

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5284352号
(P5284352)

(45) 発行日 平成25年9月11日(2013.9.11)

(24) 登録日 平成25年6月7日(2013.6.7)

(51) Int.Cl.

H01H 9/56 (2006.01)

F I

H01H 9/56

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-512137 (P2010-512137)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成19年6月20日 (2007.6.20)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2010-530599 (P2010-530599A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(43) 公表日	平成22年9月9日 (2010.9.9)		クタデイ、リバーロード、1番
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/071627	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開番号	W02008/153575		弁理士 荒川 聡志
(87) 国際公開日	平成20年12月18日 (2008.12.18)	(74) 代理人	100105588
審査請求日	平成22年6月15日 (2010.6.15)		弁理士 小倉 博
(31) 優先権主張番号	11/761,617	(74) 代理人	100129779
(32) 優先日	平成19年6月12日 (2007.6.12)		弁理士 黒川 俊久
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	キャッジャアーノ、ロバート・ジョセフ
			アメリカ合衆国、06716、コネチカッ
			ト州、ウォルコット、クリントン・ヒル・
			ロード、243番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ電気機械システムを使用したスイッチング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多相電流制御装置であって、

第1の電流経路と、

前記第1の電流経路の一端に配置された第1のインターフェースと、前記第1の電流経路の反対端に配置された第2のインターフェースとを備え、前記第1及び第2のインターフェースがヒューズ端子に結合するように構成された、規定のヒューズ端子の形状を有する導電インターフェースの第1のセットと、

前記第1のインターフェースと前記第2のインターフェースとの間に配置された第1のマイクロ電気機械システム(MEMS)スイッチと、

第2の電流経路と、

前記導電インターフェースの第1のセットの近傍に配置され、前記第2の電流経路の一端に配置された第3のインターフェースと、前記第2の電流経路の反対端に配置された第4のインターフェースとを備え、前記第3及び第4のインターフェースがヒューズ端子に結合するように構成された、規定のヒューズ端子の形状を有する導電インターフェースの第2のセットと、

前記第3のインターフェースと前記第4のインターフェースとの間に配置された第2のマイクロ電気機械システム(MEMS)スイッチと、

前記第1及び第2の電流経路と信号通信し、規定のトリップ事象のトリップパラメータに一致する前記第1及び第2の電流経路のいずれかを通過する電流に応答して、電流の遮断

10

20

を前記第1及び第2のMEMSスイッチを介して促進するように構成された制御回路と、前記制御回路と信号通信し、前記規定のトリップ事象に続く指令に応答して、前記前記第1及び第2のMEMSスイッチを作動させるアクティベータと、前記制御回路と信号通信し、前記規定のトリップ事象の発生を示すインジケータと、前記制御回路と信号通信し、前記規定のトリップ事象の前記パラメータを前記制御装置に送る入力装置と、を備える多相電流制御装置。

【請求項2】

第3の電流経路と、前記導電インターフェースの第2のセットの近傍に配置され、前記第3の電流経路の一端に配置された第5のインターフェースと、前記第3の電流経路の反対端に配置された第6のインターフェースとを備え、前記第5及び第6のインターフェースがヒューズ端子に結合するように構成された、導電インターフェースの第3のセットと、前記第5のインターフェースと前記第6のインターフェースとの間に配置された第3のマイクロ電気機械システム(MEMS)スイッチと、を備え、前記制御回路が、規定のトリップ事象のトリップパラメータに一致する前記第1乃至第3の電流経路のいずれかを通過する電流に応答して、電流の遮断を前記第1乃至第3のMEMSスイッチを介して促進するように構成される、請求項1に記載の多相電流制御装置。

【請求項3】

前記規定のトリップ事象の前記パラメータは、時間、電流レベル、又はその組み合わせの少なくとも1つである、請求項1または2に記載の多相電流制御装置。

【請求項4】

前記第1又は第2のMEMSスイッチの状態の変化を、前記導電経路を通過する交流電流と前記導電経路の交流電圧との少なくとも1つの絶対値ゼロ基準に対するゼロ交差の発生と同期化するソフトスイッチング回路を更に備える、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の電流制御装置。

【請求項5】

前記制御回路と信号接続する通信接続を更に備え、前記制御回路は、前記通信接続と信号接続された外部装置に応動して、前記MEMSスイッチの状態を制御する、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の電流制御装置。

【請求項6】

少なくとも2つの電流経路を通過する電流を制御する方法であって、前記少なくとも2つの電流経路と一体に構成された制御回路を介して電流を測定するステップであって、前記少なくとも2つの電流経路の内の第1の電流経路が、規定のヒューズ端子の形状を有する導電インターフェースの第1のセットを備え、前記少なくとも2つの電流経路の内の第2の電流経路が、規定のヒューズ端子の形状を有する導電インターフェースの第2のセットを備える、前記測定するステップと、少なくとも2つのMEMSスイッチを介して、前記制御回路と規定のトリップ事象に応動して前記電流の遮断を促進するステップと、を含み、

前記少なくとも2つのMEMSスイッチの内の第1のMEMSスイッチが、前記第1の電流経路の一端に配置された前記導電インターフェースの第1のセットの第1のインターフェースと、前記第1の電流経路の反対端に配置された前記導電インターフェースの第1のセットの第2のインターフェースとの間に配置され、前記少なくとも2つのMEMSスイッチの内の第2のMEMSスイッチが、前記第2の電流経路の一端に配置された前記導電インターフェースの第2のセットの第1のインターフェースと、前記第2の電流経路の反対端に配置された前記導電インターフェースの第2のセットの第2のインターフェースとの間に配置され、前記制御回路が、前記規定のトリップ事象に続く指令に応答して、前記前記第1及び第2

のMEMSスイッチを作動させるアクティベータと、前記規定のトリップ事象の発生を示すインジケータと、前記規定のトリップ事象の前記パラメータを入力する入力装置とを備える、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、一般に、電流経路内の電流をスイッチオフするためのスイッチング装置に関し、より詳細には、マイクロ電気機械システムを使用したスイッチング装置に

10

【背景技術】

【0002】

損傷を保護するため、電気機器及び配線を定格以上の電流レベルの結果として生ずる状態から保護することができる。損傷が生ずるまでにかかる時間によって過電流状態を分類することができ、2つのカテゴリー、すなわち時限過電流と瞬間過電流とに区分しても良い。

【0003】

時限過電流状態、又は故障は比較的重大ではない種類のものと見なされ、一般に、状態のレベルに応じた所定期間後に電流経路を無効にする配電保護装置が必要とされる。時限過電流故障は典型的には、電流定格以上の電流を含み、配電保護装置の電流定格の8～10倍、又はそれ以上に及ぶこともある。システムの配線及び装置は、典型的には一定期間はこれらの状態に対応できるが、配電保護装置は、電流レベルが適時に低減しなければ電流経路を無効にするように設計されている。典型的には、時限故障は、機械的に過負荷の装置、又は極性が反対のライン間（ライン／ライン間、ライン／アース間、又はライン／ニュートラル間）の高インピーダンスに起因して生ずることがある。

20

【0004】

短絡故障とも呼ばれる瞬間過電流状態は重大な故障であり、典型的には配電保護装置の定格電流の10倍以上の電流を含む。これらの故障は典型的には、極性が反対のライン間の低インピーダンス経路が原因である。短絡故障は極限電流を含み、装置や人に極度に損傷を及ぼすことがあり、従って、できるだけ迅速に除去する必要がある。短絡故障中の応動時間を、ひいては通過エネルギーを最小限にすることが主要な関心事である。現在、2つの装置、すなわちヒューズと回路遮断器とが電気機器及び配線の過電流保護を行っている。

30

【0005】

ヒューズは典型的には、回路遮断器よりも選択性が高く、短絡状態に応じた変動が少ないが、保護機能を実行した後は交換しなければならない。ヒューズには様々な形状やサイズのものがあるが、交換を容易にするためスナップイン、スナップアウトできるヒューズホルダ内に設計される。メーカーは、ヒューズの種類や定格に応じてヒューズ及びホルダの標準寸法を遵守し、完全互換性交換をし易くしている。

40

【0006】

ヒューズは、規定の過電流で融解し、電流経路を開路する直列素子で設計される。従ってヒューズは単相装置の設計のものであり、その結果、各ヒューズが互いに別個に動作する多相システムで使用される場合は潜在的な問題点が生ずる。モータ負荷等の多くの用途では、1つの相の電力を損失すると、他の相の電力への需要が増大する。他の相への需要が増大すると損傷のリスクが高まる。例えば、モータ負荷は失われた位相で動作し続けることがあり、残りの位相に熱及び応力が加わる原因になる。

【0007】

利便性のため、多くの用途でヒューズの代わりに回路遮断器が使用されてきた。回路遮断器は同様の保護を行い、動作又はトリップした後に交換せずにリセットできる半面、回

50

路遮断器は典型的にはヒューズよりも比較的応動時間が長い複雑な機械的システムを含んでおり、短絡故障中に回路遮断器の上流と下流の間で選択性が低い。

【0008】

電子トリップユニットを有する遮断器の電子的故障検知方法は、典型的にはある程度の計算時間を含んでおり、それによって判定時間が、ひいては故障に対する反応時間が長くなる。それに加え、トリップの決定がなされてしまうと、機械的システムは機械的慣性により比較的応動が遅い。従って、短絡に反応して、回路遮断器は、（通過エネルギーとして知られる）比較的大量のエネルギーの通過を許容することがある。

【0009】

接触器は、指令により電氣的負荷をオン／オフにスイッチするように設計された電気装置である。従来、電気機械式接触器は、電気機械式接触器がスイッチング電流を遮断容量まで処理することができるコントロールギヤで使用されている。電気機械式接触器は更に、スイッチング電流用の電力システムで使用しても良い。しかし、電力システムでの故障電流は、典型的には電気機械式接触器の遮断容量よりも大きい。従って、電力システムの用途で電気機械式接触器を使用するには、接触器の遮断容量以上のあらゆる電流値で接触器が開路する前に、故障電流を遮断するために十分迅速に作動する直列装置で接触器を補助することによってこれを保護することが望ましいことがある。

【0010】

電力システムで接触器を使用し易くするために従来考えられてきた方法には、例えば真空接触器、真空遮断器及びエアブレイキ接触器が含まれる。残念ながら、真空接触器等の接触器は、接触器チップが密閉された真空の筐体に封入されているので、容易に視覚的検査ができない。更に、真空接触器は、大型モータ、変圧器及びコンデンサのスイッチング処理には良く適しているが、特に負荷がスイッチオフされていると不都合な過渡過電圧を生ずることが知られている。

【0011】

更に、電気機械式接触器は、一般に機械スイッチを使用している。しかし、これらの機械スイッチは比較的低速度でスイッチングする傾向があるので、アーク放電を低減するためゼロ交差での開閉を促進するために、スイッチング事象の数十ミリ秒前であることが多いゼロ交差の出現を予測する技術が用いられている。このようなゼロ交差の予測は、この予測期間に多くの過渡電流が発生することがあるためエラーを生じやすい。

【0012】

動作速度が遅い機械スイッチ及び電気機械スイッチの代替として、高速スイッチングの用途では高速ソリッドステートスイッチが使用されてきた。理解されるように、これらのソリッドステートスイッチは、電圧又はバイアスの制御された印加によって導電状態と非導電状態とを切り換える。例えば、ソリッドステートスイッチに逆バイアスを印加することによって、スイッチを非導電状態に移行させても良い。しかし、ソリッドステートスイッチは、非導電状態に切り換わった場合に接点間に物理的空隙を生じないので、漏れ電流に直面する。更に、ソリッドステートスイッチが導電状態で動作する場合は、内部抵抗によって電圧降下に直面する。電圧低下と漏れ電流の両方ともが通常の動作環境で過度の熱を発生する原因になり、それはスイッチの性能と寿命とに影響を及ぼすことがある。更に、ソリッドステートスイッチに伴う本来の漏れ電流に少なくとも部分的に起因して、これらを回路遮断器で使用することは実際的ではない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

従って、この分野では、これらの欠点を克服する電流スイッチング回路保護装置が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の実施形態は、電流制御装置を含む。電流制御装置は、制御回路、及び制御回路

10

20

30

40

50

と一体に配置された電流経路とを含む。電流経路は、導電インターフェースのセットと、導電インターフェースのセットの間に配置されたマイクロ電気機械システム（MEMS）スイッチとを含む。導電インターフェースのセットは規定のヒューズ端子の形状を有し、電流経路の一端に配置された第1のインターフェースと、電流経路の反対端に配置された第2のインターフェースとを含む。MEMSスイッチは制御回路に応動して、電流経路を通過する電流の遮断を促進する。

【0015】

本発明の別の実施形態は、規定ヒューズ端子の形状を有する導電インターフェースのセットを有する電流経路を通過する電流の制御方法を含む。この方法は、電流経路と一体に配置された制御回路を介して電流を測定するステップと、導電インターフェースのセットの間に配置されたMEMSスイッチを介して、且つ制御回路に応動して電流の遮断を促進するステップとを含む。

10

【0016】

本発明の上記及びその他の特徴、態様及び利点は、図面全体を通して同様の符号が同様の構成要素を表す添付図面を参照して、以下の詳細な説明を読むことによってより明解に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態による例示的なMEMSを使用したスイッチングシステムのブロック図である。

20

【図2】図1に示す例示的なMEMSを使用したスイッチングシステムの概略図である。

【図3】本発明の実施形態による、且つ図1に示すシステムの代替形態である例示的なMEMSを使用したスイッチングシステムのブロック図である。

【図4】図3に示す例示的なMEMSを使用したスイッチングシステムを示す概略図である。

【図5】本発明の実施形態による電流制御装置の斜視図である。

【図6】本発明の実施形態による電流制御装置を含む筐体の図である。

【図7】本発明の実施形態による電流制御装置の図である。

【図8】本発明の実施形態による電流制御方法の処理ステップのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

30

【0018】

本発明の実施形態は、配電システム向けに適する電気保護装置を提供する。提案する装置は、既存のヒューズホルダ内での使用に合わせて改造できるように、又は既存のヒューズの用途に代用できるように実装されている。マイクロ電気機械システム（MEMS）スイッチを使用することにより応動時間が迅速になり、それによって遮断された故障の通過エネルギーの減少を促進する。MEMSスイッチと並列に接続されたハイブリッドアークレス制限技術（HALT）回路によって、電流又は電圧に関わりなくアーク放電を発生せずにMEMSスイッチを随時閉閉することが可能になる。

【0019】

図1は、本発明の態様による例示的なアークレスマイクロ電気機械システムのスイッチ（MEMS）を使用したスイッチングシステム10のブロック図を示す。現在、MEMSとは、例えば機械素子、電気機械素子、センサ、アクチュエータ及び電子素子等の機能的に別個の複数の素子をマイクロ製造技術によって共通の基板上に集積可能なミクロンスケールの構造のことである。しかし、MEMSデバイスに利用できる多くの技術や構造は僅か数年でナノ技術を使用したデバイスによって、例えばサイズが100ナノメートル未満の構造によって利用できるようになるものと考えられる。従って、本明細書を通して記載される例示の実施形態は、MEMSスイッチを使用したスイッチング装置を意味するが、本発明の発明的態様は広義に解されるべきであり、マイクロサイズのデバイスに限定されないものと考えられる。

40

【0020】

50

図1に示すように、アークレスMEMSを使用したスイッチングシステム10は、MEMSを使用したスイッチング回路12と、消弧回路14とを含むものとして示されており、既にハイブリッドアークレス制限技術(HALT)デバイスとして言及した消弧回路14は、MEMSを使用したスイッチング回路12に動作可能に結合されている。或る実施形態では、MEMSを使用したスイッチング回路12の全体を、例えば単一のパッケージ16内で消弧回路14と統合しても良い。別の実施形態では、MEMSを使用したスイッチング回路12の或る部品又はコンポーネントだけを消弧回路14と統合しても良い。

【0021】

図2を参照してより詳細に記載するように、現在考えられている構成では、MEMSを使用したスイッチング回路12は、1つ又は複数のMEMSスイッチを含んでも良い。また、消弧回路14は、平衡ダイオードブリッジとパルス回路とを含んでも良い。更に、MEMSスイッチが閉状態から開状態に変化することに応じて、MEMSスイッチから電気エネルギーの伝達を受けることによって、1つ又は複数のMEMSスイッチの接点間でのアーク形成の抑止を促進するように消弧回路14を構成しても良い。交流(AC)又は直流(DC)に応じてアーク形成の抑止を促進するように消弧回路14を構成しても良いことに留意されたい。

【0022】

次に図2を参照すると、図1の例示的なアークレスMEMSを使用したスイッチングシステムの概略図18が示されている。図1を参照して述べたように、MEMSを使用したスイッチング回路12は、1つ又は複数のMEMSスイッチを含んでも良い。図示した実施形態では、第1のMEMSスイッチ20は、第1の接点22、第2の接点24、及び第3の接点26を有するものとして示されている。一実施形態では、第1の接点22をドレンとして構成し、第2の接点24をソースとして構成し、第3の接点26をゲートとして構成しても良い。更に、図2に示すように、電圧スナバ回路33をMEMSスイッチ20と並列に結合し、以下により詳細に説明するように、迅速な接点分離中に電圧オーバーシュートを制限するように構成しても良い。或る実施形態では、スナバ回路33は、スナバ抵抗(図4の78を参照)と直列に結合されたスナバコンデンサ(図4の76を参照)を含んでも良い。スナバコンデンサは、MEMSスイッチ20の開路手順中に過渡電圧の共用の向上を促進することができる。更に、スナバ抵抗は、MEMSスイッチ20の閉路手順中にスナバコンデンサによって発生するいずれかの電流パルスを抑止することができる。或る別の実施形態では、電圧スナバ回路33は、金属酸化物バリスタ(MOV)(図示せず)を含んでも良い。

【0023】

本発明の更なる態様によれば、負荷回路40を第1のMEMSスイッチ20と直列に結合しても良い。負荷回路40は、電圧源 V_{BUS} 44を含んでも良い。また、負荷回路40は負荷インダクタンス $46 L_{LOAD}$ を含んでも良く、負荷インダクタンス L_{LOAD} 46は負荷回路40から見た負荷インダクタンスとバスインダクタンスとの複合を表している。負荷回路40は更に、負荷回路40から見た複合負荷抵抗を表す負荷抵抗 R_{LOAD} 48を含んでも良い。参照番号50は、負荷回路40と第1のMEMSスイッチ20とを流れる負荷回路電流 I_{LOAD} を表している。

【0024】

更に、図1を参照して述べたように、消弧回路14は平衡ダイオードブリッジを含んでも良い。図示した実施形態では、平衡ダイオードブリッジ28は、第1の分岐29と第2の分岐31とを有するものとして示されている。本明細書で用いる「平衡ダイオードブリッジ」という用語は、第1及び第2の分岐29、31の両端間での電圧降下が実質的に同一であるように構成されたダイオードブリッジを表すものとして用いられる。平衡ダイオードブリッジ28の第1の分岐29は、互いに結合されて第1の直列回路を形成する第1のダイオードD1 30と第2のダイオードD2 32とを含んでも良い。同様に、平衡ダイオードブリッジ28の第2の分岐31は、互いに結合されて第2の直列回路を形成する第3のダイオードD3 34と第4のダイオードD4 36とを含んでも良い。

【0025】

一実施形態では、第1のMEMSスイッチ20を平衡ダイオードブリッジ28の中間点をまたいで並列に接続しても良い。平衡ダイオードブリッジの中間点は、第1及び第2のダイオード30、32の間に位置する第1の中間点と、第3及び第4のダイオード34、36の間に位置する第2の中間点とを含んでも良い。更に、平衡ダイオードブリッジ28、及び、特にMEMSスイッチ20への接続に起因する寄生インダクタンスを最小限にすることを促進するため、第1のMEMSスイッチ20と平衡ダイオードブリッジ28とを密着して実装しても良い。本発明の技術の例示的態様によって、後に詳述するMEMSスイッチ20のターンオフ中に負荷電流をダイオードブリッジ28に搬送する際に、第1のMEMSスイッチ20と平衡ダイオードブリッジ28との間の固有インダクタンスが、MEMSスイッチ20のドレン22とソース24との両端間の電圧よりも数パーセント低い di/dt の電圧を発生するような位置に、第1のMEMSスイッチ20と平衡ダイオードブリッジ28とが互いに配置されることに留意されたい。一実施形態では、相互接続するインダクタンスを最小限にする意図で、第1のMEMSスイッチ20を単一のパッケージ38内で平衡ダイオードブリッジ28と統合しても良く、又は任意選択として、MEMSスイッチ20とダイオードブリッジ28とを同じダイと統合しても良い。

10

【0026】

また、消弧回路14は、平衡ダイオードブリッジ28と作動的に関連して結合されたパルス回路52を含んでも良い。スイッチ状態を検知し、スイッチ状態に応じてMEMSスイッチ20の開路動作を開始するようにパルス回路52を構成しても良い。本明細書で用いる「スイッチ状態」という用語は、MEMSスイッチ20の現在の動作状態の変化を引き起こす状態のことである。例えば、スイッチ状態は、MEMSスイッチ20の第1の開路状態から第2の開路状態への変化、又はMEMSスイッチ20の第1の開路状態から第2の開路状態への変化を生じ得る。スイッチ状態は、回路故障又はスイッチON/OFF要求を含むがこれに限定されない幾つかの作用に応動して発生し得る。

20

【0027】

パルス回路52はパルススイッチ54と、パルススイッチ54に直列に結合されたパルスコンデンサ C_{PULSE} 56とを含んでも良い。更に、パルス回路は、パルスインダクタンス L_{PULSE} 58と、パルススイッチ54と直列に結合された第1のダイオード D_{P60} とを含んでも良い。パルスインダクタンス L_{PULSE} 58、第1のダイオード D_{P60} 、パルススイッチ54、及びパルスコンデンサ C_{PULSE} 56は直列に結合されてパルス回路52の第1の分岐を形成しても良く、パルス電流の成形及びタイミングを促進するように、第1の分岐のコンポーネントを構成しても良い。更に、参照番号62は、パルス回路52を流れるパルス回路電流 I_{PULSE} を表している。

30

【0028】

本発明の態様によれば、MEMSスイッチ20は、ゼロに近い電圧ではあるが電流を搬送している間に、第1の開路状態から第2の開路状態へと高速度（例えばピコ秒又はナノ秒）で切り換わることができる。これは、負荷回路40と、MEMSスイッチ20の接点の両端間に並列に結合された平衡ダイオードブリッジ28を含むパルス回路52との複合動作によって達成できる。

40

【0029】

次に、本発明の態様による例示的なソフトスイッチングシステム11のブロック図を示す図3を参照する。図3に示すように、ソフトスイッチングシステム11は、互いに作動的に結合されたスイッチング回路12と、検知回路70と、制御回路72とを含む。検知回路70はスイッチング回路12に結合され、負荷回路内の交流ソース電圧（以下「ソース電圧」と呼ぶ）又は負荷回路内の交流電流（以下「負荷回路電流」と呼ぶ）にゼロ交差の発生を検知するように構成しても良い。制御回路72はスイッチング回路12と検知回路70とに結合し、交流ソース電圧又は交流負荷回路電流の検知されたゼロ交差に応動したスイッチング回路12内の1つ又は複数のスイッチのアーク放電を生じないスイッチングを促進するように構成しても良い。一実施形態では、スイッチング回路12の少なくとも

50

も一部を構成する1つ又は複数のMEMSスイッチのアーカ放電を生じないスイッチングを促進するように、制御回路72を構成しても良い。

【0030】

本発明の一態様によれば、ソフトスイッチング、すなわちポイントオンウエーブ（POW）スイッチングを行うことによって、スイッチング回路12の両端間の電圧がゼロ又はゼロに極めて近い場合にはスイッチング回路12内の1つ又は複数のMEMSスイッチが閉じられ、スイッチング回路12を通過する電流がゼロ又はゼロに近い場合には開かれるように、ソフトスイッチングシステム11を構成しても良い。スイッチング回路12の両端間の電圧がゼロ又はゼロに極めて近い時にスイッチを閉じることによって、複数のスイッチが全て同時に閉じなくても、スイッチが閉じている時に1つ又は複数のMEMSスイッチの接点間の電界を低く保つことによって、プリストライクアーカ放電を回避することができる。同様に、スイッチング回路12を流れる電流がゼロ又はゼロに極めて近い時にスイッチを開くことによって、スイッチング回路11内の最後に開くスイッチ内の電流がスイッチの設計上の容量範囲内になるように、ソフトスイッチングシステム11を設計することができる。上記で示唆したように、且つ一実施形態によれば、交流ソース電圧又は交流負荷回路電流のゼロ交差の発生と共に、スイッチング回路12の1つ又は複数のMEMSスイッチの開路と閉路とを同期化するように制御回路72を構成しても良い。

10

【0031】

次に図4を参照すると、図3のソフトスイッチングシステム11の一実施形態の概略図19が示されている。図示した実施形態によれば、概略図19は、スイッチング回路12、検知回路70、及び制御回路72の一実施例を含む。

20

【0032】

説明目的のため、図4はスイッチング回路12内の単一のMEMSスイッチ20のみを示しているものの、スイッチング回路12は、例えばソフトスイッチングシステム11の電流及び電圧の処理要求基準に応じて複数のMEMSスイッチを含んでも良い。一実施形態では、スイッチング回路12は、MEMSスイッチ間で電流を分割するために並列構成で互いに結合された複数のMEMSスイッチを含むスイッチモジュールを含んでも良い。別の実施形態では、スイッチング回路12は、MEMSスイッチ間で電圧を分割するために直列構成で結合されたMEMSスイッチのアレイを含んでも良い。更に別の実施形態では、スイッチング回路12は、MEMSスイッチモジュール間での電圧の分割と各モジュール内のMEMSスイッチ間での電流の分割とを同時に行うために直列構成で互いに結合されたMEMSスイッチモジュールのアレイを含んでも良い。一実施形態では、スイッチング回路12の1つ又は複数のMEMSスイッチは、単一のパッケージ74に統合しても良い。

30

【0033】

例示的なMEMSスイッチ20は3つの接点を含んでも良い。一実施形態では、第1の接点をドレン22として構成し、第2の接点をソース24として構成し、第3の接点をゲート26として構成しても良い。一実施形態では、MEMSスイッチ20の電流状態のスイッチングを促進するために、制御回路72をゲート接点26に結合しても良い。更に、或る実施形態では、MEMSスイッチ20の両端間の電圧の出現を遅延させるため、MEMSスイッチ20と並列にダンピング回路（スナバ回路）33を結合しても良い。図示のように、ダンピング回路33は、例えばスナバ抵抗78と直列に結合されたスナバコンデンサ76を含んでも良い。

40

【0034】

また、図4に更に示すように、MEMSスイッチ20を負荷回路40と直列に結合しても良い。現在考えられる構成では、負荷回路40は電圧源 V_{SOURCE} 44を含んで良く、代表的な負荷インダクタンス L_{LOAD} 46と負荷抵抗 R_{LOAD} 48とを有しても良い。一実施形態では、交流ソース電圧と交流負荷電流 I_{LOAD} 50とを発生するように電圧源 V_{SOURCE} 44（AC電圧源とも呼ばれる）を構成しても良い。

【0035】

50

前述のように、負荷回路40内の交流ソース電圧又は交流負荷電流 I_{LOAD50} のゼロ交差の発生を検知するように検知回路70を構成しても良い。電圧検知回路80を介して交流ソース電圧を検知しても良く、電流検知回路82を介して交流負荷電流 I_{LOAD50} を検知しても良い。交流ソース電圧と交流負荷電流を連続的に検知しても良く、又は例えば離散的な周期で検知しても良い。

【0036】

ソース電圧のゼロ交差は、例えば、図示したゼロ電圧比較器84等の比較器を使用して検知されても良い。電圧検知回路80で検知した電圧とゼロ電圧基準86とをゼロ電圧比較器84への入力として使用しても良い。一方、負荷回路40のソース電圧のゼロ交差を表す出力信号88を生成しても良い。同様に、負荷電流 I_{LOAD50} のゼロ交差を、図示したゼロ電流比較器92等の比較器を使用することによって検知しても良い。電流検知回路82で検知した電流及びゼロ電流基準90をゼロ電流比較器92への入力として使用しても良い。一方、負荷電流 I_{LOAD50} のゼロ交差を表す出力信号94を生成しても良い。

【0037】

一方、制御回路72は、MEMSスイッチ20（又はMEMSスイッチのアレイ）の現在の動作状態をいつ変更（例えば開路又は閉路）するかを決定するために出力信号88及び94を利用しても良い。より詳細には、交流負荷電流 I_{LOAD50} の検知されたゼロ交差に応動して負荷回路40を遮断すなわち開路するために、アーク放電がないMEMSスイッチ20の開路を促進するように制御回路72を構成しても良い。また、交流ソース電圧の検知されたゼロ交差に応動して負荷回路40を完成するために、アーク放電がないMEMSスイッチ20の閉路を促進するように制御回路72を構成しても良い。

【0038】

一実施形態では、制御回路72は、少なくとも部分的にイネーブル信号96の状態に基づいてMEMSスイッチ20の現在の動作状態を第2の動作状態に切り換えるか否かを判定しても良い。イネーブル信号96は、例えば接触器の用途での電源オフ指令により発生することがある。一実施形態では、イネーブル信号96と出力信号88及び94を、図示したデュアルDタイプフリップフロップ98への入力信号として使用しても良い。これらの信号を使用して、イネーブル信号96がアクティブになった（例えば立ち上がりエッジでトリガされた）後の最初のソース電圧ゼロの時点でMEMSスイッチ20を閉じ、イネーブル信号96が非アクティブになった（例えば立ち下がりエッジでトリガされた）後の最初の負荷電流ゼロの時点でMEMSスイッチ20を開く。図4に図示した概略図19に関しては、イネーブル信号96がアクティブ（特定の実装に応じてハイ又はロー）であり、出力信号88又は94が検知された電圧又は電流ゼロを示す場合は常にトリガ信号102が発生し得る。一実施形態では、トリガ信号102は、例えば、NORゲート100を介して発生し得る。一方、トリガ信号102はMEMSゲートドライバ104を通過し、MEMSスイッチ20のゲート26（又はMEMSアレイの場合は複数のゲート）に制御電圧を印加するために使用できるゲート起動信号106を発生し得る。

【0039】

前述のように、特定用途向けの所望の電流定格を達成するために、単一のMEMSスイッチではなく、複数のMEMSスイッチを（例えばスイッチモジュールを形成するために）並列に作動的に結合しても良い。負荷回路が受けることがある連続的及び過渡的な過負荷電流レベルを適切に搬送するように、複合されたMEMSスイッチの容量を設計しても良い。例えば、6倍の過渡的過負荷を伴う10アンペアのRMSモータの場合、10秒で60アンペアRMSを搬送するのに十分な並列に結合されたスイッチがなければならない。電流ゼロに達してから5マイクロ秒以内にMEMSスイッチを切り換えるポイントオンウェーブ・スイッチングを用いると、接点が開路している状態で160ミリアンペアの瞬間電流が流れる。従って、この用途では、各MEMSスイッチは160ミリアンペアを「ウォームスイッチング」する能力がなければならない、60アンペアを搬送するために十分な数のMEMSスイッチを並列に配置しなければならない。これに対して、単一のMEMS

スイッチは、スイッチングの瞬間に流れる電流量又は電流レベルを遮断できなければならない。

【0040】

次に図5を参照すると、電流制御装置125の実施形態の斜視図が示されている。電流制御装置125は、本体130との導電インターフェース135のセットとを含む。導電インターフェース135のセットは、装置125の一端に配置された第1のインターフェース140と、装置125の反対端に配置された第2のインターフェース145とを含む。導電インターフェース135のセットは、電流制御装置125の電流経路160を規定の端子形状を有する標準型のヒューズと直接交換できるように規定のヒューズ端子の形状を有しており、従って、電流制御装置125の導電インターフェース135のセットは標準型のヒューズの端子又は導電インターフェースと同じ寸法を有している。

10

【0041】

装置125の本体130内には制御回路150と、(図1に関連して前述した参照番号12のMEMSスイッチと同様の)MEMSスイッチ155とが配置される。MEMSスイッチ155は、第1のインターフェース140と、第2のインターフェース145とMEMSスイッチ155とが、装置125の本体130内に配置された制御回路150内に一体に構成された電流経路160を画成するように、第1のインターフェース140と第2のインターフェース145との間に配置される。MEMSスイッチ155は、制御回路150に応動して電流経路160を開路し、それによって電流が電流経路160を通過するのを遮断する。

20

【0042】

或る実施形態では、装置125は更に、HALT消弧回路14、電圧スナバ回路33、及び(本明細書ではソフトスイッチング回路とも呼ばれる)前述のソフトスイッチングシステム11の少なくとも1つを含む。HALT消弧回路14、電圧スナバ回路33、及びソフトスイッチングシステム11は別個の回路でも良く、制御回路150内に統合されても良いことが理解されよう。

【0043】

制御回路150の機能には、例えば規定のトリップ事象のトリップパラメータに基づくトリップ時間曲線等の時間ベースの判定を含む。制御回路150は更に、例えば電圧と電流の測定、MEMSスイッチ155のプログラム可能性又は調整可能性、MEMSスイッチ155の開路/再閉路論理の制御、及びコールドスイッチングを行うHALTデバイス14との相互作用、あるいはアーク放電がないスイッチングを提供する。制御回路150の電力消費は最小限であり、追加の外部電源を必要とすることなくライン入力によって給電することができる。制御回路150によって提供される前述の機能の様々な統合(又は離散)の程度は本発明の範囲内にあるものと考えられ、本明細書に記載の実施形態は限定的なものではなく説明目的であることが理解されよう。制御回路150とMEMSスイッチ155とは、交流電流(AC)又は直流電流(DC)のどちらで使用しても良いように構成される。

30

【0044】

制御回路150は、電流経路160を通過する電流に関連するパラメータを測定し、測定されたパラメータを、例えば電流の量及び過電流事象の時間等の、1つ又は複数の規定のトリップ事象に対応するパラメータと比較するように構成される。短絡を示すのに十分な大きさの瞬間的な電流上昇等の、導電経路160を通過する電流のパラメータに応じて、制御回路150は、MEMSスイッチ155を開路させ、短絡エネルギーをMEMSスイッチ155から(図1を参照すると最も分かり易い)HALTデバイス14へと伝達させ、それによって電流経路160を通過する電流を遮断する信号を発生する。また、規定の時限過電流を示すことがある、短絡未満の大きさの電流上昇の規定の継続時間等のパラメータに応じて、制御回路150は同様にMEMSスイッチ155を開路させ、電流を遮断させる信号を発生する。

40

【0045】

50

或る実施形態では、電流制御装置 125 は更に、装置 125 の動作状態の通信及び動作パラメータの定義を促進するために、制御回路 150 と信号接続された 1 つ又は複数のユーザーインターフェース 164 を含む。発光ダイオード (LED) 等のインジケータ 165 は制御回路 150 に応動して、規定のトリップ事象が発生し、電流経路 160 を通過する電流の遮断を促進するために MEMS スイッチ 155 が開路する結果を生じたことを表示する。リセットボタン等のアクティベータ 170 は、電流の遮断を促進するために MEMS スイッチ 155 を開路する結果を既に生じた規定のトリップ事象に引き続き、MEMS スイッチ 155 を閉じる信号又は指令を制御回路 150 に供給する。押しボタンのセット (例えば、パラメータを選択する 1 つの押しボタン、又は選択されたパラメータを増減する別の 2 つの押しボタン)、又はダイヤル等の入力装置 175 は、規定のトリップ事象の 1 つ又は複数のパラメータ、並びに装置 125 の動作パラメータを入力し、又は規定する。LED 又は液晶ディスプレイ (LCD) 等のディスプレイ 180 は、入力装置 175 と連携してパラメータを選択し、規定し、規定された 1 つ又は複数のパラメータの値を表示するために使用できる。

【0046】

或る実施形態は、例えばコンピュータ、メーター又はオシロスコープを含む制御、診断及び監視装置の少なくとも 1 つ等の外部装置 184 と通信する外部ネットワーク接続を提供する、制御回路 150 と信号通信する通信接続 183 を含む。通信接続 183 は、装置 125 の状態の診断及び／又は例えば外部装置 184 を介した電流経路 160 を通過する電流の観察等、装置 125 の現在の状態を監視するための通信リンクを提供する。通信接続 183 は更に、例えば MEMS スイッチ 155 の ON/OFF 状態を変更して接触器に関連する機能を提供する等、外部装置 184 を介して、装置 125 を手動制御するための通信リンクも提供する。或る実施形態では、通信接続 183 は有線又は無線通信リンクの一方である。また、通信接続 183 は、以下に更に記載するように、1 つ又は複数の装置 125 を互いにリンクしても良い。

【0047】

次に図 6 を参照すると、電流制御装置 125 の実施形態を含む筐体 185 が示されている。筐体 185 は、規定の寸法を有するヒューズと共に使用されるように構成されたヒューズ溶断スイッチ 190 を含む。図 6 に示された筐体 185 は、溶断スイッチ 190 を格納するための十分なスペースしか備えておらず、接触器、過負荷継電器、及び制御変圧器 (特に図示せず) を格納する十分なスペースはないことは、当業者に理解されよう。ヒューズと共にヒューズ溶断スイッチ 190 を含む筐体 185 の用途では、適宜の接触器、過負荷継電器及び制御変圧器の少なくとも 1 つを格納する 1 つ以上の追加の筐体を備えることが望ましい。あるいは、筐体 185 のサイズを拡大して、接触器、過負荷継電器、及び制御変圧器の少なくとも 1 つに加えてヒューズ溶断スイッチ 190 に必要なスペースを設けるようにすることもできる。

【0048】

上記に鑑み、電流制御装置 125 の実施形態が、短絡電流に関連するエネルギーを低減するための標準型のヒューズの機能を備えていることが理解されよう。また、電流制御装置 125 の実施形態は、電流経路 160 を開閉する標準型の接触器の機能、並びに時限過電流故障に応動し、電流経路 160 を通過する電流を遮断する接触器と過負荷継電器とを組み合わせた機能も備えることができる。更に、電流制御装置 125 は、トリップ事象の後に装置 125 を交換する必要なく装置 125 の実施形態をリセットすることができ、導電経路を閉じることができる標準の回路遮断器の機能を備えている。従って、電流制御装置 125 を使用することで所定のアンペア／電圧定格で前述の機能の組み合わせを備え、同時に、同じ所定のアンペア／電圧定格での同じ機能の組み合わせを備えるために、標準型のコンポーネント (遮断スイッチ、接触器、過負荷継電器、及び制御変圧器) を格納するサイズの筐体よりも小さい全体的寸法を有する筐体 185 を使用することが可能になる。あるいは、本明細書に記載の電流制御装置 125 では、所定の電流定格での所定の機能に必要なスペースが縮小される。

【0049】

第1のインターフェース140及び第2のインターフェース145は、インターフェースの形状、又は規定のヒューズの端子の形状を有するような配置と寸法で形成される。従って、電流制御装置125を使用することで、標準型のヒューズとインターフェースするように構成された、例えばクリップ又はホルダ等のヒューズ受口195を有する筐体185と相互交換できるようになる。このようなヒューズ受口195は、ヒューズを囲む利用可能な付随スペースと共に「ヒューズホール」として知られている。従って、電流制御装置125は「ヒューズホール」内に嵌るように構成され、既に装着状態で使用されているヒューズ受口195を有する溶断スイッチ190との改造使用に適応し、それによって本明細書に記載の機能及び利点を得られる。

10

【0050】

図7は、三相システム等の多相システムと共に使用するよう構成された電流制御装置200の実施形態を示す。装置200は、複数の電流経路205、210、215を含み、その各々は一体に構成され、制御回路220と信号通信されている。各電流経路205、210、215は、第1のインターフェース140、第2のインターフェース145、及び第1のインターフェース140と第2のインターフェース145との間に配置された本明細書に記載のMEMSスイッチ155を含む。前述のように、制御回路220は、複数の電流経路205、210、215を通過する電流を測定する。複数の電流経路205、210、215のいずれか1つが規定のトリップ事象に一致するとそれに応動して、制御回路220は、全ての電流経路205、210、215を通過する電流を遮断する信号を発生し、これを各MEMSスイッチ155に供給する。従って、多相システムのいずれかの单相でのトリップ事象の結果、全ての電流位相が遮断され、それによって、単相化、及び残りの位相を介した継続動作により生ずることがある関連する損傷が防止される。

20

【0051】

図8は、電流経路160等の電流経路を通過する電流を制御する方法の処理ステップのフローチャートを示す。方法は、規定の寸法のヒューズ胴のインターフェースに対応する導電インターフェース135のセットを含む、電流経路160と一体に構成された制御回路150を介して電流を測定することによりステップ255で開始される。方法は、ステップ260で、制御回路150に応動してMEMSスイッチ155を介して電流遮断を促進するステップを含む。

30

【0052】

或る実施形態では、ステップ260での遮断には、測定された電流が規定のトリップ事象のパラメータと一致するか、又はこれを超えたか否かを制御回路150によって判定するステップが含まれる。測定された電流が規定のトリップ事象のパラメータに一致するか又はこれを超えたことが判定されると、それに応動して、制御回路150は、MEMSスイッチ155が開路して電流経路160を通過する電流を遮断するようにする遮断信号をMEMSスイッチ155が利用できるようにする。

【0053】

或る実施形態では、電流経路160は多相システムの複数の電流経路205、210、215を含み、MEMSスイッチ155は複数のMEMSスイッチ155を含み、複数のMEMSスイッチ155は各々、複数の電流経路205、210、215の対応する1つに関連している。ステップ255での電流の測定には、複数の電流経路205、210、215の各電流経路205、210、215と一体に構成された制御回路220を介して電流を測定するステップを含む。ステップ260での遮断の促進には、複数の電流経路205、210、215の各電流経路205、210、215に対応する複数のMEMSスイッチ155を介して、電流の遮断を促進するステップが含まれる。更に、遮断には、複数の電流経路205、210、215のいずれか1つの電流が規定のトリップ事象のパラメータと一致するか、又はこれを超えたか否かを制御回路220によって判定するステップが含まれる。複数の電流経路205、210、215のいずれか1つの電流が規定のトリップ事象のパラメータに一致するか又はこれを超えたことが判定されると、それに応動

40

50

して、方法は、多相システムの全ての相を保護するために、複数のMEMSスイッチ155の各MEMSスイッチ155が遮断信号を利用できるようにするステップを含む。或る実施形態では、ステップ260での遮断の促進には、MEMSスイッチ155の状態が閉路から開路に変化すると、それに応動して電気エネルギーをMEMSスイッチ155からHALTデバイス14に伝達するステップが含まれる。

【0054】

1つの制御回路220が各電流経路と物理的接続及び信号接続されるものとして本発明の実施形態を示してきたが、本発明の範囲はそれに限定されるものではなく、有線と無線の少なくとも一方で良い（図5を参照すると最も明解である）通信接続183を介して電流経路205、210、215等の別個の電流経路のリンクが本発明の実施形態の範囲内にあることが理解されよう。

10

【0055】

電流制御装置125の実施形態を円筒胴の形状を有するものとして示してきたが、本発明はそれに限定されるものではなく、本発明は、導電インターフェース135のセットが規定のヒューズ端子の形状に対応するヒューズ受口195と適応するように、多様な幾何形状を有する電流制御装置125にも適用されることが理解されよう。更に、電流制御装置125の実施形態は、例えば刃形端子形状を有するヒューズ、長方形ヒューズ、正方形ヒューズ及びスเปード形ヒューズ等の、円筒形のヒューズ胴を含んでいない形状のヒューズの端子に対応する配置と寸法の形状を有する導電インターフェース135のセットを含むこと、及び導電インターフェース135のセットは、このようなヒューズ端子に対応するヒューズ受口195を有する筐体185と適応できることが理解されよう。

20

【0056】

開示したように、本発明の幾つかの実施形態は、以下の利点の幾つかを含むことができる。すなわち、交流又は直流電流経路のどちらでも電流保護を行うことができる；現在実装されているヒューズホルダを改造できる；応動時間が迅速で通過エネルギーを縮減することにより、ヒューズ及び回路遮断器と比較して保護能力を改善することができる；ヒューズ受口内で利用される回路保護装置をリセットすることができる；状態表示ON/OFFの遠隔選択、及びユーザーインターフェースを介したパラメータ選択の確認ができる；ヒューズ遮断筐体による位相不均衡保護ができる；及び電流保護装置のネットワーク接続ができる。

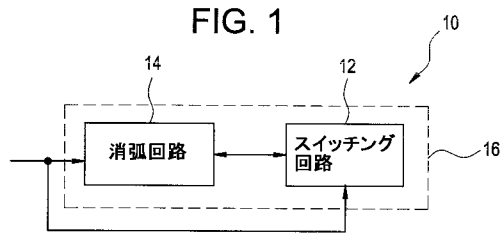
30

【0057】

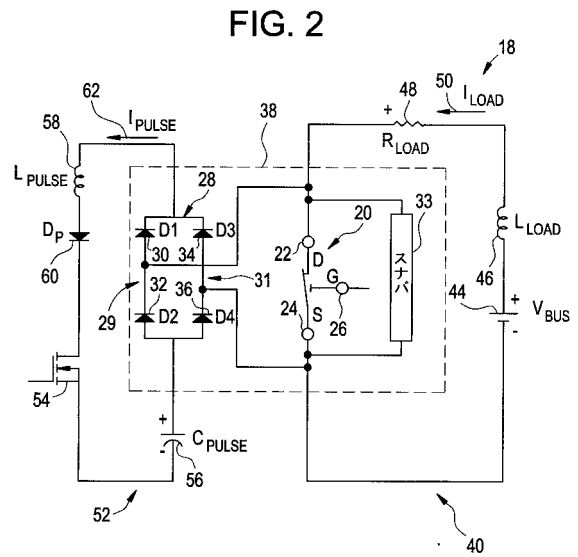
例示的实施形態を参照して本発明を記載してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく様々な変更を行っても良く、同等の構成要素に置換しても良いことが当業者には理解されよう。また、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の状況や材料を本発明の教示に適応させるために修正を行っても良い。従って、本発明は、本発明を実施するための最良又は唯一の態様として開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、本発明は添付の特許請求の範囲内の全ての実施形態を含むことを意図している。更に、図面及び説明において、本発明の例示的实施形態を開示し、特定の用語を用いてきたが、特に明記しない限り、これらの用語は一般的且つ説明上の意味で用いたものであり、限定目的のためではないため、本発明の範囲はそれに限定されない。また、第1、第2等の用語の使用はいずれかの順序や重要度を示すものではなく、1つの要素を別の要素と区別するために用いたものである。更に、数詞が無いことは数量の限定を意味するものではなく、言及した品目が少なくとも1つ存在することを意味するものである。

40

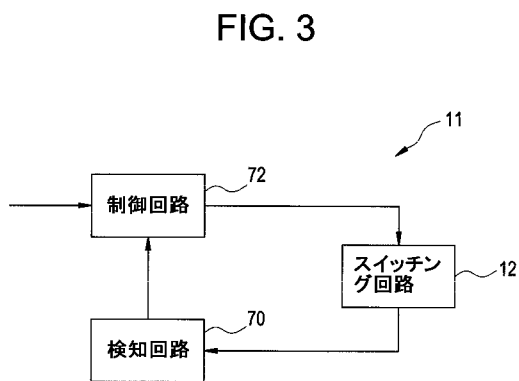
【図 1】



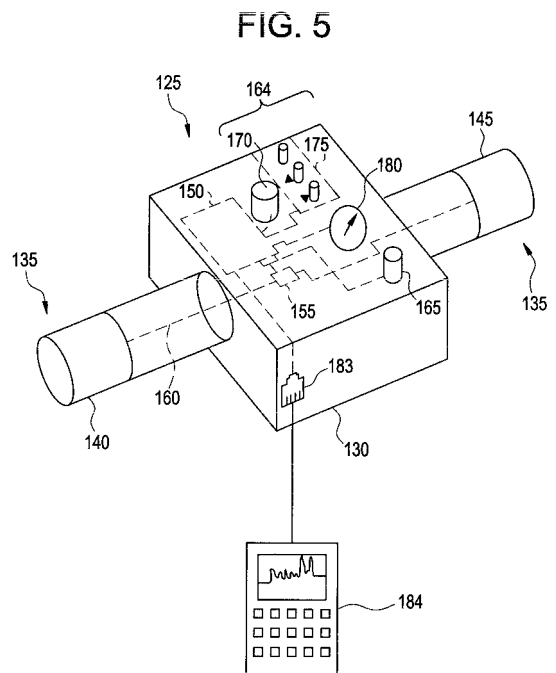
【図 2】



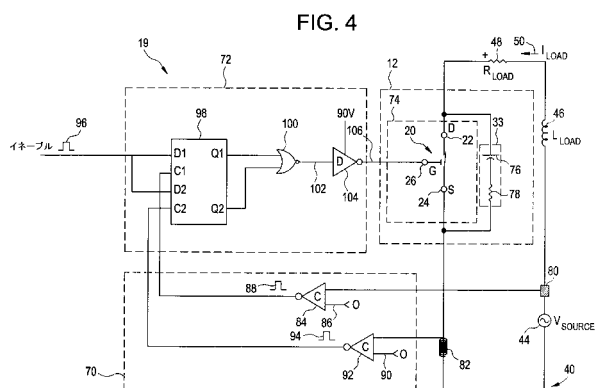
【図 3】



【図 5】

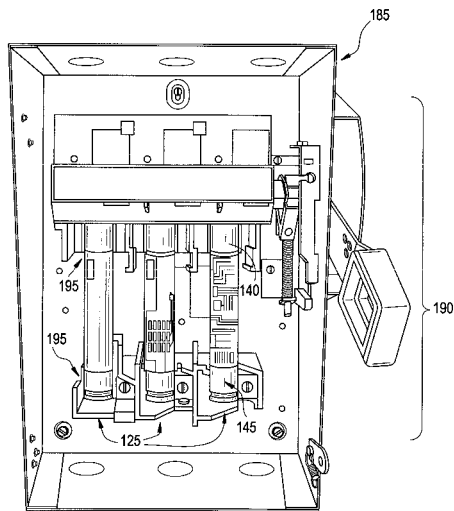


【図 4】



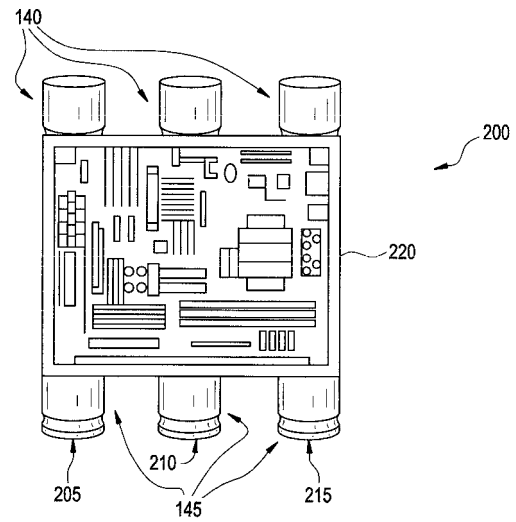
【図 6】

FIG. 6



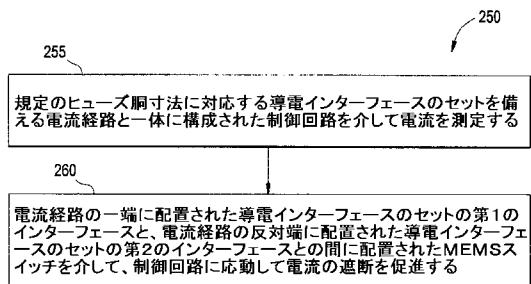
【図 7】

FIG. 7



【図 8】

FIG. 8



フロントページの続き

- (72)発明者 プレマーラニ, ウィリアム・ジェームス
アメリカ合衆国、12302、ニューヨーク州、スコティア、ウッドヘイヴン・ドライブ、133
番
- (72)発明者 ヴァルデス, マルチェロ・エステバン
アメリカ合衆国、06013、コネチカット州、バーリントン、ライアンズ・ウェイ、15番
- (72)発明者 スブラマニアン, カナカサパパティ
アメリカ合衆国、12065、ニューヨーク州、クリフトンパーク、ハイランド・オークス、2番
- (72)発明者 クンファー, ブレント・チャールズ
アメリカ合衆国、06032、コネチカット州、ファーミントン、ウェリントン・ドライブ、60
番
- (72)発明者 ピッツェン, チャールズ・ステファン
アメリカ合衆国、06001、コネチカット州、エイヴオン、ブリドル・パス、1番
- (72)発明者 パーク, ジョン・ノートン
アメリカ合衆国、12148、ニューヨーク州、レックスフォード、グルームズ・ロード、723
番

審査官 高橋 学

- (56)参考文献 米国特許第05430597 (US, A)
米国特許出願公開第2005/0063107 (US, A1)
米国特許第06738246 (US, B1)
米国特許第04351013 (US, A)
米国特許第05454904 (US, A)
米国特許出願公開第2006/0202933 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01H 9/54-9/56
H01H 59/00