

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-500480
(P2017-500480A)

(43) 公表日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2P 15/10 (2006.01)	FO2P 15/10	301C 3GO19
FO2P 23/04 (2006.01)	FO2P 23/04	Z
FO2P 3/01 (2006.01)	FO2P 3/01	J

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-538756 (P2016-538756)
(86) (22) 出願日	平成26年12月12日 (2014.12.12)
(85) 翻訳文提出日	平成28年8月9日 (2016.8.9)
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/069952
(87) 国際公開番号	W02015/089369
(87) 国際公開日	平成27年6月18日 (2015.6.18)
(31) 優先権主張番号	14/568,330
(32) 優先日	平成26年12月12日 (2014.12.12)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	14/568,266
(32) 優先日	平成26年12月12日 (2014.12.12)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	62/090,096
(32) 優先日	平成26年12月10日 (2014.12.10)
(33) 優先権主張国	米国(US)

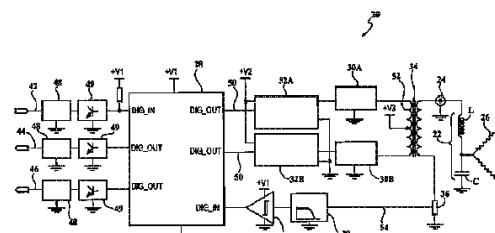
(71) 出願人	506146389 フェデラルモーグル・イグニション・カンパニー FEDERAL-MOGUL IGNITION COMPANY アメリカ合衆国、48034 ミシガン州 、サウスフィールド、ウエスト・イレブン ・マイル・ロード、27300
(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(72) 発明者	バローズ、ジョン・アントニー イギリス、ダブリュ・エイ・156・エ イ・エル・マンチェスター、ティンパリー 、アッシュランズ・ロード、2

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コロナ点火電源のための制御システム

(57) 【要約】

コロナ点火器、スイッチ、および共振周波数の変化を迅速に調整することが可能なプログラマブルコントローラを含むコロナ点火システムが提供される。駆動周波数および出力電流におけるエネルギーがコロナ点火器に供給される。スイッチは駆動周波数においてコロナ点火器にエネルギーを供給し、異なる時に起動される。コントローラは、コロナ点火器に供給される出力電流を典型的に2分の1サイクルに一度取得し、出力電流の第1のゼロ交差後の所定量の時間、第1のスイッチを起動する。第1のゼロ交差は、出力電流の最も最近のフルサイクルのゼロ交差である。第2のスイッチは、第1のゼロ交差後に生じる第2のゼロ交差後の所定量の時間起動される。システムの遅延は、他の構成要素ではなくコントローラが原因となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コロナ放電点火システムであって、
駆動周波数および出力電流におけるエネルギーを受取るコロナ点火器と、
各々が前記駆動周波数において前記コロナ点火器にエネルギーを供給する第1のスイッチ
および第2のスイッチと、
前記コロナ点火器によって受取られた前記出力電流の位相を取得するコントローラとを
備え、

前記コントローラは、前記出力電流の第1のゼロ交差後の所定量の時間、前記第1のス
イッチを起動し、前記第2のスイッチは起動されず、前記第1のゼロ交差は、前記出力電
流の以前のフルサイクルのゼロ交差である、コロナ放電点火システム。

10

【請求項 2】

前記コントローラは、前記第1のゼロ交差後に生じる前記出力電流の第2のゼロ交差後
の所定量の時間、前記第2のスイッチを起動し、前記第2のスイッチが起動されている間
、前記第1のスイッチは起動されない、請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記第2のスイッチを起動する前に前記第1のスイッチを停止す
る、請求項2に記載のシステム。

【請求項 4】

前記出力電流が正の時は常に、前記第1のスイッチは起動され、前記第2のスイッチは
停止され、前記出力電流が負の時は常に、前記第1のスイッチは停止され、前記第2のス
イッチは起動される、請求項2に記載のシステム。

20

【請求項 5】

前記スイッチの一方は、前記コロナ点火器によって受取られた前記出力電流がゼロと交
差するたびに前記コントローラによって起動される、請求項2に記載のシステム。

【請求項 6】

前記コントローラからの駆動信号に応答して、前記第1のスイッチを起動する第1のド
ライバと前記第2のスイッチを起動する第2のドライバとを含む、請求項2に記載のシス
テム。

30

【請求項 7】

前記出力電流の前記第1のゼロ交差と前記第1のスイッチの起動との間の所定量の時間
は、固定され、前記コントローラにプログラムされるか、または前記コントローラにプロ
グラムされたアルゴリズムによって供給される、請求項1に記載のシステム。

【請求項 8】

前記コントローラは、前記出力電流の以前のサイクルを分析することによって、前記出
力電流の前記第1のゼロ交差と前記第1のスイッチの起動との間の前記所定量の時間を決
定する、請求項1に記載のシステム。

【請求項 9】

前記コロナ点火器は共振周波数を有し、前記コロナ点火器に供給される前記駆動周波数
は、前記コロナ点火器の前記共振周波数と等しい、請求項1に記載のシステム。

40

【請求項 10】

前記コロナ点火器によって受取られた前記出力電流の位相を測定し、前記電流出力信号
における前記出力電流の位相を前記コントローラに向けて送信する電流センサと、前記電
流センサから前記出力電流信号を受信し、前記出力電流を前記コントローラに向けて送信
する前に前記電流出力信号において180度以下の位相シフトを生じさせるフィルタとを
含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 11】

前記スイッチと前記コロナ点火器との間に変圧器を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 12】

前記変圧器と前記コントローラとの間に電圧センサを含む、請求項11に記載のシステ

50

ム。

【請求項 1 3】

前記スイッチと前記コロナ点火器との間にキャパシタおよびバランを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

コロナ放電点火システムを制御する方法であって、前記システムは、駆動周波数および出力電流におけるエネルギーを受取るコロナ点火器と、前記駆動周波数において前記コロナ点火器にエネルギーを供給するための第 1 のスイッチおよび第 2 のスイッチとを含み、

前記コロナ点火器によって受取られた前記出力電流の位相を取得するステップと、

前記出力電流の第 1 のゼロ交差後の所定量の時間、前記第 1 のスイッチを起動するステップとを含み、前記第 2 のスイッチは起動されず、前記第 1 のゼロ交差は、前記出力電流の以前のフルサイクルのゼロ交差である、方法。10

【請求項 1 5】

前記第 1 のゼロ交差後に生じる前記出力電流の第 2 のゼロ交差後の所定量の時間、前記第 2 のスイッチを起動することを含み、前記第 2 のスイッチが起動されている間、前記第 1 のスイッチは起動されない、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記コロナ点火器によって受取られた前記出力電流がゼロと交差するたびに前記スイッチの一方を起動することを含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記出力電流が正の時は常に、前記第 1 のスイッチは起動され、前記第 2 のスイッチは停止され、前記出力電流が負の時は常に、前記第 1 のスイッチは停止され、前記第 2 のスイッチは起動される、請求項 1 5 に記載の方法。20

【請求項 1 8】

第 2 のスイッチを起動する前に第 1 のスイッチを停止することを含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記第 1 のゼロ交差と前記第 1 のスイッチの起動との間の前記所定量の時間を、前記コントローラにプログラムされた固定値、前記コントローラにプログラムされたアルゴリズムから、または前記出力電流の以前のサイクルを分析することによって、取得することを含む、請求項 1 4 に記載の方法。30

【請求項 2 0】

前記コロナ点火器は共振周波数を有し、前記駆動周波数は前記コロナ点火器の前記共振周波数と等しい、請求項 1 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

本米国特許出願は、2013年12月12日に提出された米国仮特許出願番号第 6 1 / 9 1 5 , 0 8 8 号（代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 6 7 9 3 ; I A - 5 0 1 2 9 ）、2014 年 1 月 2 4 日に提出された米国仮特許出願番号第 6 1 / 9 3 1 , 1 3 1 号（代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 6 8 3 0 ; I A - 5 0 1 3 4 ）、2014 年 3 月 1 1 日に提出された米国仮特許出願番号第 6 1 / 9 5 0 , 9 9 1 号（代理人番号 7 1 2 0 4 0 - 6 9 0 1 ; I A - 5 0 1 4 7 ）、2014 年 1 0 月 3 0 日に提出された米国仮特許出願番号第 6 2 / 0 7 2 , 5 3 0 号（代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 7 3 4 6 ; I A - 5 1 0 2 9 - 1 ）、2014 年 1 2 月 1 0 日に提出された米国仮特許出願番号第 6 2 / 0 9 0 , 0 9 6 号（代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 7 3 5 6 ; I A - 5 0 3 5 9 ）、2014 年 1 2 月 1 2 日に提出された米国実用新案出願番号第 1 4 / 5 6 8 , 2 1 9 号（代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 7 4 0 4 ; I A - 5 0 1 2 9 および I A - 5 0 1 2 9 - 1 ）、2014 年 1 2 月 1 2 日に提出された米国実用新案出願番号第 1 4 / 5 6 8 , 2 6 6 号（代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 7 4 0 9 ; I A - 5 0 1 2 9 および I A - 5 0 1 2 9 - 1 ）40

5 0 1 4 7)、2 0 1 4 年 1 2 月 1 2 日に提出された米国実用新案出願番号第 1 4 / 5 6 8 , 3 3 0 号 (代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 7 4 1 0 ; 1 A - 5 0 3 5 9)、および 2 0 1 4 年 1 2 月 1 2 日に提出された米国実用新案出願番号第 1 4 / 5 6 8 , 4 3 8 号 (代理人番号 7 1 0 2 4 0 - 7 4 1 1 ; 1 A - 5 0 1 3 4) の恩恵を主張し、各々の内容全体を引用によって本願明細書において援用する。

【 0 0 0 2 】

発明の背景

1 . 発明の分野

この発明は概して、コロナ放電点火システムに関し、より特定的には、システムに供給されるエネルギーを制御するためのコロナ放電点火システムに関する。

10

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

2 . 関連技術

コロナ放電点火システムは、交流電圧および電流を供給し、高電位電極と低電位電極とを高速で連続的に反転させ、コロナ放電の形成を強化し、アーク形成のための機会を最小化する。システムは、中央電極が高い無線周波数電圧電位に充電され、燃焼室において強い無線周波数電界を生成しているコロナ点火器を含む。電界は、燃焼室における燃料および空気の混合物の一部分をイオン化し絶縁破壊を開始させ、混合気の燃焼を容易にする。これは点火事象と称される。電界は、混合気が誘電特性を維持し、非熱的プラズマとも称されるコロナ放電が生じるように制御されることが好ましい。混合気のイオン化された部分は火炎前面を形成し、次いで自律的となり、混合気の残りの部分を燃焼する。電極と、点火器の接地筒壁、ピストン、金属シェル、または他の部分との間で熱プラズマおよび電気アークを生成することになるであろうすべての誘電特性を混合気が失わないように電界が制御されることが好ましい。コロナ放電点火システムの一例は、F r e e n の米国特許番号第 6 , 8 8 3 , 5 0 7 号に開示されている。

20

【 0 0 0 4 】

その上、コロナ放電点火システムは、好ましくは、コロナ点火器の共振周波数に等しいかまたは近い駆動周波数でエネルギーがコロナ点火器に供給されるように制御される。しかしながら、このレベルの制御の実現は、特に広範囲の周波数において困難である。たとえばアーキング事象による動作中の共振周波数の変化によっても、所望の共振周波数制御を実現することが困難となる。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

発明の概要

発明の一態様は、コロナ点火器の共振周波数に等しいかまたは近い駆動周波数を維持するため、コロナ点火器、スイッチ、および広範囲の共振周波数で動作することができ、かつたとえば共振周波数変化に応答して駆動周波数に即座に調整を行うことができるコントローラを含むコロナ放電点火システムを提供する。コロナ点火器は、駆動周波数および出力電流におけるエネルギーを受取る。第 1 のスイッチおよび第 2 のスイッチは、駆動周波数においてコロナ点火器にエネルギーを供給する。コントローラは、出力電流の位相を取得して、出力電流のゼロ交差後の所定量の時間、第 2 のスイッチは起動されないが第 1 のスイッチを起動する。ゼロ交差は、出力電流の任意の以前のフルサイクルのゼロ交差である。

40

【 0 0 0 6 】

発明の別の態様は、コロナ点火器、スイッチおよびコントローラを含むコロナ放電点火システムを制御する方法を提供する。当該方法は、出力電流の位相を取得することと、出力電流のゼロ交差後の所定量の時間、第 2 のスイッチは起動されないが第 1 のスイッチを起動することとを含む。ゼロ交差は、出力電流の任意の以前のフルサイクルのゼロ交差である。

50

【0007】

本発明の他の利点は、添付の図面に関連して考慮されると以下の詳細な説明を参照することでより良く理解されるようになるため、容易に認識されることになる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】発明の第1の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図2】発明の第2の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図3】発明の第3の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図4】発明の第4の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図5】発明の第5の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図6】発明の第6の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図7】発明の第7の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図8】発明の第8の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図9】発明の第9の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【図10】発明の第10の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

詳細な説明

本発明は、内燃機関用途のためのコロナ放電点火システム20の向上した動作をもたらす。システム20の例示的な実施形態が図1～図10に示される。各実施形態において、システム20は、共振周波数で動作するコロナ点火器22を含む。駆動周波数および出力電流におけるエネルギーがコロナ点火器22に供給される。出力電流の位相は、変圧器34の出力24とも称されるコロナ点火器22の入力において測定されることができる。コロナ点火器22は好ましくは、コロナ放電26と称される高い無線周波数電界を発火端において形成して、エンジンの燃焼室の燃料および空気の混合物を点火する。システム20は、コロナ点火器22に供給される駆動周波数とシステム20のキャパシタンス/インダクタンス回路とを制御するコントローラ28ならびに少なくとも一対のスイッチ30A, 30Bならびに/または30Cおよび30Dも含み、したがって駆動周波数はコロナ点火器22の共振周波数に維持される。駆動周波数が共振周波数に等しいかまたは近くなるようにシステム20を動作させることにより、燃焼室における強固なコロナ放電26につながる電圧増幅がもたらされる。

【0010】

比較のためのシステムにおいて駆動周波数をコロナ点火器の共振周波数に維持するため現在用いられている他の方法は、異なる駆動周波数を適用しつつ点火器電流の低出力測定を行なうことと、コロナ点火器の電圧または電流（またはその代わりのもの）を測定し、周波数を変動させてこれを最大化することと、または、共振に必要とされる条件である共振器への入力において電圧および電流を同相に維持するために位相ロックループ（PLL）を実施することとを含む。しかしながら、これらの方法はすべて動作中に電位の問題を有する。電気的パラメータを最大化するために周波数を調整する方法は、共振周波数で動作していることを確実にするために、「ハンティング」と称される周波数の一定の調整

10

20

30

40

50

を必要とする。共振周波数が識別される前に、相当量の時間が必要とされる。また、アークの形成は、故意であるか偶然であるかに関わらず、これらの典型的なシステムにとって追従するのが非常に困難なエネルギーの電流における位相変化を引起す。その上、コントローラが再び適切な周波数を取得する何十または何百ものサイクルの間に出力電圧が崩壊し得る。位相ロックループに依存するシステムは、「ハントティング」を受けないが、安定性を実現するために、応答の何らかの制動を本質的に必要とする。これにより、共振周波数の取得が比較的遅くなり、アークの形成によって、容易に追従することができない位相変化が起こり、コロナ点火器の入力におけるエネルギーの一時的な崩壊につながる。

【0011】

本発明のシステム20はこれらの問題を回避し、コロナ点火器22の共振周波数に等しいかまたは非常に近い駆動周波数で継続的に動作することができる。この継続的な動作は、コロナ点火器22への出力電流の位相の測定値を測定することまたは他の方法で取得することと、出力電流に関する当該情報をコントローラ28に供給することによって実現される。好ましくは、出力電流の位相は2分の1サイクルごとに一度取得され、2分の1サイクルごとに一度コントローラ28に供給される。出力電流測定値は入力24において取得され、コロナ点火器22の共振周波数は、2分の1サイクルごとに出力電流の位相から取得することができる。コントローラ28は、出力電流に関する情報を分析し、スイッチ30Aまたは30Bの一方、たとえば第1のスイッチ30Aを、出力電流の第1のゼロ交差後の所定量の時間起動する。システムが4つのスイッチを含む場合、コントローラは、スイッチ30Aおよび30Dを同時に起動するか、またはスイッチ30Bおよび30Cを同時に起動する。

10

20

30

30

【0012】

好ましくは、第1のゼロ交差は、出力電流の最も最近のフルサイクルのゼロ交差のうちの1つである。しかしながら、第1のゼロ交差は、出力電流の以前のフルサイクルのうちのいずれかのゼロ交差のうちの1つであり得る。コントローラ28に供給される出力電流の位相に依存して、最近のフルサイクルの第1のゼロ交差は、2つの正のゼロ交差および1つの負のゼロ交差、または2つの負のゼロ交差および1つの正のゼロ交差から選択することができる。コントローラ28は次いで、出力電流の第2のゼロ交差後の所定量の時間、他方のスイッチ30Aまたは30B、この場合は第2のスイッチ30Bを起動する。第2のゼロ交差は第1のゼロ交差後に生じる。スイッチ30Aまたは30Bの一方が起動されている時、エネルギーは、電源(図示せず)から起動中のスイッチ30Aまたは30Bを介してコロナ点火器22に流れることができる。スイッチ30A, 30Bが起動されていない時は、エネルギーはコロナ点火器22に流れることはできない。スイッチ30Aは第1のスイッチと称され、スイッチ30Bは第2のスイッチと称されるが、スイッチ30Bを代替的に第1のスイッチと称することができ、スイッチ30Aを第2のスイッチと称することができる。

30

40

【0013】

コントローラ28は、様々な異なる方法を用いて、選択されたゼロ交差とスイッチ30Aまたは30Bの起動との間の所定量の時間を決定することができる。一実施形態では、コントローラ28による選択された第1のゼロ交差または第2のゼロ交差と一方のスイッチ30Aまたは30Bの起動との間の所定量の時間は、固定され、コントローラ28にプログラムされる。これは、システム20の共振周波数が固定された周波数範囲内にある場合によくある。別の実施形態では、コントローラ28は、同じくコントローラ28にプログラムされたアルゴリズムを用いて、所定量の時間を決定する。さらに別の実施形態では、コントローラ28は、出力電流の以前のサイクルを分析して、選択された第1のゼロ交差または第2のゼロ交差とスイッチ30Aまたは30Bの起動との間の所定量の時間を決定する。

40

50

【0014】

いずれの場合にも、スイッチ30Aまたは30Bの一方のみが起動しており、コロナ点火システム20の動作中の任意の所与の時間にコロナ点火器22にエネルギーを供給してい

る。したがって、コントローラ 28 は、第 2 のスイッチ 30B を起動する前に第 1 のスイッチ 30A を停止し、逆もまた同様であり、したがって 2 つのスイッチ 30A, 30B は同時に起動しない。たとえば、出力電流が正の時は常に、第 1 のスイッチ 30A が起動しており、ゆえにコロナ点火器 22 にエネルギーを供給する。出力電流が負の時は常に第 2 のスイッチ 30B が起動しており、ゆえにコロナ点火器 22 にエネルギーを供給する。好ましくは、スイッチ 30A, 30B の起動は、コロナ点火器 22 の共振周波数と同期され、したがって一方のスイッチ 30A または 30B は、コロナ点火器 22 に供給される出力電流がゼロと交差するたびに、コントローラ 28 によって起動される。この場合、コロナ点火器 22 に供給される駆動周波数は、コロナ点火器 22 の共振周波数と等しいかまたはほぼ等しい。

10

【0015】

本発明のシステム 20 および方法によって多くの利点がもたらされる。第 1 に、システム 20 は、コロナ点火器 22 の共振周波数に等しいかまたは非常に近い駆動周波数を維持するために、たとえば共振周波数変化に応答して、駆動周波数に即座に調整を行うことができる。システム 20 は、アーキング事象中に、コロナ点火器 22 における電流の位相変化を効率的に追跡し、応答することも可能である。共振周波数のほぼ即座の取得および駆動周波数の迅速なリアルタイム調整は、可能な最良の性能を維持することが可能である。換言すると、システム 20 は非常に迅速なロックを維持する。これは、システム 20 に供給された電圧がコロナ点火器 22 の電流の周波数における正弦波状変化に追従することを意味する。さらに、システム 20 は、他のシステムと比較してはるかに広範囲の周波数で動作することが可能である。

20

【0016】

コロナ点火器 22 に供給された電圧および電流が同じ周波数を有し、同相である時、システム 20 は「共振周波数」で動作すると理解されるべきである。「サイクル」という用語は、コロナ点火器 22 からの電圧または電流の正弦波出力の一回の期間を意味し、一回の発振期間とも称される。「2 分の 1 サイクル」という用語は、当該期間の半分、または発振期間の半分を意味する。本明細書に記載されるシステムを採用することができる共振周波数制御の方法は、各々が本願と同じ発明者を挙げ、同じ日に提出された関連する米国特許出願番号第 14/568266 号、第 14/568330 号および第 14/568438 号に開示されていることも注記する。

30

【0017】

図 1 は、第 1 の例示的な実施形態に係るコロナ放電点火システム 20 のブロック図であり、コロナ放電点火システム 20 は、コロナ点火器 22 の共振周波数と等しいかまたはほぼ等しい駆動周波数を維持するために、共振周波数変化およびアーク形成に対して迅速な応答を提供することが可能である。コントローラ 28、スイッチ 30A, 30B およびコロナ点火器 22 に加えて、システム 20 は、第 1 のドライバ 32A および第 2 のドライバ 32B と称される一対のドライバ 32A, 32B も含む。図 1 のシステム 20 はさらに、変圧器 34、第 1 の電流センサ 36、第 1 のローパスフィルタ 38、および第 1 の信号調整装置 40 を含む。コロナ点火器 22 に供給され、かつ受取られる電流は、入力 24 における電流と等しく、当該電流の位相は、入力 24 において第 1 の電流センサ 36 によって測定される。

40

【0018】

システム 20 はコントローラ 28 によって制御される。コントローラ 28 は、好ましくはデジタル信号プロセッサ (DSP)、複合プログラマブルロジックデバイス (CPLD)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)、マイクロコントローラ、またはマイクロプロセッサなどの、プログラマブルデジタルコントローラまたはプログラマブル混合信号コントローラである。コントローラ 28 は、燃焼室においてコロナ放電 26 の発生を開始させるようコントローラ 28 に命じるトリガ入力信号 42 を受信する。コントローラ 28 は、アークが検出されたことを任意の外部制御システム (図示せず) に通知するためのアーク検出出力信号 44、ならびに任意の外部制御システムに回路の健康状態お

50

および動作に関する追加的なデータを供給するためのフィードバック出力信号 46 も供給する。コントローラ 28 との間で伝達されるトリガ入力信号 42 、アーク検出出力信号 44 およびフィードバック出力信号 46 は、EMC フィルタ 48 と称される電磁両立性フィルタおよび他の保護部材 49 によってフィルタリングされる。トリガ入力信号 42 に応答して、コントローラ 28 は、スイッチ 30A, 30B を制御するドライバ 32A, 32B に駆動信号 50 を供給する。スイッチ 30A または 30B の一方が起動中である時、直流電圧 V3 が変圧器 34 の一次巻線 52 に印加される。変圧器 34 はその場合、入力 24 を介して、エネルギーをコロナ点火器 22 に駆動周波数で供給する。例示的な実施形態では、変圧器 34 は「プッシュプル」構造として当該分野で知られている構造を有する。

【0019】

10

図 1 のシステム 20 では、コロナ点火器 22 に供給される電流（出力電流）は、分路抵抗器、ホール効果センサ、または変流器などの任意の好適な技術を用いて、第 1 の電流センサ 36 において測定される。コロナ点火器 22 に供給される電流の位相の測定値を含む電流出力信号 54 は、第 1 の電流センサ 36 からコントローラ 28 に向かって伝達される。好ましくは、この電流出力信号 54 は、コントローラ 28 に伝達される前に第 1 のローパスフィルタ 38 によって軽くフィルタリングされる。第 1 のローパスフィルタ 38 は、電流出力信号 54 において、電流の発振期間より小さい位相シフトを生じさせる。一実施形態では、位相シフトは 180 度であるが、好ましくは位相シフトは 180 度未満であり、より好ましくは、位相シフトは 2 分の 1 サイクル未満である 90 度未満である。第 1 のローパスフィルタ 38 は、大電流および電圧を切替えることによって生成される不要な高周波ノイズも除去する。フィルタリングされた電流出力信号 54 は、次いで、第 1 の信号調整装置 40 に転送される。第 1 の信号調整装置 40 は、コントローラ 28 に転送するために電流出力信号 54 を安全にする。したがって、電流出力信号 54 は、コントローラ 28 によって安全に処理することができるレベルにある。典型的に、電流出力信号 54 に含まれる唯一の情報は、入力 24 においてコロナ点火器 22 に供給される電流の位相である。

20

【0020】

コントローラ 28 は、第 1 の電流センサ 36 によって取得された電流測定値を有する電流出力信号 54 を受信し、当該電流測定値を用いて、コロナ点火器 22 の共振周波数と、スイッチ 30A, 30B を起動して共振動作を与えるための最適なタイミングとを識別する。出力電流の位相は、好ましくは 2 分の 1 サイクルごとに一度コントローラ 28 に供給される。例示的な実施形態では、起動されるべき第 1 のスイッチ 30A または第 2 のスイッチ 30B のタイミングをコントローラ 28 が決定すると、コントローラ 28 は、第 1 のスイッチ 30A を起動するように第 1 のドライバ 32A に指示するか、または第 2 のスイッチ 30B を起動するように第 2 のドライバ 32B に指示する。ドライバ 32A, 32B は、所定の時間にスイッチ 30A, 30B を起動するように指示され、したがってスイッチ 30A, 30B によって変圧器 34 に、かつ最終的にはコロナ点火器 22 に伝達されるエネルギーの駆動周波数は、コロナ点火器 22 の共振周波数と等しいかまたはほぼ等しい。

30

【0021】

上述したように、この共振周波数動作は好ましくは、コロナ点火器 22 への出力電流がゼロと交差するたびにスイッチ 30A または 30B の一方を起動することによって取得される。スイッチ 30A, 30B がそのような時に起動されると、駆動周波数はコロナ点火器 22 の共振周波数と等しいかまたはほぼ等しい。コントローラ 28 はまず、電流出力信号 54 において供給される出力電流の位相を分析することにより、第 1 のスイッチ 30A が起動されるべき時を決定する。コントローラ 28 は、出力電流の第 1 のゼロ交差を識別し、この第 1 のゼロ交差後の所定量の時間、第 1 のスイッチ 30A を起動する。第 1 のゼロ交差は、出力電流の最も最近のフルサイクルのゼロ交差のうちの 1 つ、または以前のフルサイクルのうちのいずれかから得られたゼロ交差のうちの 1 つである。出力信号 54 においてコントローラ 28 に供給される出力電流の位相に依存して、最も最近のフルサイクル（または任意の以前のサイクル）の第 1 のゼロ交差は、2 つの正のゼロ交差および 1 つ

40

50

の負のゼロ交差から、または 2 つの負のゼロ交差および 1 つの正のゼロ交差から選択することができる。

【 0 0 2 2 】

コントローラ 2 8 は、電流出力信号 5 4 において供給される出力電流の位相も分析して、共振周波数動作を実現するための正確な時間に第 2 のスイッチ 3 0 B を起動する。第 2 のスイッチ 3 0 B は、好ましくは出力電流の第 2 のゼロ交差後の所定量の時間、起動される。第 2 のゼロ交差は、第 1 のゼロ交差後の任意の時間に生じる。

【 0 0 2 3 】

また、上述したように、コントローラ 2 8 は、様々な異なる方法を用いて、選択されたゼロ交差と一方のスイッチ 3 0 A または 3 0 B の起動との間の所定量の時間を決定することができる。換言すると、コントローラ 2 8 は、様々な異なる方法を用いて、選択されたゼロ交差と一方のスイッチ 3 0 A または 3 0 B の起動との間の遅延を決定し設定することができる。一実施形態では、選択された第 1 のゼロ交差または選択された第 2 のゼロ交差と、第 1 のスイッチ 3 0 A または第 2 のスイッチ 3 0 B の起動との間の所定量の時間は、固定され、コントローラ 2 8 にプログラムされる。これは、駆動周波数が、固定され限定された周波数範囲内にある場合によくある。別の実施形態では、コントローラ 2 8 は、出力電流の以前のサイクルを分析して、選択された第 1 のゼロ交差または第 2 のゼロ交差と一方のスイッチ 3 0 A または 3 0 B の起動との間の所定量の時間を決定する。

10

【 0 0 2 4 】

さらに別の実施形態では、コントローラ 2 8 は、コントローラ 2 8 にプログラムされたアルゴリズムを用いて、選択されたゼロ交差とスイッチ 3 0 A または 3 0 B の起動との間の所定量の時間を決定する。アルゴリズムは、出力電流の予期されるゼロ交差と、以前のサイクル中に第 1 の電流センサ 3 6 によって入力 2 4 において測定された出力電流の実際のゼロ交差との相違を判定する。予期されるゼロ交差は、コントローラ 2 8 が出力電流がゼロと交差すると予期する時間であり、典型的にスイッチ 3 0 A または 3 0 B の一方が起動された後の所定の持続時間である。予期されるゼロ交差と実際のゼロ交差との間のこの時間の相違は、システム 2 0 の構成要素における遅延によって生じる。コントローラ 2 8 は次いで、遅延に関する情報を用いて、スイッチ 3 0 A または 3 0 B が起動されるべき時を決定し、したがってスイッチ 3 0 A または 3 0 B は、出力電流がゼロと交差するのと同時に起動される。

20

【 0 0 2 5 】

システム 2 0 の動作中の任意の所与の時間にスイッチ 3 0 A または 3 0 B の一方のみが起動していることが重要である。たとえば、コントローラ 2 8 は、出力電流がゼロと交差する時に、第 1 のドライバ 3 2 A を起動することができ、その結果第 1 のスイッチ 3 0 A が起動される。次に、コントローラ 2 8 は、第 1 のドライバ 3 2 A および第 1 のスイッチ 3 0 A をオフにし、次いで、出力電流が次にゼロと交差する時に、第 2 のドライバ 3 2 B を起動し、その結果第 2 のスイッチ 3 0 B が起動される。コントローラ 2 8 は、第 1 の信号調整装置 4 0 から受信した各電流出力信号 5 4 を分析することができ、必要であればスイッチ 3 0 A , 3 0 B のタイミングを調整することができる。

30

【 0 0 2 6 】

図 1 のコロナ点火システム 2 0 の別の利点は、第 1 のローパスフィルタ 3 8 が広範囲の周波数で動作することができ、任意の長さの遅延をもたらすことができる点である。換言すると、選択されたゼロ交差とスイッチ 3 0 A または 3 0 B の一方が起動される時との間の所定量の時間は任意の長さであり得る。第 1 のローパスフィルタ 3 8 は、比較のためのコロナ放電点火システムのフィルタのように、予め規定された遅延をもたらすための要件によって損なわれない。第 1 のローパスフィルタ 3 8 は、位相シフトおよび周波数応答のための最適設計であり得、予め規定された遅延をもたらすことができる能力ではなく、その寸法、費用、またはノイズ低減力に基づいて選択されることができる。

40

【 0 0 2 7 】

発明のシステム 2 0 では、第 1 のローパスフィルタ 3 8 によって引起される遅延は既知

50

であり、コントローラ 2 8 は、適切な共振をもたらすように正確な瞬間ににおいてドライバ 3 2 に駆動信号 5 0 を伝達するために、回路の他の構成要素の遅延と共に第 1 のローパスフィルタ 3 8 の遅延の原因となるようにプログラムされることができる。第 1 のローパスフィルタ 3 8 の遅延は、典型的に 1 サイクル未満であり、好ましくは 2 分の 1 サイクル未満である。比較のためのシステムとは異なり、他の構成要素ではなくコントローラ 2 8 が、コロナ点火器 2 2 の入力 2 4 においてゼロと交差する電流と起動されているスイッチ 3 0 A, 3 0 B との間のループ遅延の大部分をもたらす。コントローラ 2 8 はループ遅延を調整することができ、ループ遅延は、ほとんどいずれの所望の周波数範囲にわたっても調整することができる。このシステム 2 0 では、第 1 のローパスフィルタ 3 8 から遅延が取り除かれ、コントローラ 2 8 の制御ソフトウェアに入れられる。したがって、遅延は、比較のためのシステムでのように、2 分の 1 サイクル当たり 5 0 0 ナノ秒などの予め規定された遅延に限定されない。コントローラ 2 8 は、絶えずループ遅延を調整することもでき、したがってループ遅延は、システム 2 0 の共振周波数に依存しない。スイッチ 3 0 A, 3 0 B のタイミングは、入力 2 4 において第 1 の電流センサ 3 6 によって測定される電流がゼロと交差するとスイッチ 3 0 A, 3 0 B が起動され、変圧器 3 4 にエネルギーを供給するように、既知のループ遅延を考慮して調整されることができる。

【 0 0 2 8 】

多くの利点は、スイッチ 3 0 A, 3 0 B の起動のための最適なタイミングを決定するプログラマブルコントローラ 2 8 と、共振周波数の期間未満の位相シフトをもたらす第 1 のローパスフィルタ 3 8 との組合せによって実現される。まず、システム 2 0 は、非常に広い周波数範囲にわたって動作することができる。動作周波数には事実上下限はない。最も高い動作周波数は、第 1 のローパスフィルタ 3 8 、第 1 の信号調整装置 4 0 、ドライバ 3 2 A, 3 2 B 、スイッチ 3 0 A, 3 0 B 、および変圧器 3 4 によってもたらされる遅延の和によってのみ限定され、したがって上限は典型的に数メガヘルツである。その上、システム 2 0 のデッドタイム（ゼロ交差直前および直後の時間）を減少させて、デューティサイクルの効果的な増大によりコロナ点火器 2 2 の出力電圧を増大させ得る。また、変圧器 3 4 に蓄積されたエネルギーと、コロナ点火器 2 2 の電流の実際のゼロ交差付近での切替えとがスイッチ 3 0 A, 3 0 B におけるエネルギー損失を減少させる。他の利点は、動作条件に基づいてデッドタイムを変動させることができる、またはテストおよび診断の目的で駆動周波数を測定し、予め規定された基準と比較することを含む。さらに別の利点は、入力 2 4 と負荷との間で異なるケーブル長（ケーブルは図示せず）をシステム 2 0 が容易に補償することができる点であり、これは、入力 2 4 と変圧器 3 4 との間に配置される任意のケーブルが、補償されなければならない追加的な遅延を導入する可能性があるため、重要であり得る。コントローラ 2 8 によるソフトウェア変更でこの追加的な遅延を補償することにより、システム 2 0 は使用の際に柔軟となる。さらに、上述したように、出力電流の最も最近のフルサイクルまたは以前のフルサイクルのゼロ交差事象に基づいてスイッチ 3 0 A, 3 0 B のタイミングを制御することにより、コントローラ 2 8 が共振周波数変化およびアーク形成に対して迅速な応答を提供することができる。コロナ点火器 2 2 に供給される出力電流の測定された位相からスイッチ 3 0 A, 3 0 B が直接制御されるように、プログラマブルコントローラ 2 8 および第 1 のローパスフィルタ 3 8 によって実現される明確な短い時間遅延をコントローラ 2 8 において訂正することができる。これにより、多重振動に対して測定を行なう必要がなくなる。最後に、上述したように、システム 2 0 は、システム 2 0 がコロナ点火器 2 2 の共振周波数で継続的に動作するように、電流の駆動周波数および位相において非常に迅速な変更を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

図 2 は、発明の第 2 の例示的な実施形態に係るコロナ放電 2 6 点火システム 2 0 のブロック図であり、図 1 のシステム 2 0 のように動作するが、いくつかの追加的な特徴を含む。追加的な 1 つの特徴は、システム 2 0 の様々な機能セクションが、互いに離間された制御系統接地 5 6 、電源系統接地 5 8 および負荷接地 6 0 を含む点である。この技術は、E

MIおよび/または電磁両立性(EMC)を向上させるために用いられる。制御系統接地56は、ガルバニック絶縁62によって電源系統接地58から絶縁される。変圧器34が電源系統接地58を負荷接地60から絶縁し、この絶縁は第1の電流センサ36とコントローラ28との間で維持されなければならない。電源系統接地と負荷接地60との間の絶縁は、第1のローパスフィルタ38または第1の信号調整装置40においてガルバニック絶縁62を追加することによって実現され得る。あるいは、電源系統接地58と負荷接地60との間の絶縁は、無視できる電流のみが装置を流れることができる差動モードで第1のローパスフィルタ38または第1の信号調整装置40を動作させることによって実現されることができる。図2のシステム20では、第1の信号調整装置40のみが差動モードで動作して、負荷接地60から電源系統接地58を絶縁する。これらの方法のうち1つ以上が採用され得る。

10

【0030】

図2のシステム20の別の追加的な特徴は、変圧器34の一次側の第2のスイッチ30Bの電流の振幅を測定するための第2の電流センサ64である。第2の電流センサ64は、具体的には第2のスイッチ30Bの出力における電流を測定する。あるいは、スイッチ30A, 30Bの各々に第2の電流センサ64があり得る。第2の電流センサ64は、追加的なフィードバック信号55をコントローラ28に供給し、第1の電流センサ36のみの位相測定では可能でない有益な診断情報を与える。たとえば、スイッチ30A, 30Bの出力における電流を測定することによって、負荷回路内の開路または短絡を検出することが可能である。その上、図2のシステム20は、コントローラ28にフィードバック信号55を供給する前に電流出力信号54を軽くフィルタリングするために電流センサとコントローラ28との間に配置される第2のローパスフィルタ66を含む。

20

【0031】

図3は、発明の第3の例示的な実施形態に係るコロナ放電26点火システム20のブロック図である。図3のシステム20もガルバニック絶縁62を含むが、この実施形態では、ガルバニック絶縁62は、コントローラ28のエネルギー入力側およびエネルギー出力側の両方に位置し、3つの接地56, 58, 60を完全に離間する。回路がより少数の接地を用いて動作するように設計される場合、ガルバニック絶縁62によってもたらされる障壁の一方または両方を省略することができる。

30

【0032】

図3のシステム20は、電圧フィードバック巻線68と称される別の巻線をさらに含む。電圧フィードバック巻線68によって供給される電流は、コロナ点火器22の入力24における電圧を反映する。電圧に比例する位相だけではなく、入力24における実電圧が測定される。電圧フィードバック巻線68からの電圧データを含む電圧信号70は、診断および制御目的でコントローラ28に転送される。電圧信号70は、電圧信号70の大きさを限定し、必要であればガルバニック絶縁62をもたらすために、好適な中間回路を用いてサンプリングされ得る。共振周波数の2倍より速い速度で電圧信号70をサンプリングすることにより、実際の共振周波数が、たとえば公知の高速フーリエ変換(FFT)方法を用いてコントローラ28によってより正確に検出されることが可能となる。図3のシステム20は、コントローラ28に電圧信号70を供給する前に電圧信号70を軽くフィルタリングするために変圧器34とコントローラ28との間に配置される第2のローパスフィルタ66も含む。電圧信号70は、変圧器34によって引起される位相シフトを識別し訂正するために、またはドライバ32A, 32Bおよびスイッチ30A, 30B、ならびに変圧器34によって導入された遅延の直接測定値を供給するために用いられ得る。要約すると、電圧信号70はコントローラ28の精度を向上させるために用いられ得る。また、図1および図2のシステム20とは異なり、制御信号72が図3のコントローラ28に供給される。制御信号72は、アーキングが発生したかどうかまたは所望の電圧などの、コロナ点火器22の動作に関連する任意の情報を含むことができる。

40

【0033】

図4は、発明の第4の例示的な実施形態に係るコロナ放電26点火システム20のブロ

50

ク図である。システム 20 は、コントローラ 28、ドライバ 32A, 32B、スイッチ 30A, 30B、電圧フィードバック巻線 68 を有する変圧器 34、コロナ点火器 22 への入力 24、第 2 のローパスフィルタ 66、第 1 の信号調整装置 40、ガルバニック絶縁 62、および第 1 の電流センサ 36 を含む。しかしながら、この実施形態では、第 1 の電流センサ 36 は絶縁された 4 線式装置であり、コロナ点火器 22 の入力 24 に接続された負荷を流れる負荷電流 74 は、負荷回路から、ゆえに負荷接地 60 から直流電気的に絶縁される対応する電圧 76 を生じさせる。絶縁された電圧 76 は、負荷回路への直接接続なしに、コロナ点火器 22 への入力 24 における負荷電流 74 の位相を識別するために用いられ得る。電圧 76 は、第 1 の電流センサ 36 の設計に依存して、電圧または電流源から取得され得る。第 1 の電流センサ 36 に用いられることができる好適な装置は、巨大磁気抵抗 (GMR) 電流センサ、光アイソレーションセンサ、特殊なハイサイドシャント測定集積回路 (別個の分路抵抗器の有無に関わらない)、および変流器を含む。その上、図 3 の実施形態とは異なり、電圧フィードバック巻線 68 の電圧が電流の代わりに測定される。電圧センサ 78 が、この電圧を測定するために電圧フィードバック巻線 68 の出力に配置され得ることが好ましい。電圧出力信号 80 は次いで、第 2 のローパスフィルタ 66 を介してコントローラ 28 に転送される。

10

【0034】

図 5 は、第 5 の例示的な実施形態に係るコロナ放電 26 点火システム 20 のブロック図である。この実施形態は、第 1 の電流センサ 36 が入力 24 間に位置し、第 1 の信号調整装置 40 がここでは変圧器であり、したがって変流器と称される以外は、図 4 の実施形態と同様である。変流器 36 は、負荷電流 74 を測定し、負荷接地と電源系統接地 58 との間にガルバニック絶縁 62 をもたらす。変流器 36 の出力は、変流器 36 の入力インピーダンスの両端に電圧 76 も生成する。また、信号調整装置 40 によって供給される電流測定値を対応する電圧に変換するために、別個の負荷抵抗器 (図示せず) を任意に用いてよい。図示されないが、このシステムのコロナ点火器 22、および図に示される残りのシステムは、図 2 ~ 図 4 と同じ構造を有する。

20

【0035】

第 6 の典型的な実施形態が図 6 に示される。入出力信号およびコントローラ 28 への接続は明瞭さのために省略されるが、省略された信号および接続のいくつかまたはすべてが依然として必要とされる。この実施形態のコロナ点火システム 20 では、変圧器 34 の「プッシュプル」構造は、「フルブリッジ」構造として当該分野で知られている別の構造と置換される。システム 20 は、各々が追加的なスイッチ 30C, 30D に接続された 2 つの追加的なドライバ 32C, 32D も含む。ドライバ 32A, 32B, 32C, 32D のすべてが絶縁される。この実施形態では、変圧器 34 の一次巻線 52 は単一巻線のみを必要とする。スイッチ 30A, 30B, 30C, 30D はプッシュプル構造のままであり、それらの関連付けられたドライバ 32A, 32B, 32C, 32D を介して、逆位相の変圧器 34 の一次の交互端部に電圧を印加する。コントローラ 28 は、変圧器 34 の一次における電流の流れを反対方向に制御して、変圧器 34 の二次巻線 82 における適切な電流流れを生成し、したがって適切な電流が入力 24 において流れる。また、図 6 の実施形態では、コントローラ 28 は、絶縁されたドライバ 32A, 32B, 32C, 32D によつてもたらされるガルバニック絶縁 62 によって制御系統接地 56 に接続される。この構造は、所望であれば先の実施形態のいずれかに適用されてもよく、先の実施形態のトリガ入力信号 42、出力信号 44 および 46、ならびに / または制御信号 72 のガルバニック絶縁 62 の必要性をなくしてもよい。

30

【0036】

別の例示的な実施形態に係るコロナ点火システム 20 が図 7 に示される。この実施形態のシステム 20 は、この場合は変圧器 34 がキャパシタ 84 およびバラン 86 で置換される以外は、図 1 のシステム 20 と同様である。バラン 86 は、必ずではないが典型的に、1 : 1 に近い巻数比を有し、(ドライバおよびスイッチを含む) 駆動回路のインピーダンスを負荷入力 24 のインピーダンスに一致させて、向上した全効率をもたらすために主と

40

50

して用いられる。変圧器 3 4 をバラン 8 6 で置換することにより、いくつかの他の変更が典型的に必要となる。たとえば、バラン 8 6 の入力側は、平均直流電圧が V 3 の 1 / 2 となる駆動回路からの直流電流流れを限定しない。したがって、この電流を阻止するためにキャパシタ 8 4 が追加される。第 2 に、変圧器 3 4 は 1 : 3 、 1 : 5 、 1 : 8 、または 1 : 2 0 などの巻数比を有し得る一方、バラン 8 6 の巻数比は典型的に低く、 1 : 1 であることが多いため、バラン 8 6 はより高い電圧を典型的に必要とする。図 7 のシステム 2 0 では、負荷電圧は、バラン 8 6 の巻数比によって V 3 の + および - 1 / 2 に関連することになる。バラン 8 6 は、駆動回路から負荷入力 2 4 を直流電気的に絶縁することもできる。

【 0 0 3 7 】

図 8 は、変更された接続を有するが図 7 と同様である第 8 の例示的な実施形態を示す。この例では、バラン 8 6 は絶縁をもたらさない。代わりにバラン 8 6 は電圧ダブリングをもたらし、負荷に印加される電圧は + および - V 3 に関連する。

【 0 0 3 8 】

図 9 は第 9 の例示的な実施形態に係るコロナ点火システム 2 0 を示す。この実施形態では、4 つのスイッチ 3 0 A , 3 0 B , 3 0 C , 3 0 D は「フルブリッジ」として構成され、バラン 8 6 は、直流電流を阻止するために 2 つのキャパシタ 8 4 を必要とする。その上、絶縁する第 1 の電流センサ 3 6 は、「ハイサイド」位置とも称される高圧側で電流を測定する。この回路トポロジーは、第 1 の電流センサ 3 6 の同相除去比 (CMRR) が、十分に高い場合、かつ第 1 の電流センサ 3 6 がこの回路位置で高圧に安全に耐えることが可能な時に実施され得る。その上、この実施形態のスイッチ 3 0 A , 3 0 B , 3 0 C , 3 0 D は、2 つの別個のモードで回路が動作することを可能にする。第 1 のモードは、(ドライバおよびスイッチを含む)回路が図 6 の回路と同様に動作する「フルブリッジ」モードである。負荷に印加される電圧が + および - V 3 に関連するように、スイッチの対 3 0 A / 3 0 B および 3 0 C / 3 0 D は各々が「プッシュプル」構造であり、逆位相で駆動される。第 2 のモードは、たとえばスイッチ 6 D の起動によってバラン 8 6 の一方側を永久的に接地に保つ。次いでスイッチ 3 0 A および 3 0 B が逆位相で駆動され、負荷に印加される電圧が、V 3 の + および - 1 / 2 、つまり「フルブリッジ」モードの電圧の 2 分の 1 に関連するシングルエンドの運転モードを与える。図 9 の構造は、他のトポロジーでは容易に利用可能ではない電圧制御の方法を提供する。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 は、第 1 0 の例示的な実施形態に係るコロナ点火システム 2 0 のブロック図である。この実施形態では、入力 2 4 は、スイッチ 3 0 A , 3 0 B によって直接的に駆動される。先の実施形態のように、スイッチ 3 0 A , 3 0 B は電圧 + V 3 と接地との間を切換える。しかしながら、図 1 0 のシステム 2 0 は、スイッチ 3 0 A , 3 0 B と入力 2 4 との間に変圧器 3 4 またはバラン 8 6 を含まない。したがって、入力 2 4 に供給される電圧 + V 3 の大きさは変圧器 3 4 またはバラン 8 6 によって典型的にもたらされる電圧変更を補うように増大される。図 1 0 のキャパシタ 8 4 は、A C 電流が流れることを可能にするが、他の場合には入力 2 4 からスイッチ 3 0 A , 3 0 B に向かって流れることができる直流電流を阻止する。

【 0 0 4 0 】

図 1 0 のシステム 2 0 は、スイッチ 3 0 A , 3 0 B とキャパシタ 8 4 との間に配置される周波数フィルタ 8 8 も任意に含む。あるいは、周波数フィルタ 8 8 はキャパシタ 8 4 と入力 2 4 との間に配置され得るか、またはキャパシタ 8 4 は周波数フィルタ 8 8 に組込まれ得る。周波数フィルタ 8 8 は、基本のまたは所望の周波数を超えた周波数を減衰せしように設計され、それにより、出力ケーブル (図示せず) における高周波成分を減少させ、周囲環境における電気ノイズを減少させる。周波数フィルタ 8 8 は、向上したインピーダンス、たとえば入力 2 4 に接続された負荷のインピーダンスに一致するインピーダンスを供給するように設計されることもできる。任意の第 2 の信号調整装置 9 0 を用いて、周波数フィルタ 8 8 によって入力 2 4 において負荷に供給される電圧の位相をサンプリング

10

20

30

40

50

することもできる。第2の信号調整装置90は典型的に、図4および図5の電圧センサ78と同様に機能する。たとえば、第2の信号調整装置90は、電流のゼロ交差を取得することができる。第2の信号調整装置90によって蓄積された電圧に関する情報はコントローラ28に供給され、コントローラ28は、当該情報を用いて、ドライバ32A, 32Bおよびスイッチ30A, 30Bにおいて生じる遅延を補正することができる。図10はスイッチ30A, 30Bの出力に接続された任意の第2の信号調整装置90を示すが、第2の信号調整装置90は、代替的にドライバ32A, 32Bの出力に、または周波数フィルタ88とキャパシタ84との間、またはキャパシタ84と入力24との間に配置され得る。

【0041】

10

図1～図10に示される例示的なシステム20の特徴を、本願明細書において具体的に記載されたもの以外に様々な組合せで用いてもよい。本発明のシステム20は、たとえば、異なる周波数において多くの試行を行ない、フィードバックパラメータ（たとえば電流フロー、出力電圧、エネルギー消費量）を用いることによって共振周波数を近似して、共振に最も近い試行を識別するか、相当数の共振サイクルにわたって電圧と電流との間の位相差を減少させるように共振周波数を調整するか、または、限定された周波数範囲にわたる共振を可能にするためにフィルタ設計に組み入れられた固定遅延を用いることのいずれかを試みる、比較のためのシステムでは可能ではない診断および制御能力をもたらす。

【0042】

20

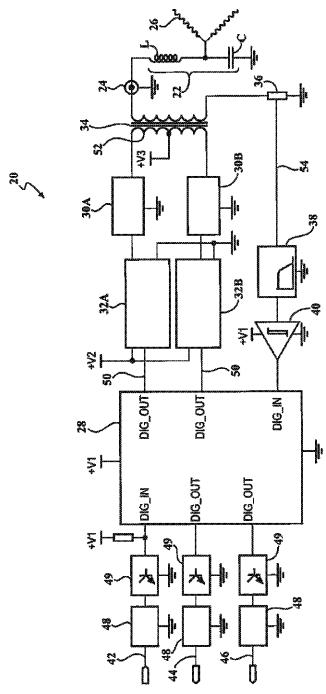
上述したように、本発明のシステム20は、負荷における電流の位相に対する回路の電圧のほぼ瞬間的な同期を可能にし、したがって駆動周波数をコロナ点火器22の共振周波数に等しいかまたはほぼ等しくさせる。システム20は、広い周波数範囲にわたって動作することができるという利点ももたらす。ループ遅延の大部分は、比較のためのシステムでのようにローパスフィルタなどにおけるハードウェアに組み込まれた遅延によってではなく、コントローラ28の制御ソフトウェアに実装された可変遅延によってもたらされる。典型的に、本発明のシステム20において生じる短い遅延は、発振期間のおよそ2分の1、または発振期間の2分の1未満であり、したがってより広い周波数範囲が可能となる。好ましくは、電流出力信号54の位相シフトは180度未満であり、より好ましくは、位相シフトは、2分の1サイクル未満である90度未満である。短い遅延により、共振周波数の変化とほぼ直ちに一致するように駆動周波数が調整されることも可能となる。したがってコントローラ28は、出力電流の最も最近のフルサイクルまたは以前のフルサイクルのうちの1つのゼロ交差事象に基づいてスイッチ30A, 30Bを起動することができ、駆動周波数の制御におけるさらなる向上が可能となる。

30

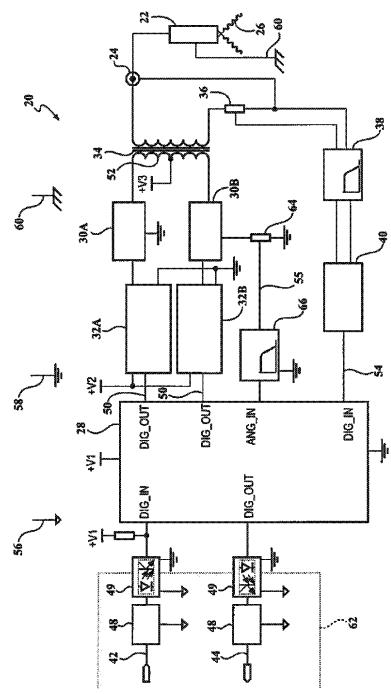
【0043】

明らかに、本発明の多くの変更および変形が上記の教示に照らして可能であり、具体的に記載された以外のやり方で、請求項の範囲内において実施され得る。

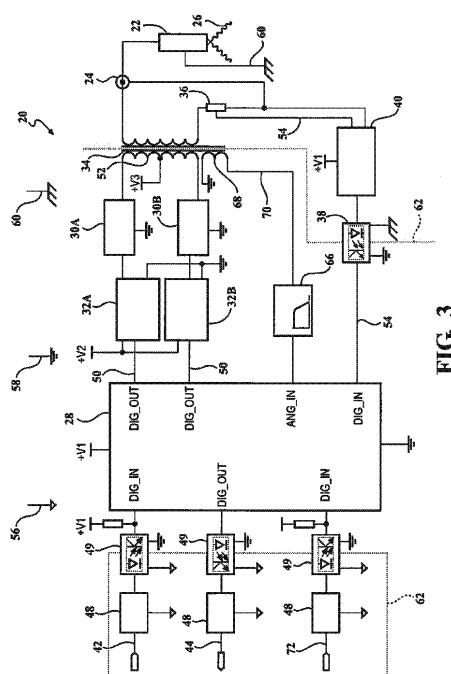
【図1】



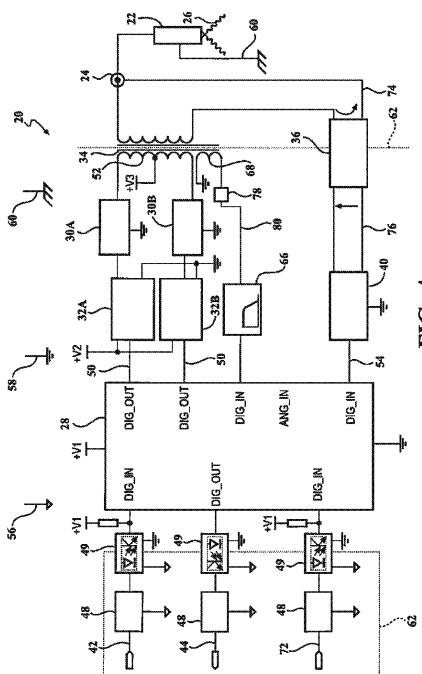
【図2】



【図3】



【図4】



【 図 5 】

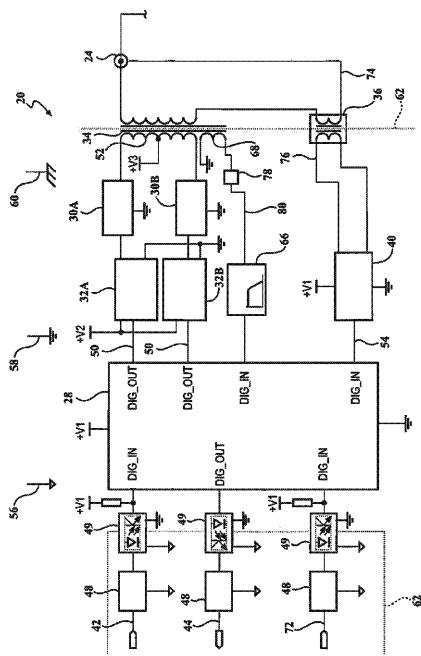


FIG 5

【 図 6 】

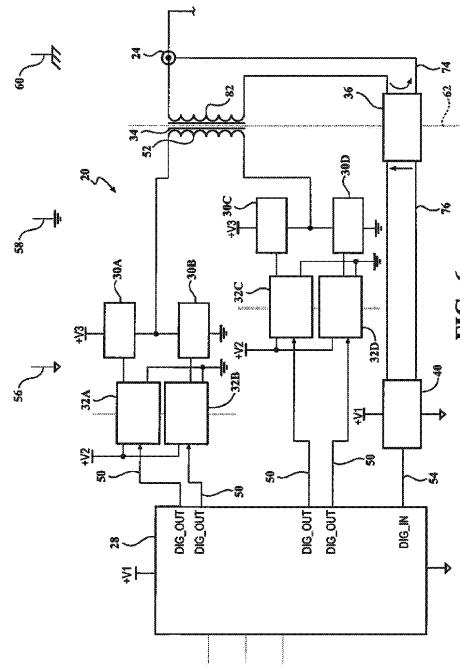


FIG. 6

【 図 7 】

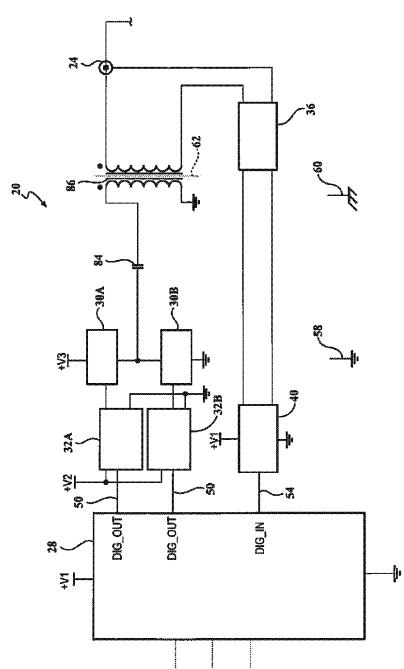
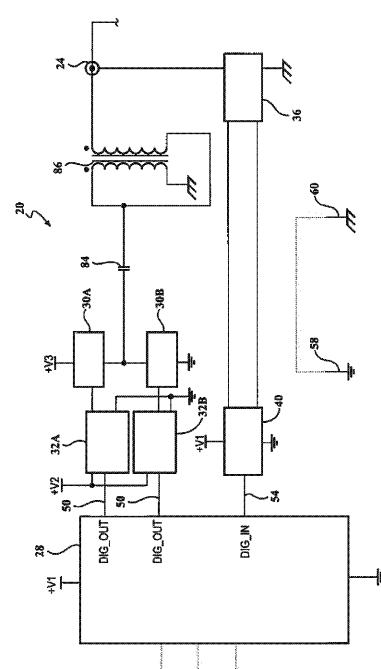


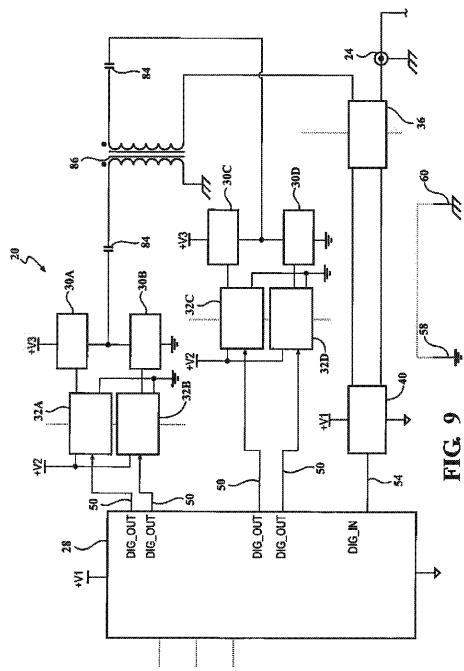
FIG. 7

【 図 8 】

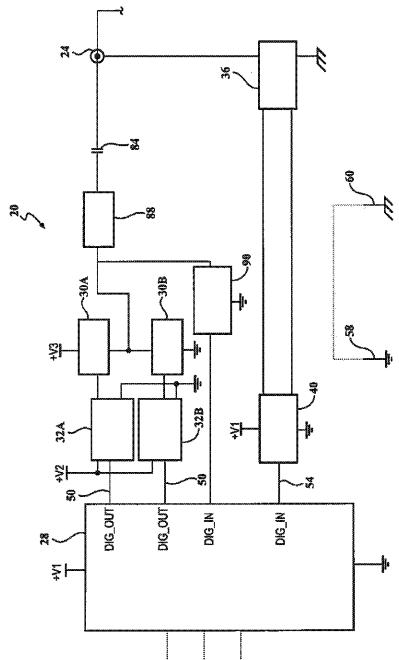


8
HEIG

【図 9】



【図 10】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2014/069952															
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F02P23/04 H01T19/00 H02M3/00 ADD.																	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02P H01T H02M																	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">US 2012/249006 A1 (BURROWS JOHN ANTONY [GB]) 4 October 2012 (2012-10-04) figure 2</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">----- US 2012/055455 A1 (RUAN GANGHUA [DE] ET AL) 8 March 2012 (2012-03-08) paragraphs [0009] - [0010], [0023] - [0029]; figures</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">----- US 2013/208393 A1 (HAMPTON K; PERMUY A) 15 August 2013 (2013-08-15) figures</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">----- US 2013/308347 A1 (SATO TADAHIKO [JP] ET AL) 21 November 2013 (2013-11-21) figures</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2012/249006 A1 (BURROWS JOHN ANTONY [GB]) 4 October 2012 (2012-10-04) figure 2	1-20	X	----- US 2012/055455 A1 (RUAN GANGHUA [DE] ET AL) 8 March 2012 (2012-03-08) paragraphs [0009] - [0010], [0023] - [0029]; figures	1-20	X	----- US 2013/208393 A1 (HAMPTON K; PERMUY A) 15 August 2013 (2013-08-15) figures	1-20	A	----- US 2013/308347 A1 (SATO TADAHIKO [JP] ET AL) 21 November 2013 (2013-11-21) figures	1-20
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	US 2012/249006 A1 (BURROWS JOHN ANTONY [GB]) 4 October 2012 (2012-10-04) figure 2	1-20															
X	----- US 2012/055455 A1 (RUAN GANGHUA [DE] ET AL) 8 March 2012 (2012-03-08) paragraphs [0009] - [0010], [0023] - [0029]; figures	1-20															
X	----- US 2013/208393 A1 (HAMPTON K; PERMUY A) 15 August 2013 (2013-08-15) figures	1-20															
A	----- US 2013/308347 A1 (SATO TADAHIKO [JP] ET AL) 21 November 2013 (2013-11-21) figures	1-20															
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.															
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																	
T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																	
Date of the actual completion of the international search 12 March 2015		Date of mailing of the international search report 25/03/2015															
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Olivieri, Enrico															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2014/069952

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2012249006	A1 04-10-2012	CN	103443446 A	11-12-2013
		CN	103597202 A	19-02-2014
		EP	2694799 A1	12-02-2014
		EP	2694800 A1	12-02-2014
		JP	2014513760 A	05-06-2014
		JP	2014517183 A	17-07-2014
		KR	20140003491 A	09-01-2014
		KR	20140034176 A	19-03-2014
		US	2012249006 A1	04-10-2012
		US	2012249163 A1	04-10-2012
		WO	2012138674 A1	11-10-2012
		WO	2012138676 A1	11-10-2012
US 2012055455	A1 08-03-2012	CN	102562412 A	11-07-2012
		DE	102011052096 A1	08-03-2012
		US	2012055455 A1	08-03-2012
US 2013208393	A1 15-08-2013	NONE		
US 2013308347	A1 21-11-2013	CN	103299526 A	11-09-2013
		US	2013308347 A1	21-11-2013
		WO	2012105077 A1	09-08-2012

フロントページの続き

(31) 優先権主張番号 61/931,131
(32) 優先日 平成26年1月24日(2014.1.24)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 61/915,088
(32) 優先日 平成25年12月12日(2013.12.12)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 62/072,530
(32) 優先日 平成26年10月30日(2014.10.30)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 14/568,219
(32) 優先日 平成26年12月12日(2014.12.12)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 61/950,991
(32) 優先日 平成26年3月11日(2014.3.11)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 14/568,438
(32) 優先日 平成26年12月12日(2014.12.12)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(81) 指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,C1,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

F ターム(参考) 3G019 BA01 BB10 DA01 DA02 DB02 DB07 DB08 DB12 DC01 EA12
EB05 EB07 FA11