要素またはステップのグループ、あるいはそれらの同等物を含み、より大きな数量、または他の要素またはステップ、あるいは要素またはステップのグループ、あるいはそれらの同等物を除外しない。デバイス、装置、およびシステムは、多くの方向および向きで使用することができる。ステップの順序は、特に限定されない限り、様々な順序で行うことができる。本明細書に記載された様々なステップは、他のステップと組み合わせることができ、記載されたステップの中に割り込ませることができ、および／または複数のステップに分割することができる。同様に、要素は、機能的に説明されており、別個の構成要素として具現化することができ、および／または複数の機能を有する構成要素に組み合わせることができる。

【 0 0 4 9 】

実施形態は、好ましい実施形態および他の実施形態の文脈で説明されており、本出願人の開示の全ての実施形態が説明されているわけではない。記載された実施形態に対する明らかな修正および変更は、本開示の利点を有する当業者に利用可能である。開示および非開示の実施形態は、本出願人の開示の範囲または適用性を制限または制約することを意図するものではなく、むしろ、特許法に従い、本出願人は、特許請求の範囲にある同等物の枠または範囲内に入る全てのかかる修正および改良を完全に保護することを意図する。

10

20

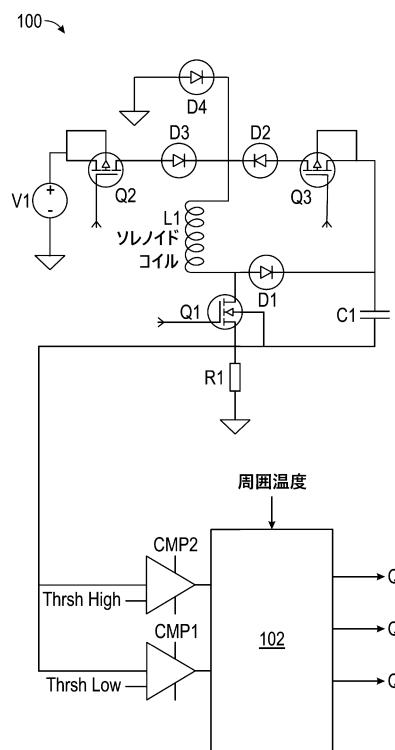
30

40

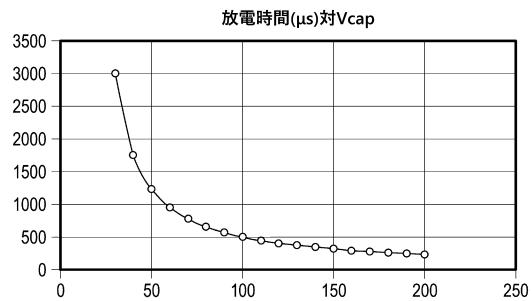
50

【図面】

【図 1】



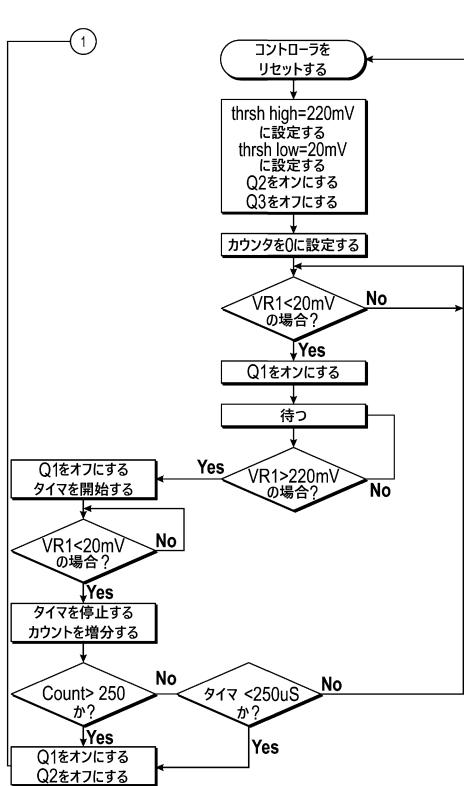
【図 1 A】



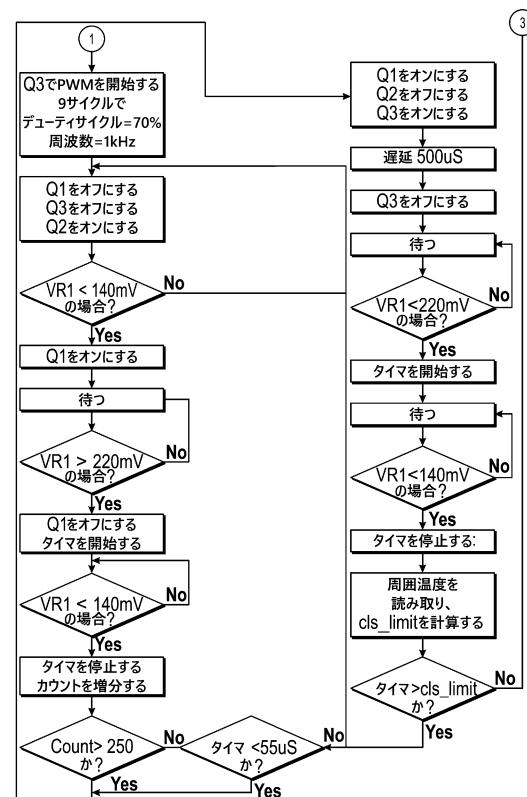
10

20

【図 2 (1)】



【図 2 (2)】

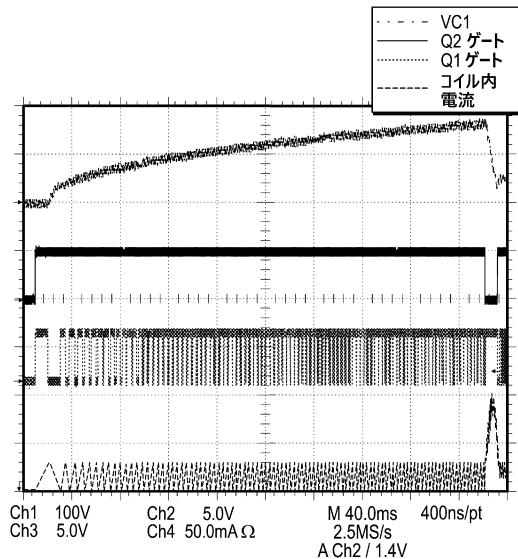


30

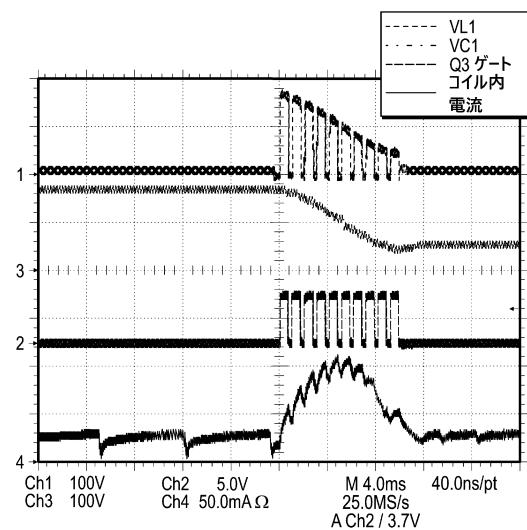
40

50

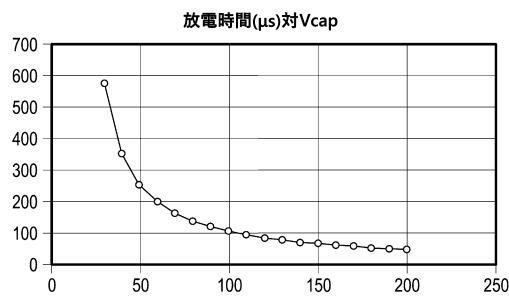
【図 3】



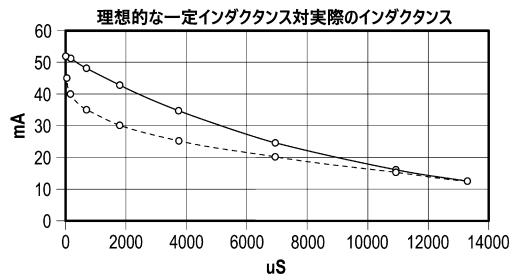
【図 4】



【図 4 A】



【図 4 B】



10

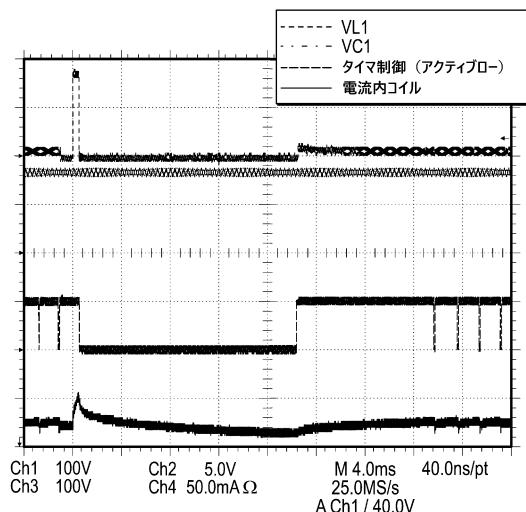
20

30

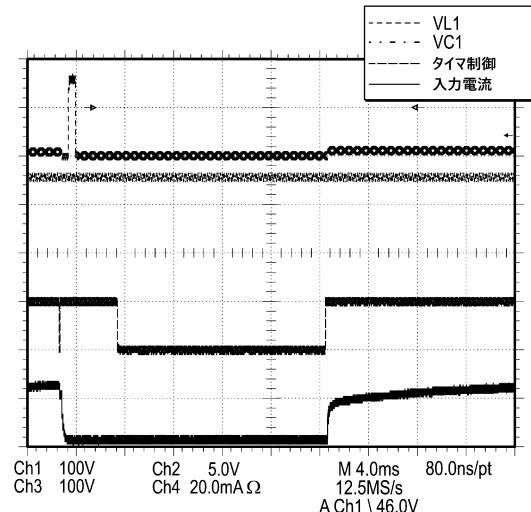
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 ハラー ジヨン

アメリカ合衆国 ニュージャージー州 07005 ブーントン メカニック ストリート 230

審査官 木下 直哉

(56)参考文献 特表2011-521556 (JP, A)

特開平10-153141 (JP, A)

特公平04-077448 (JP, B2)

国際公開第2017/033643 (WO, A1)

特開2002-364768 (JP, A)

特開2014-169652 (JP, A)

特開昭60-026135 (JP, A)

米国特許出願公開第2012/0200271 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01F 7/06 - 7/18

F16K 31/06 - 31/11

F02D 41/00 - 41/40

H03K 17/695