

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5977836号
(P5977836)

(45) 発行日 平成28年8月24日(2016.8.24)

(24) 登録日 平成28年7月29日(2016.7.29)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2M	1/08	(2006.01)	HO2M	1/08	A
HO1L	25/07	(2006.01)	HO1L	25/04	C
HO1L	25/18	(2006.01)			

請求項の数 13 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-544759 (P2014-544759)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成24年11月14日 (2012.11.14)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2015-502732 (P2015-502732A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公表日	平成27年1月22日 (2015.1.22)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/064916		番
(87) 国際公開番号	W02013/095809	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成25年6月27日 (2013.6.27)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成26年6月2日 (2014.6.2)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	13/331, 682		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成23年12月20日 (2011.12.20)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ゲート電圧制限回路を有する方法、パワーユニットおよびパワーシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハウジングと、

前記ハウジングに取り付けられおよび第1の遠隔搭載された駆動回路(314)に2つまたはそれ以上の第1のワイヤリードを介して電氣的に結合されるように構成される第1のスイッチと、

前記第1のスイッチの端子において前記第1のスイッチと並列に電氣的に結合された第1のクランプ回路であって、前記第1のクランプ回路は前記ハウジング内または前記ハウジングの外表面上に配置され、および前記第1のスイッチの両端の電圧を制限するように構成される、クランプ回路と、

を備え、

前記クランプ回路(328)はダイオードの第2のセットと直列に配置されたダイオードの第1のセットを備え、前記ダイオードの第1のセットは互いに平行に配置された複数のツェナーダイオード(400)を備え、前記ダイオードの第2のセットは互いに平行に配置された複数のショットキーダイオード(402)を備え、

前記クランプ回路(328)は、直列接続された前記ダイオードの第1のセットおよび前記ダイオードの第2のセットと並列に配置されたキャパシタ(320、606)を備える、

パワーユニット。

【請求項2】

前記スイッチはトランジスタおよび前記トランジスタのゲートおよびエミッタにそれぞれ接続されたゲート端子(324)およびエミッタ端子(326)を備える端子を備える、請求項1に記載のパワーユニット。

【請求項3】

前記ハウジング内で第2の遠隔搭載された駆動回路(314)に2つまたはそれ以上の第2のワイヤリードを介して電氣的に結合されるように構成された第2のスイッチ、および前記第2のスイッチの端子におよび前記第2スイッチと並列に電氣的に結合された第2のクランプ回路をさらに備え、前記第2のクランプ回路は前記ハウジング内または前記ハウジングの外表面上に配置され、および前記第2のスイッチの両端の電圧を制限するように構成され、前記第1および第2のスイッチは直列に接続される、請求項1または2に記載のパワーユニット。

10

【請求項4】

第2のハウジング内で第2の遠隔搭載された駆動回路(314)に2つまたはそれ以上の第2のワイヤリードを介して電氣的に結合されるように構成された第2のスイッチ、および前記第2のスイッチの端子におよび前記第2のスイッチと並列に電氣的に結合された第2のクランプ回路をさらに備え、前記第2のクランプ回路は前記第2のハウジング内または前記第2のハウジングの外表面上に配置され、および前記第2のスイッチの両端の電圧を制限するように構成され、前記第1および第2のスイッチは直列に接続される、請求項1または2に記載のパワーユニット。

【請求項5】

20

各スイッチはそれぞれのトランジスタおよびそれぞれのトランジスタのゲートおよびエミッタに接続されたゲート端子(324)およびエミッタ端子(326)を備える各スイッチの前記端子を備える、請求項1から4のいずれかに記載のパワーユニット。

【請求項6】

請求項1から5のいずれかに記載の前記パワーユニットと、
前記駆動回路(314)であって、前記駆動回路(314)は前記ハウジングの外側におよび前記ハウジングから離れて遠隔搭載され、前記端子は外部端子であり、前記駆動回路(314)はワイヤリードに電氣的に接続され、前記ワイヤリードは前記外部端子に電氣的および機械的に接続される、前記駆動回路(314)と、
を備えるシステム。

30

【請求項7】

制御端子および第1および第2のパワー端子を有するソリッドステートスイッチと、
前記スイッチを制御可能に活性化するために前記制御端子に遠隔接続された駆動回路(314)と、
前記制御端子および前記第1または第2のパワー端子の一方との間に電氣的に結合されたクランプ回路(328)であって、前記クランプ回路(328)は前記制御端子および前記第1または第2のパワー端子の前記一方との間の電圧を前記スイッチのターンオン電圧以上のおよび前記スイッチの最大電圧以下の電圧レベルに制限するように構成された、クランプ回路(328)と、
を備え、

40

前記スイッチはハウジング内に配置され、前記クランプ回路(328)は前記ハウジング内または前記ハウジングの外表面上に配置され、

前記スイッチはトランジスタであり、前記制御端子は前記トランジスタのゲート端子(324)であり、前記第1または第2のパワー端子の前記一方は前記トランジスタのエミッタ端子(326)であり、

前記クランプ回路(328)は並列に配置された複数のショットキーダイオード(402)と直列に接続された、並列に配置された複数のツェナーダイオード(400)を備え、

前記クランプ回路(328)は、直列接続された前記複数のショットキーダイオード(402)および複数のツェナーダイオード(400)と並列に配置されたキャパシタ(3

50

20、606)を備え、

前記ツェナーダイオード(400)のカソードは前記ゲート端子(324)に電氣的に結合され、前記ツェナーダイオード(400)のアノードは前記ショットキーダイオード(402)のアノードに電氣的に接続され、前記ショットキーダイオード(402)のカソードは前記トランジスタのエミッタ端子(326)に電氣的に接続された、パワーユニット。

【請求項8】

前記駆動回路(314)はワイヤにより前記制御端子に遠隔接続される、請求項7に記載のパワーユニット。

【請求項9】

前記駆動回路(314)は前記クランプ回路(328)に遠隔接続される、請求項7に記載のパワーユニット。

【請求項10】

前記クランプ回路(328)および前記制御端子との間の電氣的接続のインダクタンスは10nH以下である、請求項7から9のいずれかに記載のパワーユニット。

【請求項11】

モータを駆動するための交流出力波形を生成する制御可能なインバータモジュールであって、前記インバータモジュールはスイッチハウジング(313)内に含まれるクランプ回路(328)およびトランジスタスイッチを備える、インバータモジュールと、

前記駆動回路(314)の第1の端子を前記トランジスタスイッチのゲート端子(324)に結合する第1のワイヤリードおよび前記駆動回路(314)の第2の端子を前記トランジスタスイッチのエミッタ端子(326)に結合する第2のワイヤリードを介して前記トランジスタスイッチに動作可能に結合された駆動回路(314)と、
を備え、

前記クランプ回路(328)は前記ゲート端子(324)およびエミッタ端子(326)間の電圧を制限するために前記ゲート端子(324)およびエミッタ端子(326)との間に前記トランジスタスイッチと並列に配置され、前記クランプ回路(328)は前記スイッチハウジング(313)内または前記スイッチハウジング(313)の外表面上に配置され、

前記クランプ回路(328)はダイオードの第2のセットと直列に配置されたダイオードの第1のセットを備え、前記ダイオードの第1のセットは互いに平行に配置された複数のツェナーダイオード(400)を備え、前記ダイオードの第2のセットは互いに平行に配置された複数のショットキーダイオード(402)を備え、

前記クランプ回路(328)は、直列接続された前記ダイオードの第1のセットおよび前記ダイオードの第2のセットと並列に配置されたキャパシタ(320、606)を備える、

パワーシステム(200)。

【請求項12】

前記駆動回路(314)は前記インバータモジュールから遠隔搭載される、請求項11に記載のパワーシステム(200)。

【請求項13】

請求項11または12に定義されるパワーシステム(200)を備える移動型アセット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の例示的实施形態は一般的にインバータなどの電子機器に関する。他の実施形態は電子機器の安全性やフェイルセーフ回路に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

いくつかの車両では車両の車輪を駆動する電気駆動モータを採用する場合がある。これらの車両のうちのいくつかでは、モータはそのスピードとパワーがモータの界磁巻線に供給されるAC電力の周波数および電圧を変えることにより制御される交流(AC)モータである。電力はインバータのような回路により制御される周波数および電圧振幅のAC電力に変換されるDC電力として供給されてもよい。インバータは出力AC波形を生成するために交流方式の駆動回路によりオンおよびオフをスイッチされる絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)などの半導体スイッチを含んでいてもよい。

【 0 0 0 3 】

IGBTはパワーMOSFETにより駆動されるバイポーラトランジスタとして概念的に理解することができる。これは少数キャリアデバイス(高電圧デバイスであっても、オン状態において良好な性能)であるという利点を有していてもよく、およびMOSFET(非常に低量のパワーでオンまたはオフに駆動されることができる)の高い入力インピーダンスを有していてもよい。しかし、低電圧での用途においてオン状態(2から4V)で顕示される望ましくない高い電圧降下がある場合がある。MOSFETに比べて、IGBTの動作周波数は比較的低い。これはターンオフ時のいわゆる「テール電流」問題のためである場合がある。この問題はターンオフ時の伝導電流の低速減衰により引き起こされる場合がある。最終結果はIGBTのターンオフスイッチング損失がターンオン損失よりも相対的に高いことである場合がある。意図された用途のスイッチング周波数を乗じたターンオフエネルギーはターンオフ損失の推定を可能にしてもよい。

【 0 0 0 4 】

現在利用可能なこれらのデバイスまたは回路とは異なる、インバータなどの電子機器および回路を有することが望ましい場合がある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 5 9 0 2 8 号 明 細 書

【 発明の概要 】

【 0 0 0 6 】

本発明の実施形態において、パワーユニットはハウジング、第1のスイッチ、および第1のクランプ回路を含む。第1のスイッチはハウジングに取り付けられてもよく、および2つまたはそれ以上の第1のワイヤリードを介して第1の遠隔搭載された駆動回路に電氣的に結合されるように構成される。第1のクランプ回路は第1のスイッチの端子におよび並列に第1のスイッチと電氣的に結合される。第1のクランプ回路はハウジング内またはハウジングの外表面上に配置され、および第1のスイッチの両端の電圧を制限するように構成される。

【 0 0 0 7 】

別の実施形態において、パワーシステム(例えば、車両用)はインバータモジュールおよび遠隔搭載された駆動回路を含む。インバータモジュールはモータを駆動するための交流出力波形を生成するように制御可能である。インバータモジュールはまたスイッチハウジング内に含まれるクランプ回路およびトランジスタスイッチを含む。遠隔搭載された駆動回路は、駆動回路の第1の端子をトランジスタスイッチのゲート端子に結合する第1のワイヤリードおよび駆動回路の第2の端子をトランジスタスイッチのエミッタ端子に結合する第2のワイヤリードを介してトランジスタスイッチに動作可能に接続される。クランプ回路は、ゲート端子およびエミッタ端子間の電圧を制限するためにゲート端子およびエミッタ端子との間にトランジスタスイッチと並列に配置される。さらに、クランプ回路はスイッチハウジングの内部またはスイッチハウジングの外表面上に配置される。

【 0 0 0 8 】

別の実施形態において、方法は、駆動回路の第1の端子をインバータモジュールのゲート端子に電氣的に結合する、および駆動回路の第2の端子をインバータモジュールのエミ

10

20

30

40

50

ッタ端子に電氣的に結合する、インバータモジュールを車両に搭載することを含む。エミッタおよびゲート端子はインバータモジュールのトランジスタスイッチに電氣的に接続される。方法はまた駆動回路をインバータモジュールのトランジスタスイッチから遠隔して車両に搭載することを含む。例示的な方法において、インバータモジュールは、ゲート端子およびエミッタ端子間の電圧を制限するためにゲート端子およびエミッタ端子との間のトランジスタスイッチのハウジング上またはハウジング内に配置されたクランプ回路を含む。

【0009】

別の実施形態は、例えばパワーユニットがインバータユニットであってもよいまたはそれがインバータユニットを含んでいてもよいパワーユニットに関する。パワーユニット遠隔搭載された駆動回路には2つまたはそれ以上の第1のワイヤリードを介して電氣的に結合可能なトランジスタスイッチを含む。パワーユニットはまたトランジスタスイッチの第1および第2の端子に電氣的に結合され、およびトランジスタスイッチの第1および第2の端子の間の電圧を制限するように構成されたクランプ回路を含む。クランプ回路は第1の端子または第2の端子の一方に接続された並列接続されたダイオードの第1のセットを含む。クランプ回路はまた、第1のセットと直列に接続され、および第2の端子の第1の端子の他方に接続された少なくとも1つのキャパシタ；または第1のセットと直列に接続され、および第1の端子の他方または第2の端子に接続されたダイオードの第2のセットのうち的一方を含む。

【0010】

本発明のこれらおよび他の特徴および態様は、図面全般に渡って同様の符号が同様の部分を表す添付の図面を参照して以下の詳細な説明が読まれる際に、より良く理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の1つまたは複数の実施形態を例説するシステムを含む車両のブロック図である。

【図2】本発明の実施形態によるパワーシステムのブロック図である。

【図3】本発明の実施形態によるクランプ回路を有するインバータ位相レグのブロック図である。

【図4】本発明の実施形態によるクランプ回路の概略図である。

【図5】本発明の実施形態によるクランプ回路の概略図である。

【図6】本発明の実施形態によるクランプ回路の概略図である。

【図7】クランプ回路なしのインバータモジュールスイッチのゲート - エミッタ間電圧のグラフである。

【図8】本発明の実施形態によるクランプ回路を有する例示的なインバータモジュールスイッチのゲート - エミッタ間電圧のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の例示的な実施形態は一般的にインバータなどの電子機器の信頼性を向上させるためのシステムおよび方法に関する。且つ又、そのような例示的な実施形態はインバータスイッチを挟むゲート - エミッタ間電圧を制限するための改良されたクランプ回路に関連してもよい。移動型および固定型実装は本発明の実施形態と共に使用するのに適しているが、例を簡単にするために移動型実装が詳細に開示される。そして、移動型実装に関しては、特定のASET、すなわちディーゼル電気機関車が本発明の特定の実施形態の開示のための説明の明確化のために選択されている。機関車以外の他の適切な車両は、オンロード車両、オフハイウェイ車両、鉱山機械、建設機械、産業機器、および船舶を含め適切な移動型ASETとして考慮される。

【0013】

本明細書で使用されるクランプ回路は、ダイオードがいくつかの回路内での特定の点で

10

20

30

40

50

の電位が一定値以上に上昇するまたはそうではなく一定値以下に下降する際はいつでも低い抵抗値を提供する、または交流回路における電圧の正または負の極端なある一定値を維持する回路である。本明細書で使用される場合、スイッチという用語はとりわけ絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (I G B T)、逆導通 I G B T、および双モード絶縁ゲートトランジスタ (B I G T s) などのハイパワー半導体スイッチを含んでいてもよい。他の適切なスイッチはサイリスタおよびバイポーラトランジスタを含んでいてもよい。区別はスイッチの種類の中に留意される。例えば、多数キャリアデバイス (ショットキーダイオード、 M O S F E T) および少数キャリアデバイス (サイリスタ、バイポーラトランジスタ、 I G B T) がある。少数キャリアデバイスが両方 (すなわち、電子および正孔) を使用する一方、多数キャリアデバイスは電荷キャリアの 1 種類のみを使用する。区別をする特徴に含まれるのは、多数キャリアデバイスは比較的高速であるが、少数キャリアデバイスの電荷注入は比較的良好なオン状態性能を可能にする場合があることである。本明細書で使用されるインバータは直流 (D C) を交流 (A C) に変換する電気機器であり ; 変換された A C は選択された変圧器、スイッチ、および制御回路を用いて決定された電圧および周波数であることができる。本明細書で使用されるキャパシタは、正電荷を 1 つのプレート上に集め、負電荷を別のプレート上に集めることを生じさせる、導体の両端の電位差 (電圧)、誘電体の両端に静電場を発生するようにした、誘電体 (絶縁体) により分離された一対の導体を含む受動電子部品である。このように、キャパシタは静電界にエネルギーを蓄積することができる。いくつかの適切なキャパシタは交流を通過することを可能にしながら、直流をブロックしてもよい。

10

20

【 0 0 1 4 】

図 1 は本発明の 1 つまたは複数の実施形態を示すディーゼル電気機関車のブロック図である。簡略化された部分断面図に示されている機関車は参照番号 1 0 0 で示される。図 1 に表示しない複数のトラクションモータは駆動輪 1 0 2 の後方に位置し、駆動する関係において車軸 1 0 4 に結合される。図 1 に表示しない複数の補助モータは機関車上の様々な部位に位置し、ブローアまたはラジエータファンのような様々な補助負荷に結合される。モータは交流 (A C) 電動モータであってもよい。以下に詳細に説明するように、機関車 1 0 0 はモータへの電力を制御するための複数の電氣的なインバータ回路を含んでいてもよい。

【 0 0 1 5 】

図 2 は実施形態によるパワーシステムのブロック図である。参照番号 2 0 0 で示されるパワーシステムは負荷への A C パワーを制御するために使用されてもよい。パワーシステム 2 0 0 はディーゼルエンジン (図示せず) などのオンボード内燃機関により駆動されるオルタネータ 2 0 2 を含んでいてもよい。オルタネータ 2 0 2 のパワー出力はフィールド制御 2 0 4 により示されるフィールド励磁制御により調節される。オルタネータ 2 0 2 からの電力は整流器 2 0 6 によって整流され、および 1 つまたは複数のインバータ 2 0 8 に結合される。インバータ 2 0 8 は、 1 つまたは複数の A C モータ 2 1 0 に適用するために直流パワーを可変周波数および可変電圧振幅を有する交流パワーに変換するハイパワー半導体スイッチを使用してもよい。 2 つのモータが示されているが、機関車は、例えば個々のインバータによりそれぞれが制御される 4 つから 6 つの A C 電気モータを含んでいてもよい。

30

40

【 0 0 1 6 】

再度図 1 を参照すると、電力回路は少なくとも部分的に機器室 1 0 6 内に配置される。インバータ 2 0 8 およびフィールド制御 2 0 4 用の制御電子機器並びに他の電子部品は機器室 1 0 6 内のラックに保持された回路基板上に配置されてもよい。機器室 1 0 6 内で、パワーコンバータは空冷ヒートシンク 1 0 8 に搭載されてもよい。

【 0 0 1 7 】

A C 波形を生成するために使用されるインバータ 2 0 8 は 1 つまたは複数のスイッチを含んでいてもよい。使用される特定のスイッチはアプリケーション固有のパラメータを参照して選択されてもよい。

50

【0018】

インバータスイッチのオンおよびオフを切り替えるために使用される駆動回路はインバータモジュールから遠隔操作してもよい。例えば、駆動回路は駆動回路の出力を対応するインバータモジュールスイッチのゲートに結合するのに使用されるワイヤリードとともに、インバータモジュールのハウジングから外側に遠隔して位置するリモート回路基板上に配置されてもよい。駆動回路およびスイッチとの間のワイヤリードは、特定の状況下でスイッチのゲート端子およびエミッタ端子間の電圧上昇に寄与することができるインダクタンスのレベルを導入する。例えば、10 cmのワイヤード接続は100 nH以上の良好なインダクタンスを導入してもよい。そのような発生の可能性を低減するために、いくつかのインバータモジュールは駆動回路がインバータモジュールスイッチに搭載され、および高インダクタンスワイヤリードが除去されるように構成される。このような構成はパワーシステム上のパッケージングデザインの制約を強いる場合がある。実施形態によれば、駆動回路は駆動回路をインバータスイッチに結合するワイヤリードとともにインバータスイッチから遠隔配置され、およびクランプ回路はワイヤリードにより導入された高インダクタンスの影響を軽減するために使用される。駆動回路およびスイッチに比べて小さいサイズであるクランプ回路は、クランプおよびスイッチ入力との間の低インダクタンス接続を提供するスイッチデバイスと一体化されてもよい。インダクタンスを切り替える一般的なクランプは数nHの範囲である。このように、パワーシステムのための非常に柔軟なパッケージングデザインを可能にしながら、クランプはスイッチが過電圧状態を経験する可能性を低減する。

10

20

【0019】

図3は実施形態によるクランプ回路を有するインバータ位相レグのブロック図である。図3に示すように、インバータ位相レグ300はスイッチ302および304の対を含む。スイッチは本明細書では上側スイッチ302および下側スイッチ304と呼ばれる。本明細書では上側ダイオード306と呼ばれる第1のダイオードは上側スイッチ302のコレクタおよびエミッタ間に反平行に配置される。本明細書では下側ダイオード308と呼ばれる第2のダイオードは下側スイッチ304のコレクタおよびエミッタ間に反平行に配置される。ダイオード306および308は、電流伝導スイッチがオフされる際に回路および負荷のインダクタンスにより生成される電流である、フリーホイーリング電流のための導電性パスを提供する。上側ダイオード306は、下側スイッチ304がオフされた際に結果として生じる場合のあるフリーホイーリング電流のための導電性パスを提供する。下側ダイオード308は、上側スイッチ302がオフされた際に結果として生じる場合のあるフリーホイーリング電流のための導電性パスを提供する。上側スイッチ302および下側スイッチ304は上部レール電圧310および下部レール電圧312との間に直列に配置される。実施形態において、各スイッチ302および304およびそれに対応するダイオード306および308はそれ自身の個別のスイッチハウジング313内に配置される。実施形態において、スイッチ302および304とダイオード306および308は同じハウジング内に配置される。簡略化のために、単相出力318を生成するための単一のインバータ位相レグ300が示される。しかしながら、実施形態によるインバータモジュールは2つ、3つ、またはそれ以上のインバータ位相レグ300を含んでいてもよく、各々が特定の位相のための出力AC波形を提供することが理解されるであろう。例えば、3つのインバータ位相レグ300が三相AC出力波形を生成するために使用されてもよい。さらに、実施形態はまた直列接続されたレグの対、3レベルおよびマルチレベルインバータ、H-ブリッジ等を有するコンバータなどのコンバータを含んでいてもよい。

30

40

【0020】

各スイッチ302および304は少なくとも対応するスイッチ302および304のゲートおよびエミッタに動作可能に結合された駆動回路314により駆動される。制御回路316はスイッチ302および304の活性化を調整するために駆動回路314に動作可能に結合されてもよい。制御回路316はスイッチ302および304を位相出力318でAC波形を生成するために交互にオンおよびオフにパルス化することを引き起こさせて

50

もよい。実施形態において、ゲート - エミッタ間のキャパシタ 3 2 0 は各スイッチ 3 0 2 および 3 0 4 と並列に、換言すると各スイッチ 3 0 2 および 3 0 4 のゲートおよびエミッタ間に配置されてもよい。本説明の目的のために、3 端子デバイスに関して使用される場合、用語「平行」は 3 端子デバイスのいずれか 2 つの端子と共通の接続を参照するものとして使用される。ゲート - エミッタ間のキャパシタ 3 2 0 は対応するスイッチ 3 0 2 および 3 0 4 のスイッチタイミング特性を制御する大きさである。実施形態において、ゲート - エミッタ間のキャパシタ 3 2 0 は図 4 に示すようにクランプの一部として含まれていてもよい。実施形態において、ゲート - エミッタ間のキャパシタ 3 2 0 は図 3 に示すように別個の構成要素であってもよい。

【 0 0 2 1 】

実施形態において、駆動回路 3 1 4 はインバータ位相レグ 3 0 0 およびスイッチ 3 0 2 および 3 0 4 から遠隔配置される。駆動回路 3 1 4 が「遠隔」配置されているとの記述は、例えば駆動回路 3 1 4 をスイッチハウジング 3 1 3 に直接搭載することにより達成されてもよいような、駆動回路 3 1 4 が低インダクタンス接続（例えば、10 nH 以下）または非常に低インダクタンスの接続（例えば、5 nH 以下）を介してスイッチ 3 0 2 および 3 0 4 に結合されていないことを意味する。（1 つの態様によれば、より一般的には、それらの間の電気的接続が低インダクタンスの接続ではない場合、例えばそれらの間の電気的接続が 10 nH を超える場合、2 つの回路または他のデバイスが遠隔接続される。別の態様によれば、それらの間の電気的接続が非常に低インダクタンスの接続ではない場合、例えばそれらの間の電気的接続が 5 nH を超える場合、2 つの回路または他のデバイスが遠隔接続される。）駆動回路 3 1 4 は、それぞれがスイッチハウジング 3 1 3 上に配置された駆動回路 3 1 4 の出力端子および入力端子との間に配置されたワイヤリード 3 2 2 を介してスイッチ 3 0 6 および 3 0 8 に結合されてもよい。具体的には、一对のワイヤリード 3 2 2 のワイヤの一方はスイッチハウジング 3 1 3 のゲート端子 3 2 4 に結合されてもよく、および他のワイヤリード 3 2 2 はスイッチハウジング 3 1 3 のエミッタ端子 3 2 6 に結合されてもよい。図示していないが、駆動回路 3 1 4 およびスイッチハウジング 3 1 3 との間に他の機能的ワイヤが存在してもよく、例えば、ワイヤリードが駆動回路 3 1 4 を上側スイッチ 3 0 2 のセンシングコレクタ端子に結合する。ゲート端子 3 2 4 およびエミッタ端子 3 2 6 はスイッチハウジング 3 1 3 の外側に配置されてもよく、例えばネジ端子またはハウジングの他の外部端子（ハウジングの外側からアクセス可能な、ハウジングに接続された端子と呼ばれる、および外部デバイスおよびハウジング内の構成要素との間の電気的接続を確立するための「外部」端子）であってもよい。実施形態において、ワイヤリード 3 2 2 は外部ソースからの電磁妨害から保護するためにツイストペア構成で配置されてもよい。

【 0 0 2 2 】

各駆動回路 3 1 4 はスイッチ 3 0 2 または 3 0 4 のゲート端子およびエミッタ端子間に正の電圧を供給することによりその制御下でスイッチ 3 0 2 または 3 0 4 をオンするように構成されてもよい。本記述の目的のために、スイッチ 3 0 2 または 3 0 4 をオンするために使用される電圧レベルは約 15 ボルトであってもよい。しかしながら、特定の実装に使用されるスイッチ 3 0 2 および 3 0 4 の設計に応じて、任意の適切な電圧レベルが使用されてもよいことが理解されるであろう。特定の障害条件の下で、スイッチを損傷する恐れがある過度のレベルをスイッチ 3 0 2 または 3 0 4 のエミッタおよびコレクタ間の電圧用に設けることが可能であってもよい。例えば、「シュートスルー (shoot through)」としても知られる故障状態の一種は、2 つのスイッチ 3 0 2 および 3 0 4 を介して上部レール電圧 3 1 0 および下部レール電圧 3 1 2 との間に短絡を作成する、両方のスイッチ 3 0 2 および 3 0 4 が同時にオンしている場合に起こり得る。インバータ位相レグ 3 0 0 の構成要素のいずれかに損傷を与える可能性を低減するために、駆動回路 3 1 4 は故障状態を検出し、および故障状態が検出された際にその制御下でスイッチ 3 0 2 または 3 0 4 をオフにするように構成されてもよい。しかしながら、スイッチ 3 0 2 または 3 0 4 の 1 つをオフにする過程において、スイッチ 3 0 2 または 3 0 4 を損傷するの

10

20

30

40

50

十分な大きさの電圧スパイクがスイッチ302または304のゲートおよびエミッタ間に現れる場合がある。ワイヤリード322の高インダクタンス接続はこのような電圧上昇に寄与する場合がある。

【0023】

障害状態が発生した場合にスイッチの損傷に対するさらなる保護を提供するために、インバータ位相レグ300は各スイッチハウジング313のゲート端子324およびエミッタ端子326、および各対応するスイッチ302および304と並列に電氣的に結合されるクランプ回路328を含む。(インバータモジュールは各スイッチ302および304にそのようなクランプ回路328が1つずつに提供されていてもよい。)実施形態において、クランプ回路328はゲート端子324およびエミッタ端子326に近接するスイッチハウジング313の外側に搭載される。実施形態において、クランプ回路328はスイッチハウジング313内に配置されてもよい。クランプ回路328および対応するスイッチ302または304との間の電氣的接続はスイッチ302または304への近接に起因する低インダクタンス接続である。

10

【0024】

クランプ回路328は、スイッチ302または304が損傷を受ける可能性以上の電圧限界を超えることから、本明細書で「ゲート - エミッタ間電圧」と呼ばれる、上側スイッチ302のゲートおよびエミッタ間の電圧を防止するように構成されてもよい。電圧制限は特定の実施において使用される特定のスイッチの製造業者により指定されてもよい。例えば、スイッチ302または304の種類および設計特性に応じて、電圧制限値は約20ボルトであってもよい。通常動作時には、クランプ回路328はゲート - エミッタ間の電圧に有意に影響を与えず、ゲート - エミッタ間の電圧がスイッチ302または304の指定されたターンオン電圧に達するかまたは超えることを可能としない。クランプ回路328は、ゲート - エミッタ間電圧が本明細書で「クランプ閾値電圧」と呼ばれる電圧を超える際に、スイッチ302または304両端のゲート - エミッタ間の電圧を減少させるように構成されてもよい。クランプ閾値電圧を超えると、クランプ回路は活性化されてもよく、このようにスイッチ302または304間の過剰電圧上昇を防止する。クランプ閾値電圧はスイッチのターンオン電圧およびスイッチ302または304のために指定された電圧限界の間であってもよい。実施形態において、クランプ回路328はショットキーダイオード、ツェナーダイオード、キャパシタ等の受動構成要素を含む。様々なクランプ回路が図4-6に関連してさらに説明される。

20

30

【0025】

図4は実施形態によるクランプ回路の概略図である。図4に示すように、クランプ回路328はショットキーダイオード402のセットと直列に配置されたツェナーダイオード400のセットを含んでいてもよい。本明細書で使用される時、用語「セット」は1つまたは複数を指すことができる。ツェナーダイオード400のセットは互いに平行に配置されてもよい。図4に示すように、各ツェナーダイオード400のカソードはスイッチのゲートに電氣的に結合されてもよく、および各ツェナーダイオード400のアノードはショットキーダイオード402それぞれのアノードに電氣的に結合されてもよい。またショットキーダイオード402は、互いに平行に配置されてもよい。各ショットキーダイオード402のカソードはスイッチのエミッタに電氣的に結合されてもよく、および各ショットキーダイオード402のアノードはツェナーダイオード400それぞれのアノードに電氣的に結合されてもよい。典型的なツェナーダイオードは、ツェナーダイオードの両端の電圧がツェナーダイオードの降伏電圧よりも大きい場合、アノードからカソードへの順方向の電流を可能とし、またカソードからアノードへの逆方向の電流をも可能にする。図4に示す実施形態において、クランプ閾値電圧はツェナーダイオード400の降伏電圧にショットキーダイオード402のセット間の順方向バイアス電圧を合わせたものにほぼ等しくなるであろう。インバータの通常の動作中は、ゲート - エミッタ間の電圧はツェナーダイオード400の降伏電圧を超えず、およびツェナーダイオード400はゲートおよびエミッタ間に開回路を提示する。このように、クランプ回路328は通常動作時のゲート - エ

40

50

ミッタ間の電圧にほとんどまたは全く影響を及ぼさない。ゲート - エミッタ間の電圧がツェナーダイオード400の降伏電圧を超える場合、ツェナーダイオード400はゲートからエミッタへの逆方向の電流を可能にし、それによってスイッチ302または304のゲートおよびエミッタ間の電圧レベルを低下させる。このようにして、故障状態の場合にスイッチが保護される。スイッチ306または308が負にバイアスされる際、換言するとエミッタ電圧がゲート電圧よりも高い際には、ショットキーダイオード402はクランプ回路328を介して電流をブロックする。実施形態において、他の種類のダイオードがシリコンダイオード、ゲルマニウムダイオード等などのショットキーダイオードの代わりに使用されてもよい。ダイオードの選択はアプリケーション固有のパラメータを参照して行われてもよい。

10

【0026】

4つのツェナーダイオード400および4つのショットキーダイオード402が示されているが、クランプ回路328は適切な数のツェナーおよびショットキーダイオードを含んでいてもよい。例えば、クランプ回路328は1つ、2つ、3つ、5つ、またはそれ以上の各タイプのダイオードを含んでいてもよい。さらに、ツェナーダイオード400の数はショットキーダイオード402の数と異なってもよい。例えば、クランプ回路は4つのショットキーダイオード402および2つのツェナーダイオード400、3つのツェナーダイオード400および1つのショットキーダイオード402、または任意の他の適切な組み合わせを含んでいてもよい。クランプ回路がアクティブである際には、ダイオード400および402の各々はゲート - エミッタ間の電圧のわずかな増加に寄与してもよい抵抗の小さいレベルを提示する。4つのツェナーダイオード400および4つのショットキーダイオード402を並列に含むことにより、クランプ回路328の全体的な抵抗は減少され、それによってクランプ回路328がアクティブの際、例えばシュートスルー故障事象または他の高速過渡事象の間、ゲート - エミッタ間の電圧をさらに制限する。

20

【0027】

図5は実施形態によるクランプ回路の概略図である。図5に示すように、クランプ回路328はショットキーダイオード402のセットと直列に配置されたツェナーダイオード400のセットを含んでいてもよい。図4に示すクランプ回路と同様に、ツェナーダイオード400のセットはスイッチのゲートに電気的に結合された各ツェナーダイオード400のカソードとともに互いに平行に配置されてもよい。図4のクランプ回路とは異なり、各ツェナーダイオード400のアノードはショットキーダイオード402の1つのアノードに電気的に結合され、およびショットキーダイオード402はアノードからカソードへ互いに直列に配置されてもよい。各ショットキーダイオード402のカソードはスイッチ302または304のエミッタに向けて配置されてもよく、および各ショットキーダイオード402のアノードは各ツェナーダイオード400のアノードに向けて配置されてもよい。実施形態において、ツェナーダイオード400のセットおよびショットキーダイオード402のセットの位置は図5に示されるものと比較して交換されてもよい。

30

【0028】

図5のクランプ回路は図4のクランプ回路と同様に動作する。インバータの通常の動作中は、ゲート - エミッタ間の電圧はツェナーダイオード400の降伏電圧を超えず、ツェナーダイオード400はゲートおよびエミッタ間に開回路を提示し、クランプ回路328はゲート - エミッタ間の電圧にほとんどまたは全く影響を与えない。ゲート - エミッタ間の電圧がツェナーダイオード400の降伏電圧を超える場合、ツェナーダイオード400はエミッタからコレクタに逆方向の電流を可能にし、それによってスイッチのゲートおよびエミッタ間の電圧レベルを低下させる。ショットキーダイオード402はスイッチ302または304が負にバイアスされる際にはクランプ回路328を介して電流をブロックする。

40

【0029】

一般的に、ダイオード400および402の特性、したがってクランプ回路328のクランプ閾値電圧は温度によって異なる場合がある。例えば、ツェナーダイオードの降伏電

50

圧はより低い温度でより低くなる場合がある。依って、クランプ回路328は予想される動作温度の全範囲で確実に動作するように構成されてもよい。例えば、クランプ回路で使用されるダイオードの数および種類はスイッチ302または304のターンオン電圧よりも低いクランプ閾値電圧で活性化されることからクランプ回路328を防ぐように選択することができる。上述したように、クランプ閾値電圧はツェナーダイオード400の降伏電圧にショットキーダイオード402のセット間の順方向バイアス電圧を合わせたものにほぼ等しくなるであろう。2つのショットキーダイオード402を直列に配置することにより、ショットキーダイオード402のセット間の全体的な電圧は増加されてもよく、このようにクランプ回路328のクランプ閾値電圧を増加させる。このように、クランプ回路328は予想される動作温度範囲に渡って適切なクランプ閾値電圧を提供するように調整されてもよい。さらに、クランプ回路328は特定の実装のために所望のクランプ閾値電圧に依存して3つ、4つ、またはそれ以上のショットキーダイオードを含んでいてもよい。さらに、シリコンダイオード、およびゲルマニウムダイオードなどの、より高い順方向バイアス電圧を有する他の種類のダイオードをショットキーダイオードの代わりに、またはそれらと組み合わせて使用されてもよい。加えて、5つのツェナーダイオード400が示されているが、クランプ回路328は任意の適切な数のツェナーダイオード400、例えば1つ、2つ、3つ、4つ、6つ、またはそれ以上のツェナーダイオード400を含んでいてもよいことが理解されるであろう。

10

【0030】

図6は実施形態によるクランプ回路の概略図である。図3に関連して説明したように、駆動回路314はスイッチ302または304から遠隔配置され、および駆動回路314の出力端子をスイッチハウジング313の入力端子に接続するワイヤリード322を介してスイッチ302または304に結合されてもよい。前のとおり、クランプ回路328はスイッチハウジング313内またはスイッチハウジング313の外側表面上に配置されてもよい。クランプ回路328および対応するスイッチ302または304との間の電気的接続はマルチキロアンペアパワースイッチ用に数nHのオーダー（例えば、10nH未満、またはいくつかの実施形態では5nH未満）で低インダクタンスの接続である

20

駆動回路314は電圧源600並びに駆動回路314により供給される電圧レベルおよび信号タイミング特性を制御するように構成された様々な構成要素を含んでいてもよい。実施形態において、駆動回路314はスイッチ302または304に適用可能な電圧制限に応じて、駆動回路314の出力電圧を適切なレベルに制限するように構成された電圧クランプ602を含んでいてもよい。駆動回路314に含まれる電圧クランプ602はスイッチ302または304のゲートに、典型的には10nH/cmの比較的高いインダクタンスワイヤリード322を介して電気的に結合されてもよい。ワイヤリード322に因り、駆動回路314に含まれる電圧クランプ602の有効性はスイッチ302または304のゲートおよびエミッタ間の電圧スパイクを防止することに関して制限されるであろう。

30

【0031】

前のとおり、クランプ回路328は対応するスイッチ302または304のゲート端子324およびエミッタ端子326との間に配置されてもよい。図6に示すように、クランプ回路328はキャパシタ606のセットと直列に配置されたショットキーダイオードなどのダイオード604のセットを含んでいてもよい。ダイオード604のセットは単一のダイオード604またはお互いに並列に配置された複数のダイオード604を含んでいてもよい。各ダイオード604のアノードはスイッチハウジング313のゲート端子324に結合され、および各ダイオード604のカソードはキャパシタ606のバンクに結合される。

40

【0032】

キャパシタ606のセットは低域通過フィルタの機能を提供する。定常状態時には、キャパシタ606のセットはゲートおよびエミッタ間に開回路を提示し、およびゲート - エミッタ間の電圧には有意に影響を与えない。スイッチがターンオンまたはオフされる際のような過渡状態の間、キャパシタ606はスイッチ302または304の定格電圧限界を

50

さもなければ超える可能性のある過渡電圧スパイクを減衰させる。さらに、スイッチに印加されるゲート - エミッタ間の電圧が低下している際には、ダイオード 604 のセットはキャパシタ 606 によりゲートから放電されたりターン電流をブロックする。このように、ダイオード 604 はターンオフ中に通常のスイッチタイミングで干渉からキャパシタ 606 を防ぐ。キャパシタのセットは 1 つまたは複数のキャパシタを備えていてもよい。

【 0033 】

実施形態において、駆動回路 314 はワイヤリード 322 を介してスイッチハウジング 313 に結合された少なくとも 3 つの出力端子を含む。1 つのワイヤリード 322 は駆動回路 314 のゲート出力端子をスイッチ 302 または 304 のゲート端子 324 に電氣的に結合する。他のワイヤリード 322 は駆動回路 314 のエミッタ出力をスイッチ 302 または 304 のエミッタ端子 326 に電氣的に結合する。第 3 のワイヤリード 322 は駆動回路 314 をクランプ回路 328 に結合し、およびキャパシタ 606 のセットから放電されてもよい電流のためのリターンパスを提供する。図 6 に示すように、第 3 のワイヤリード 322 はダイオード 604 のセットおよびキャパシタ 606 のセットとの間の位置でクランプ回路 328 に電氣的に結合されてもよい。

10

【 0034 】

図 7 はクランプ回路なしのインバータモジュールスイッチのゲート - エミッタ間の電圧のグラフである。具体的には、図 7 は故障検出イベントの間の典型的なインバータモジュールスイッチのゲート - エミッタ間の電圧を示す。ゲート - エミッタ間の電圧はスイッチのためのゲート電流およびコレクタ - エミッタ間電流上に重畳される。ゲート - エミッタ間の電圧は実線 702 により表され、ゲート電流は破線 704 により表され、コレクタ - エミッタ電流は点線 706 により表される。X 軸はマイクロ秒単位の時間を表し、Y 軸は適切にスケールされたスイッチに印加されるゲート - エミッタ間の電圧、ゲート電流およびスイッチ電流に対する電圧を示す。

20

【 0035 】

図 7 のグラフは駆動回路によりターンオンされ、そして次に故障状態の検出に応答してターンオフされた後のスイッチの動作を示す。図 7 に示すように、ゲート電流は駆動回路によりターンオンされるスイッチに反応して約 1 マイクロ秒で上昇し始める。ゲート電流の上昇に続いて、ゲート - エミッタ間の電圧およびコレクタ - エミッタ電流もまた上昇し始める。測定されるスイッチについて、通常のゲートのターン - オン電圧は 15 ボルトであるべきであり、オーバーシュートは表れないはずである。ゲート - エミッタ間の電圧は、ワイヤリードを含む回路のインダクタンスに部分的に起因して、および内部デバイスの物理的性質に部分的に起因して駆動回路が最初に設定した電圧である + 15 V を超えて上昇し続ける。図 7 に示すように、ゲート - エミッタ間の電圧は多くの種類のスイッチのための指定されたゲート - エミッタ間の電圧限界を超える約 27 ボルトまでの電圧スパイクを経験する。依って、このような電圧スパイクはスイッチへの損傷を引き起こす可能性がある。駆動回路自体は図 6 に示される電圧クランプ 602 などの電圧クランプを含んでいてもよいこともまた留意すべきである。しかしながら、駆動回路はインバータモジュールから遠隔搭載されているため、駆動回路内の電圧クランプはスイッチでのゲート - エミッタ間の電圧に制限された効果を有する。

30

40

【 0036 】

図 8 は実施形態によるクランプ回路を有する例示的なインバータモジュールスイッチのゲート - エミッタ間電圧のグラフである。具体的には、図 8 のグラフは障害検出イベント中のインバータモジュールスイッチのゲート - エミッタ間電圧を示しており、クランプ回路 328 のない従来のパワーシステムと比較してクランプ回路 328 の有効性を実証することを意図している。図 7 のグラフにおいて、ゲート - エミッタ間の電圧はスイッチのゲート電流およびコレクタ - エミッタ間電流上に重畳される。ゲート - エミッタ間の電圧は実線 802 により表され、ゲート電流は破線 804 により表され、コレクタ - エミッタ電流は点線 806 により表される。X 軸はマイクロ秒単位の時間を表し、Y 軸は適切にスケールされたスイッチに印加されるゲート - エミッタ間電圧、ゲート電流および主スイ

50

ッチ電流に対する電圧を表す。

【 0 0 3 7 】

図7のグラフと同様に、図8のグラフは駆動回路314によりターンオンされ、そして次に故障状態の検出にตอบสนองしてターンオフされた後のスイッチの動作を示す。図8に示すように、ゲート電流は駆動回路によりターンオンされるスイッチにตอบสนองして約1マイクロ秒で上昇し始める。ゲート電流の上昇に続いて、ゲート-エミッタ間電圧およびコレクタ-エミッタ電流もまた上昇し始める。ゲート-エミッタ間電圧は上昇し続けるが、図7に反して、約17ボルトのクランプ閾値電圧に到達する際に、クランプ回路328が活性化され、スイッチのゲート-エミッタ間のさらなる電圧上昇を制限する。図8のグラフに示すように、ゲート-エミッタ間の電圧は首尾よく約17ボルト以下にクランプされ、スイッチへの損傷が回避されてもよい。図7および図8のグラフに表されるデータは単に本明細書に記載される実施形態によるクランプ回路328の有効性を実証することを意図し、および限定することを意図するものではないことが理解されるであろう。

10

【 0 0 3 8 】

実施形態において、クランプ回路はダイオードおよびキャパシタなどの受動部品のみを備える。他の実施形態において、駆動回路の出力およびスイッチ302および304との間に配置された唯一の電子部品は受動部品、例えばクランプ回路およびゲート-エミッタ間のキャパシタ320である。このようにして、クランプ回路はアクティブセンシングまたは制御方策を必要とすることなく本明細書に記載されたインバータの回路保護を提供する。

20

【 0 0 3 9 】

別の実施形態はインバータモジュールに関する。インバータモジュールはハウジングおよびハウジングに取り付けられた第1のスイッチ（例えば、スイッチはハウジングの内部にある、またはハウジングに搭載されていてもよい）を備える。第1のスイッチは第1の遠隔搭載された駆動回路に2つまたはそれ以上の第1のワイヤリードを介して電氣的に結合されるように構成される。インバータモジュールは第1のスイッチの端子および並列に第1のスイッチに電氣的に結合された第1のクランプ回路をさらに備える。第1のクランプ回路はハウジング内またはハウジングの外表面上に（駆動回路から分離して）配置され、および第1のスイッチの両端の電圧を制限するように構成される。実施形態において、ハウジングはインバータモジュールのスイッチの全てに共通であってもよい（すなわち、ハウジングは複数のスイッチを収容するインバータモジュールハウジングである）。他の実施形態において、ハウジングは単一のスイッチを含むスイッチハウジングである（すなわち、インバータモジュールの各スイッチは別々のハウジング内に収容される）。

30

【 0 0 4 0 】

インバータモジュールの別の実施形態において、スイッチはトランジスタを備え、端子はそれぞれトランジスタのゲートおよびエミッタに接続されたゲート端子およびエミッタ端子を備える。

【 0 0 4 1 】

インバータモジュールの別の実施形態において、インバータモジュールは第2の遠隔搭載された駆動回路に2つまたはそれ以上の第2のワイヤリードを介して電氣的に結合されるように構成されたハウジング内の第2のスイッチをさらに備える。インバータモジュールは第2のスイッチの端子および並列に第2のスイッチと電氣的に結合された第2のクランプ回路をさらに備える。第2のクランプ回路はハウジング内またはハウジングの外表面上に配置され、および第2のスイッチの両端の電圧を制限するように構成される。第1および第2のスイッチは直列に接続される。

40

【 0 0 4 2 】

インバータモジュールの別の実施形態において、各スイッチはそれぞれのトランジスタのゲートおよびエミッタに接続されたゲート端子およびエミッタ端子を備える各スイッチのそれぞれのトランジスタおよび端子を備える。

【 0 0 4 3 】

50

別の実施形態は本明細書に記載されるインバータモジュールおよびハウジングの外側に遠隔搭載される駆動回路を備えるシステムに関する。インバータモジュールの端子は外部端子であり、駆動回路はワイヤリードに電氣的に接続され、ワイヤリードは外部端子に電氣的および機械的に接続される。

【 0 0 4 4 】

別の実施形態はハウジング、ハウジングに取り付けられた（例えば、ハウジングの内側に位置する）第1および第2のトランジスタスイッチ、およびハウジング上またはハウジング内の第1および第2のクランプ回路を備えるインバータモジュールに関する。第1のクランプ回路は第1のトランジスタスイッチのゲート - エミッタ端子間に電氣的に接続される。第2のクランプ回路は第2のトランジスタスイッチのゲート - エミッタ端子間に電氣的に接続される。各クランプ回路はそれぞれのトランジスタスイッチのゲート - エミッタ端子間の電圧レベルを制限するように構成される。各クランプ回路は：ダイオードの第2のセットと直列に配置されたダイオードの第1のセット；ダイオードの第2のセットと直列に配置された並列接続されたダイオードの第1のセット、並列接続されたまたは直列接続されたかのどちらかの第2のセット；ダイオードの第2のセットと直列に配置されたツェナーダイオードの第1のセット；ダイオードの第2のセットと直列に配置された並列接続されたツェナーダイオードの第1のセット、並列接続されたまたは直列接続されたかのどちらかの第2のセット；ショットキーダイオードを備えるダイオードの第2のセット；および/または互いに平行に配置された4つのツェナーダイオードを備えるダイオードの第1のセット、互いに平行に配置された4つのショットキーダイオードを備えるダイオードの第2のセットを備えていてもよい。別の実施形態において、各クランプ回路はダイオードのセットの1つと直列に接続された少なくとも1つのキャパシタを付加的に備える。別の実施形態において、各クランプ回路は並列接続されたダイオードのセットと直列に接続された少なくとも1つのキャパシタを備える。別の実施形態において、各クランプ回路はダイオードおよびキャパシタなどの受動部品のみを含む。

【 0 0 4 5 】

別の実施形態はすぐ上に記載のインバータモジュールを備えるシステムおよび第1および第2の駆動回路に関する。第1および第2の駆動回路はインバータモジュールから遠隔搭載され、例えばハウジングの外側にハウジングから遠隔して位置する。第1のトランジスタスイッチは第1の駆動回路に2つまたはそれ以上の第1のワイヤリードを介して電氣的に接続される。第2のトランジスタスイッチは第2の駆動回路に2つまたはそれ以上の第2のワイヤリードを介して電氣的に接続される。

【 0 0 4 6 】

別の実施形態において、インバータモジュールはダイオードの逆バイアス（反平行）方向で各トランジスタのコレクタ - エミッタ端子間に接続されたそれぞれのダイオードをさらに含む。

【 0 0 4 7 】

実施形態は本明細書ではゲートを有するトランジスタデバイスに関して記載されているが、他の実施形態は一般的にトランジスタに適用されてもよい。このように、特に指定のない限り（特許請求の範囲のように）、本明細書での「ゲート端子」への参照はまた一般的に三端子半導体デバイスの端子（例えば、ゲート、ベース）の制御にも適用可能である。しかしながら、一実施形態において、インバータモジュールのスイッチは高速スイッチング時間および/または電氣的特性を有利に有していてもよいIGBTまたは他のゲート駆動されるデバイスを備える。

【 0 0 4 8 】

別の実施形態は遠隔搭載された駆動回路に2つまたはそれ以上の第1のワイヤリードを介して電氣的に結合可能なトランジスタスイッチを備えるインバータモジュールに関する。インバータモジュールはトランジスタスイッチの第1および第2の端子に電氣的に結合され、およびトランジスタスイッチの第1および第2の端子の間の電圧を制限するように構成されたクランプ回路をさらに備える。クランプ回路は第1の端子または第2の端子の

10

20

30

40

50

一方に接続された並列接続されたダイオードの第1のセットを備える。クランプ回路は：第1のセットと直列に接続され、および第2の端子の第1の端子の他方に接続された少なくとも1つのキャパシタ；または第1のセットと直列に接続され、および第1の端子または第2の端子の他方に接続されたダイオードの第2のセットを付加的に備える。（ダイオードのセットは、本明細書の他の箇所に記載されるように構成されてもよい。）

別の実施形態は方法に関する。方法は車両にインバータモジュールを搭載することを備える。方法は駆動回路の第1の端子をインバータモジュールのゲート端子に電氣的に結合すること、および駆動回路の第2の端子をインバータモジュールのエミッタ端子に電氣的に結合することをさらに備える。エミッタおよびゲート端子はインバータモジュールのトランジスタスイッチに電氣的に接続される。方法は駆動回路をインバータモジュールのトランジスタスイッチから遠隔した車両に搭載することをさらに備える。インバータモジュールはゲート端子およびエミッタ端子間の電圧を制限するためにゲート端子およびエミッタ端子との間のトランジスタスイッチのハウジング上またはハウジング内に配置されたクランプ回路を含む。

【0049】

方法の別の実施形態において、クランプ回路はゲート端子またはエミッタ端子に接続されたダイオードの第1のセットおよびゲート端子またはエミッタ端子の他方に接続された少なくとも1つのキャパシタを備える。少なくとも1つのキャパシタおよびダイオードのセットは直列に接続される。方法は駆動回路の第3の端子から第3のワイヤリードをクランプ回路に電氣的に結合することをさらに備える。第3のワイヤリードは少なくとも1つのキャパシタからの電流のリターンパスを提供するように構成される。

【0050】

方法の別の実施形態において、クランプ回路はダイオードの第2のセットと直列にダイオードの第1のセットを備える。ダイオードの第1のセットはツェナーダイオードを備える。

【0051】

方法の別の実施形態において、ダイオードの第1のセットは互いに平行に配置された4つのツェナーダイオードを備え、ダイオードの第2のセットは互いに平行に配置された4つのショットキーダイオードを備える。

【0052】

方法の別の実施形態において、クランプ回路はダイオードの第1のセットおよびダイオードの第2のセットと並列に配置されたキャパシタを備える。

【0053】

方法の別の実施形態において、ダイオードの第1のセットは互いに平行に配置された複数のツェナーダイオードを備え、ダイオードの第2のセットは互いに直列に配置された複数のダイオードを備える。

【0054】

実施形態において、クランプ回路はダイオードの第2のセットと直列に配置されたダイオードの第1のセットを備える。ダイオードの第1のセットはツェナーダイオード、具体的には互いに平行に配置された複数のツェナーダイオードを備える。ダイオードの第2のセットは互いに直列に配置された複数のダイオードを備える。（第2のセットの第2のダイオードと呼ばれてもよい）第2のセットのダイオードは第1のセットのダイオードとは異なり、および第1のセットの一部ではない。

【0055】

別の実施形態はパワーユニット、例えばインバータモジュールに関する。パワーユニットは制御端子および第1および第2のパワー端子を有するソリッドステートスイッチ、およびスイッチを制御可能に活性化するための制御端子に遠隔接続された駆動回路を備える。（制御端子はパワー端子間の電圧を制御するために電圧が印加可能な末端を指し；スイッチがトランジスタである場合、制御端子はゲートまたはベース端子であってもよく、およびパワー端子は、例えばコントローラおよびエミッタ端子またはドレインおよびソース

10

20

30

40

50

端子であってもよい。) パワーユニットは制御端子および第1または第2のパワー端子の一方との間に電氣的に結合されたクランプ回路をさらに備える。クランプ回路は制御端子および(クランプ回路が結合される)パワー端子間の電圧をスイッチのターンオン電圧以上およびスイッチの最大電圧(損傷が発生する電圧)以下となる電圧レベルに制限するように構成される

パワーユニットの別の実施形態において、スイッチはハウジング内に配置され、およびクランプ回路はハウジング内またはハウジングの外表面上に配置される。

【0056】

パワーユニットの別の実施形態において、駆動回路はワイヤにより制御端子に遠隔接続される。

【0057】

パワーユニットの別の実施形態において、駆動回路はクランプ回路に遠隔接続される。

【0058】

パワーユニットの別の実施形態において、クランプ回路および制御端子との間の電氣的接続のインダクタンスは10 nH以上ではない。

【0059】

パワーユニットの別の実施形態において、スイッチはトランジスタであり、制御端子はトランジスタのゲート端子であり、(クランプ回路が結合される)パワー端子はトランジスタのエミッタ端子である。クランプ回路はショットキーダイオードと直列に接続されたツェナーダイオードを備える。ツェナーダイオードのカソードはゲート端子に電氣的に結合され、およびツェナーダイオードのアノードはショットキーダイオードのアノードに電氣的に結合され、およびショットキーダイオードのカソードはトランジスタのエミッタ端子に電氣的に結合される。

【0060】

別の実施形態は方法に関する。方法は交流出力波形を生成するためにインバータモジュールの第1のトランジスタの制御端子に第1の電圧信号を印加することを備える。第1のトランジスタがオン状態からオフ状態に遷移すると、第1のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間の電圧は第1のトランジスタに損傷を与えるであろう電圧未満に制限される。第1のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間の電圧は第1のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間に電氣的に接続された第1のクランプ回路により制限される。(このように電圧を制限するために、クランプ回路はツェナーダイオードを含んでいてもよい。) 方法は第1のトランジスタが制御端子およびパワー端子との間で第1の閾値以上で負にバイアスされる際に、第1のクランプ回路を介して電流をブロックすることをさらに備える。(このように電流をブロックするために、クランプ回路は、例えばツェナーダイオードと直列に接続されたショットキーダイオードを含んでいてもよい。)

方法の別の実施形態において、第1の電圧信号は制御端子および第1のクランプ回路に遠隔接続された駆動回路により印加される。

【0061】

方法の別の実施形態において、方法は交流出力波形を生成するためにインバータモジュールの第2のトランジスタの制御端子に第2の電圧信号を印加することをさらに備える。第2のトランジスタがオン状態からオフ状態に遷移するに際し、第2のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間の電圧は第2のトランジスタに損傷を与えるであろう電圧未満に制限される。第2のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間の電圧は第2のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間に電氣的に接続された第2のクランプ回路により制限される。方法は第2のトランジスタが第2のトランジスタの制御端子およびパワー端子との間で第2の閾値以上で負にバイアスされる際に、第2のクランプ回路を介して電流をブロックすることをさらに備える。

【0062】

上記の説明は例示であって制限的なものではないことを意図していることを理解すべき

10

20

30

40

50

である。例えば、上述の実施形態（および/またはその態様）は互いに組み合わせて使用されてもよい。加えて、多くの改変はその範囲から逸脱することなく本発明の教示に特定の状況または材料を適合させることであってもよい。本明細書に記載される材料の寸法および種類は本発明の実施形態を説明することを意図しているが、それらは決して限定的なものではなく本質的に例示的なものである。他の実施形態は上記の説明を検討すれば明らかであってもよい。本発明の範囲は、したがって、そのような請求項が権利を与えられる等価物の全範囲と共に添付の特許請求の範囲を参照して決定されるべきである。

【0063】

添付の特許請求の範囲において、用語「含む」および「ここで (in which)」はそれぞれの用語「備える」および「ここで (wherein)」の平易な英語での等価表現として使用される。且つ又、以下の特許請求の範囲において、用語「第1の」、「第2の」、「第3の」、「上側」、「下側」、「上部」、「下部」、「上」、「下」などは単にラベルとして使用され、およびそれらの対象に数または位置の要件を課すことを意図するものではない。さらに、以下の特許請求の範囲の制限はミーンズ・プラス・ファンクション形式 (means-plus-function format) で書かれておらず、このような請求項の制限がさらなる構造の機能を欠く文に続いて語句「するための手段 (means for)」を明示的に使用しない限りおよびするまで、米国特許法第112条第6段落に基づいて解釈されることを意図していない。

【0064】

本明細書で使用されるように、単数形および単語「a」または「an」で前記され記載される要素またはステップは、そのような除外が明示的に述べられていない限り、前記要素またはステップの複数形を排除しないと理解すべきである。さらに、本発明の「一実施形態」への参照は記載された特徴をも組み込んだ付加的な実施形態の存在を排除するものとして解釈されることを意図するものではない。且つ又、明示的に反対の記述がない限り、実施形態はその特性を有しないそのような追加の要素を含んでいてもよい要素または特定の特性を有する複数の要素を「備える」、「含む」、または「有する」。

【0065】

本明細書に関係する本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、特定の変更が上述した実施形態においてなされてもよいので、上記の説明または添付の図面に示される全ての主題は本明細書における本発明の概念を説明するための例としてのみ解釈されるべきであり、本発明を限定するものとして解釈されるべきではないことが意図される。

【符号の説明】

【0066】

- 100 機関車
- 102 駆動輪
- 104 車軸
- 106 機器室
- 108 空冷ヒートシンク
- 200 パワーシステム
- 202 オルタネータ
- 204 フィールド制御
- 206 整流器
- 208 インバータ
- 210 ACモータ
- 300 インバータ位相レグ
- 302 上側スイッチ
- 304 下側スイッチ
- 306 上側ダイオード、スイッチ
- 308 下側ダイオード
- 310 上部レール電圧

10

20

30

40

50

- 3 1 2 下部レール電圧
- 3 1 3 スイッチハウジング
- 3 1 4 駆動回路
- 3 1 6 制御回路
- 3 1 8 位相出力
- 3 2 0 キャパシタ
- 3 2 2 インダクタンスワイヤリード、第3のワイヤリード
- 3 2 4 ゲート端子
- 3 2 6 エミッタ端子
- 3 2 8 クランプ回路
- 4 0 0 ツェナーダイオード
- 4 0 2 ショットキーダイオード
- 6 0 0 電圧源
- 6 0 2 電圧クランプ
- 6 0 4 ダイオード
- 6 0 6 キャパシタ

【図1】

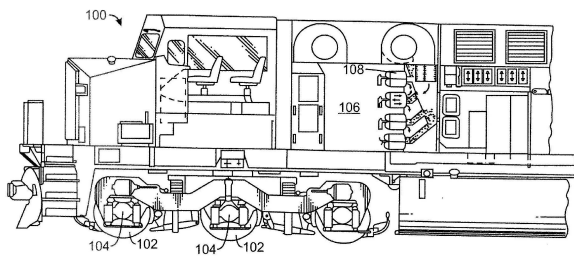
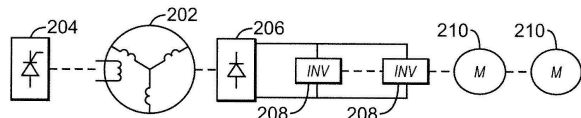


FIG. 1

【図2】



200
FIG. 2

【図3】

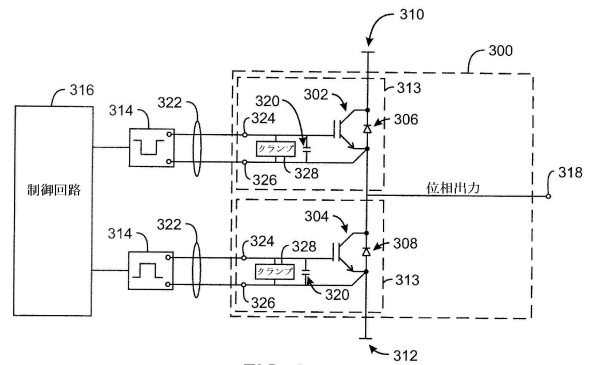
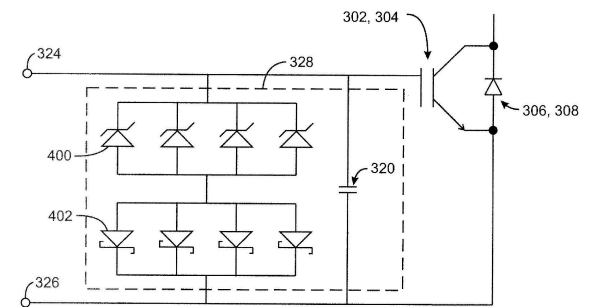


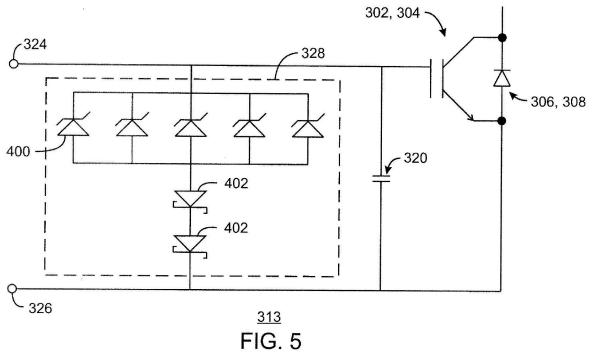
FIG. 3

【図4】

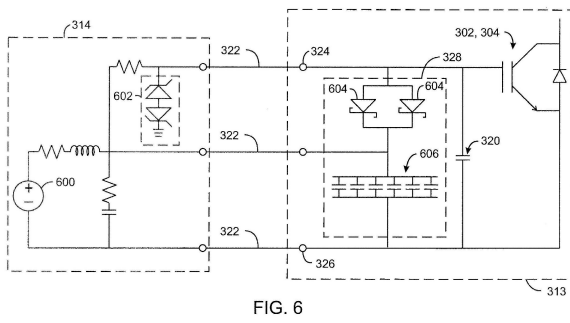


313
FIG. 4

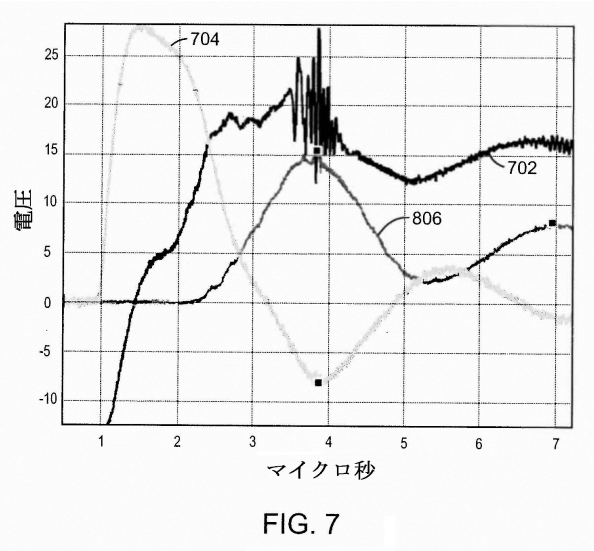
【 図 5 】



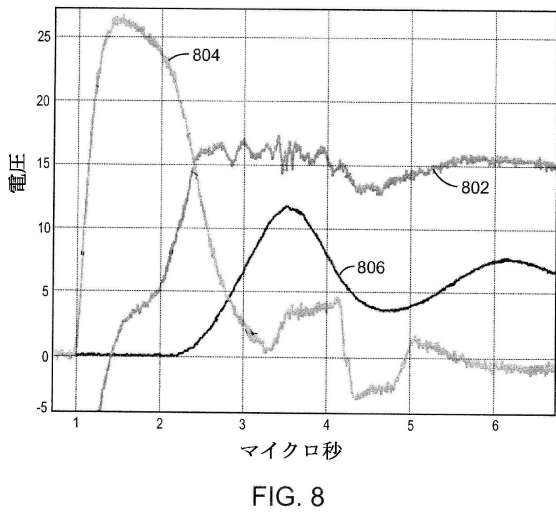
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 クッテンクーラー, ジェイソン・ダニエル
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
番
- (72)発明者 マリ・クルベロ, アルヴァロ・ヨルゲ
ドイツ、85748・ガルヒング・ベイ・ミュンヘン、フライジンガ・ラントストラッセ、50番
- (72)発明者 メンツェル, マティアス
ドイツ、85748・ガルヒング・ベイ・ミュンヘン、フライジンガ・ラントストラッセ、50番
- (72)発明者 ウルフ, ジェフリー
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
番
- (72)発明者 ヤング, ヘンリー
アメリカ合衆国、ペンシルベニア州・16531、エリー、イースト・レイク・ロード、2901
番
- (72)発明者 ゴエルズ, トーマス
ドイツ、85748・ガルヒング・ベイ・ミュンヘン、フライジンガ・ラントストラッセ、50番

審査官 尾家 英樹

- (56)参考文献 特開2008-042950(JP, A)
米国特許出願公開第2002/0024135(US, A1)
特開2009-207018(JP, A)
米国特許第05055722(US, A)
米国特許第05949273(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 1/00 - 1/44