

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5371978号
(P5371978)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int.Cl. F I
HO2M 7/48 (2007.01) HO2M 7/48 Z

請求項の数 12 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-517277 (P2010-517277) (86) (22) 出願日 平成20年4月3日(2008.4.3) (65) 公表番号 特表2010-534456 (P2010-534456A) (43) 公表日 平成22年11月4日(2010.11.4) (86) 国際出願番号 PCT/EP2008/002657 (87) 国際公開番号 W02009/012825 (87) 国際公開日 平成21年1月29日(2009.1.29) 審査請求日 平成23年4月1日(2011.4.1) (31) 優先権主張番号 60/951,392 (32) 優先日 平成19年7月23日(2007.7.23) (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(73) 特許権者 505169226 ヒュッティンガー エレクトロニク ゲ ゼルシャフト ミット ペシュレンクテル ハフツング ウント コンパニー コマ ンディートゲゼルシャフト HUETTINGER Elektron ik GmbH + Co. KG ドイツ連邦共和国 フライブルク ベッツ インガー シュトラーセ 80 Boetzingen Strasse 80, D-79111 Freiburg , Germany (74) 代理人 100061815 弁理士 矢野 敏雄</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波電流供給装置、とりわけプラズマ給電装置および高周波電流供給装置の駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高周波電流供給装置であって、
 当該装置は500W超の出力電力を3MHz超の出力周波数で形成し、
 DC電流供給部に接続された少なくとも1つのインバータと少なくとも1つの出力電源
 網を備え、
 前記インバータは少なくとも1つのスイッチング素子を有し、
 該スイッチング素子の基準電位は、高周波数のクロックで変化する形式の高周波電流供
 給装置において、
 付随線路(35, 36; 60, 61)が、時間的に大きく変化する基準電位にある電気
 構成部材(7, 9, 11, 13)を、電圧電位が時間的に変化しない入口点(30a、4
 5, 46)に接続し、
前記付随線路(35, 36; 60, 61)は出力電源網線路(37, 38, 23, 23
a、23b)の領域に配置されており、該出力電源網線路には動作時に高周波電流が流れ
る、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

【請求項2】

請求項1記載の高周波電流供給装置において、
 前記付随線路(35, 36; 60, 61)は、前記出力電源網線路(37, 38, 23
 , 23a、23b)の巻線の領域または出力電源網(15)の出力トランス(23, 24
)の一次巻線(23)の領域では付随巻線として構成されている、ことを特徴とする高周

波電流供給装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の高周波電流供給装置において、

- a) 前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は前記出力電源網線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) と挟られており、および / または
- b) 前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は前記出力電源網線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) に対して平行に配置されており、および / または
- c) 前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は前記出力電源網線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) に対して二本巻きで配置されており、および / または
- d) 前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は前記出力電源網線路により空間的にまたは偏平に包囲または取り囲まれており、および / または
- e) 前記出力電源網線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) は平坦に構成されており、

10

前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は前記出力電源網線路 (37, 38) の中央に形成されており、および / または

- f) 前記付随線路 (35, 36; 60, 61) はパイプ状の出力電源網線路 (37, 38) により取り囲まれており、および / または
- g) 前記高周波電流供給装置は多層導体路基板 (64, 65, 66, 67) 上に配置されており、

前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は、高周波線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) の領域で平行な層に配置されている、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、

前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は、磁界を増強する出力トランス (23, 24) の構成部材 (69) を通って案内されている、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、

前記付随線路 (35, 36) はドライバ電流供給線路であり、

該ドライバ電流供給線路は、ドライバ電流供給源 (51) のドライバ供給電流出力電源網線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) に沿って、インバータ (3) のスイッチング素子 (11, 13) のドライバ (7, 9) に導く、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、

前記付随線路 (35, 36, 60, 61) の入口点 (30a) は、前記出力電源網 (15) の出力トランス (23, 24) の一次巻線 (23) の、電位が時間的に変化しない点 (中間タップ 30, 30b) の近傍にある、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、

前記インバータ (3) は 2 つのハーフブリッジ回路 (5, 6) を有し、

前記付随線路の入口点 (30a, 81, 84) は前記出力トランス (23, 24) の一次 (23) の中間タップ (30) の領域に形成されている、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

40

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、

前記出力電源網線路 (37, 38, 23, 23a, 23b) と前記付随線路 (35, 36; 60, 61) は相互に容量結合されている、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、

50

制御線路として構成された前記付随線路(60, 61)が前記入口点(30a, 81, 84)を介して前記インバータ(3)のスイッチング素子(11, 13)の制御端子(G)に直接導かれている、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

【請求項10】

請求項1から9までのいずれか一項記載の高周波電流供給装置において、
前記付随線路(35, 36, 60, 61)が、時間的に大きく変化する基準電位にある電気構成部材を、前記入口点(30a, 81, 84)を介して測定装置と接続し、
該測定装置は高周波ノイズの少ない電位にある、ことを特徴とする高周波電流供給装置。

【請求項11】

高周波電流供給装置を駆動する方法であって、インバータ内にドライバのためのドライバ電流供給部を備え、
インバータに含まれるスイッチング素子の基準電位がアースに対して高周波電位にある方法において、
ドライバの供給電流は、出力電源網の高周波電位のない入口点へ付随線路を介して給電され、
前記付随線路は出力電源網線路の領域に案内されている、ことを特徴とする方法。

【請求項12】

高周波電流供給装置を駆動する方法であって、インバータ内にドライバを備え、
インバータに含まれるスイッチング素子の基準電位がアースに対して、異なる電位間で往復的に跳躍する方法において、
スイッチング素子に対するドライバ出力信号が、出力電源網の電位が時間的に変化しない入口点に付随線路を介して供給され、
前記付随線路は出力電源網線路の領域に案内されている、ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は高周波電流供給装置、とりわけプラズマ給電装置に関するものであり、この装置は500W以上の出力電力を3MHz以上の出力周波数で形成し、DC電流供給部に接続された少なくとも1つのインバータと少なくとも1つの出力電源網を備える。前記インバータは少なくとも1つのスイッチング素子を有し、このスイッチング素子の基準電位は、とりわけ基本周波数の領域にある高周波数のクロックで変化する。

【背景技術】

【0002】

この種の高周波電流供給装置はプラズマ給電装置とも称され、プラズマ電流供給のために、すなわちプラズマプロセスの電流供給のために使用される。プラズマ給電装置は、これがプラズマ電流供給部として使用される場合には目標値からわずかしかならな基本周波数で動作する。典型的な基本周波数は、3.39MHz、13.56MHz、27MHz、40MHz、62MHzである。少なくとも1つのスイッチング素子を有するインバータは、DC電流供給部のDC信号から交流信号を発生する。この交流信号は基本周波数の周期でその符号を変化する。このために少なくとも1つのスイッチング素子が基本周波数のクロックで、導通状態と非導通状態との間を反復して切り換えられる。出力電源網は、インバータにより形成された交流信号から正弦波状の出力信号を、実質的に所定の基本周波数で発生する。

【0003】

プラズマは、ガスから形成される特別の励起状態である。いずれのガスも基本的に原子および/または分子からなる。プラズマではこのガスの大部分がイオン化される。このことは、エネルギー供給によって原子ないし分子が正と負の電荷担体、すなわちイオンと電子に分裂されることを意味する。プラズマはワークピースを加工するのに適する。なぜなら荷電された粒子は化学的に高度に反応性であり、とりわけ電界により調整できるからであ

10

20

30

40

50

る。荷電粒子は電界によってワークピースに加速され、そこで荷電粒子が衝突する際に個々の原子がワークピースから溶出することができる。溶出された原子はガス流を介して排出されるか（エッチング）、または別のワークピースに層として析出される（薄膜の作製）。プラズマによるこのような加工はとりわけ、数原子層の領域の極端な薄膜を加工処理すべき場合に使用される。典型的な適用例は、半導体技術（被覆、エッチング等）、フラットパネル（半導体技術に類似）、太陽電池（半導体技術に類似）、建築ガラス被膜（熱保護、眩惑保護等）、記憶媒体（CD、DVD、ハードディスク）、装飾層（カラーガラス等）および工具の硬化である。これらの適用は精度およびプロセス安定性に高い要求を課す。

【0004】

さらにプラズマをレーザ、とりわけガスレーザの励起のために用いることができる。

【0005】

ガスからプラズマを生成するためには、ガスにエネルギーを供給しなければならない。このことは種々のやり方で、例えば光、熱、または電気エネルギーを介して行うことができる。ワークピースを加工処理するためのプラズマは典型的にはプラズマチャンバで点弧され、維持される。このために通例、希ガス、例えばアルゴンが低圧でプラズマチャンバに導入される。電極および/またはアンテナを介して、ガスが電界に曝される。プラズマは、複数の条件が満たされるときに発生しないし点弧される。まず小数の自由電荷担体が存在しなければならない。このとき非常にわずかだけ存在する自由電子が常に使用される。自由電荷担体は電界によって強力に加速され、これが希ガスの原子または分子と衝突する際に別の電子を溶出する。これにより正に荷電されたイオンと負に荷電された別の電子が発生する。さらなる自由電荷担体も加速され、衝突の際にさらなるイオンと電子を形成する。このようにして雪崩現象が始まる。イオンと電子を常時形成することにより、自然の再結合に対抗作用する。すなわち電子はイオンにより引き付けられ、電氣的に中性の原子ないし分子に再結合する。したがって点弧されたプラズマにはエネルギーを常時供給し、これを維持しなければならない。

【0006】

プラズマ電流供給部は、適用時にこれをプラズマ放電の近傍に配置することができるようにするため、できるだけ小さな寸法を有するべきである。プラズマ電流供給部はできるだけ再現精度が高く、正確に動作すべきであり、高い効率を実現するために損失はできるだけ小さくすべきである。さらなる要求は製造コストができるだけ低く、保守サービス性が高いことである。さらに可能であれば、プラズマ電流供給部には機械的に駆動される構成部材が内容にすべきである。とりわけ送風機はその寿命が制限されており、汚染の恐れもあるので不所望である。さらにプラズマ電流供給部は同時にできるだけ信頼性があるべきであり、過熱せず、長い運転持続時間を有するべきである。

【0007】

出力電源網は、インバータ側に少なくとも1つの端子と負荷側に少なくとも1つの端子を有する。インバータ側の端子はプラズマ端子と、負荷側の端子は二次端子とも称される。同じ側の一方の端子から他方の端子までの線路列は、出力電源網線路と称される。この第2の端子は高周波的にはアースに接続されている。例えば交流信号を出力するインバータの出力端は、出力電源網の第1のインバータ側端子に接続することができる。そこから線路列は出力電源網内を直接、または別の構成素子を介して、出力トランスの一次巻線の端部に至る。一次巻線の他方の端部からは別の線路列が直接、または別の構成素子を介して、出力電源網の第2のインバータ側端子に至ることができる。第1のインバータ側端子から一次巻線を介して出力電源網の第2のインバータ側端子に至るこの線路は、本発明では出力電源網線路である。

【0008】

当業者には周知のハーフブリッジ回路としてインバータの構成は2つのスイッチング素子、例えば2つのMOSFETを必要とする。それらの一方はDC電流供給部のプラスと、他方はマイナスと接続されている。2つのトランジスタは基本周波数により相補的に駆

10

20

30

40

50

動制御される。したがって交流信号はDC電流供給部の正電位と負電位を交互に有する。

【0009】

第2の一次端子はコンデンサを介してDC電流供給部の少なくとも1つの極と接続することができ、したがって高周波的にアースである。これとは択一的に、インバータは第2のハーフブリッジ回路を有することができる。この第2のハーフブリッジ回路は第2の一次端子に接続され、第1の一次端子にあるハーフブリッジ回路とプッシュプルで駆動される。それぞれ1つのハーフブリッジ回路を2つの一次端子のそれぞれに使用する場合はフルブリッジ回路と呼ぶ。

【0010】

MOSFETの制御はゲート・ソース電圧を介して行われる。ソース端子は電圧的にはこの構成部材の基準点と見なすことができる。

10

【0011】

NチャネルMOSFETはPチャネルMOSFETに対して利点を有するから、有利にはNチャネルMOSFETをハーフブリッジ回路の両方のスイッチング素子に対して使用する。

【0012】

DC電流供給部の負端子と接続されたNチャネルMOSFET(ボトムスイッチ)のソース端子は静的な負電位にある。なぜならこのNチャネルMOSFETではドレイン端子がプラズマ電流供給装置の基本周波数である交流信号を有しており、出力電源網のそれぞれの一次端子に接続されているからであり、一方、ソース端子はDC電流供給部のマイナス極と直接接続されているからである。

20

【0013】

しかしDC電流供給部の正端子と接続されたNチャネルMOSFET(トップスイッチ)は、それぞれのドレイン端子がDC電流供給部のプラス極と接続されるように接続しなければならない。これによりソース端子は出力電源網の出力電源線路に接続され、交流信号を導く。このトランジスタでも制御は、高速に変化する高電位差を有するソース端子に対して行わなければならないから、このトランジスタのゲート制御、および場合によりこのゲート制御のために必要なドライバとしての構成部材、ならびにそのドライバ電流供給もこの高周波基準電位に対して行わなければならない。高速の電位変化に起因する不適切なゲート・ソース電圧はハーフブリッジ回路の不安定性を容易に引き起こし、構成素子の破壊を引き起こし得る。監視のための電気測定値、例えばMOSFETの内部温度センサの電気測定値またはそのドライバ段もソース端子を基準電位として有し、したがって同様に強い高周波電位を有する。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明の課題は、プラズマ電流供給部に対する前記の要求を満たし、基準点が高速の電位変化を受けるようなスイッチング素子またはその他の構成部材であっても確実なエネルギー供給、制御または監視を保證する高周波電流供給装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

40

【0015】

本発明によればこの課題は、冒頭に述べた形式の高周波電流供給装置において、付随線路が、基準電位が時間的に大きく変化する電気構成部材を入口点に接続し、この入口点ではとりわけ基本周波数で電圧電位が時間的に変化しないか、少なくともほぼ変化しないようにして解決される。この電気構成部材はインバータの構成部材、またはインバータと接続された構成部材とすることができ、例えばドライバまたは測定装置である。

【発明の効果】

【0016】

付随線路は、基準点が出力電源網の出力電源線路の電位にあって時間的に強く変化する、例えばインバータの電氣的構成部材を、電位が時間的にほぼ変化しない入口点と接続

50

する。この入口点は、出力電源網の出力電源網線路の、高周波ノイズの小さいポイントの空間的近傍領域内に存在することができる。出力電源網の出力電源網線路が構成部材に接続されており、これによりその構成部材の基準点がDC電流供給部または機器アースに対して大きく変化する電位を有する個所では、付随線路もこの大きく変化する電位を有する。出力電源網の出力電源網線路の高周波ノイズが小さい個所では、付随線路も小さな高周波電位を有するか、または高周波電位を有さない。高周波電位の強度は、付随線路の区間全体にわたり、出力電源網線路への誘導性結合および容量性結合によって減衰する。

【0017】

本発明の利点は、基準点が時間的に常に変化する基準電位を有する構成部材に、高周波ノイズの比較的小さい入口点から付随線路を介して給電することができ、この構成部材を制御または監視できることである。

10

【0018】

付随線路は、出力電源網の出力電源網線路の空間的近傍に配置することができる。このことは、2つの線路が相互に離間しており、結合領域では2つの線路間のキャパシタンスにより容量的に、そして線路のインダクタンスにより誘導的に相互に結合されていることを意味する。したがって付随線路は出力電源網線路の領域に存在する。この付随線路は少なくとも部分的に出力電源網線路に沿って延在する。

【0019】

例えば付随線路は出力電源網線路に対して平行に案内することができ、この出力電源網線路と挟るか、または二本巻きで配置することができる。ここで出力電源網線路の周囲に、これに流れる電流に基づき形成される磁界の磁界線は、できるだけ完全に付随線を包囲すべきであり、これにより高い磁気結合が達成される。

20

【0020】

付随線路は出力電源網線路により空間的にまたは平坦に包囲または取り囲むことができる。例えば出力電源網線路は偏平に構成することができ、付随線路は出力電源網線路の中央に配置することができる。択一的に付随線路を、パイプ状の出力電源網線路により包囲することができる。

【0021】

付随線路は、出力電源網線路よりも格段に小さい寸法を有する。

【0022】

出力電源網線路の高周波電位の大部分は出力トランスの一次巻線で低下する。この一次巻線は出力電源網線路の主機能部材である。付随線路は付随巻線として構成することができる。付随巻線と一次巻線は正確に同じ幾何形状を取るから、これらは同じ高周波の磁気影響を受ける。

30

【0023】

付随線路は、高周波電位が時間的にほとんど変化しない、出力電源網線路の個所の近傍に基準点を有することができる。インバータが、出力トランスの一次巻線をプッシュプルで駆動する2つのハーフブリッジ回路を有する場合、付随線路の入口点は一次巻線の中点の近傍でも良い。一次巻線の中点を所定のようにブロックし、これにより高周波的に安定させるために、この中点にタップを設け、インバータのDC電流供給部の中点と接続することができる。インバータは2つのコンデンサにより形成されており、コンデンサはDC電流供給部の端子に直列に接続されている。

40

【0024】

その基準点が強く変化する電位を有する各ハーフブリッジ回路のスイッチング素子のために、一次巻線の中点タップの近傍にある入口点から、それぞれ1つの固有の付随線路が発することができる。この付随線路は一次巻線の経過に沿って配向される。

【0025】

出力電力網線路が完全にまたは部分的に偏平な構造として導体路基板上に構成されていれば、付随線路は出力電力網線路から絶縁して構造体の中央に案内することができる。ここで付随線路を出力電力網線路により包囲することができる。付随線路は、多層導体路板

50

の別の層に、出力電力網線路に平行に配置することができる。

【0026】

出力電力網線路と付随線路は、それらの固有キャパシタンスを越えて容量的に相互に結合することができる。このことは少なくとも1つの離散的コンデンサを介して行うことができる。コンデンサは誘導アームに接続することができる。それぞれコンデンサを複数の個所に配置すると、容量結合を高めることができる。このことは、一次巻線の中点タップにある高周波ノイズの小さいポイントの近傍、例えばMOSFETであるスイッチング素子の近傍で行うことができる。または共通の経路の全広がり中、出力電力網線路と付随線路とが、ないしは一次巻線と付随巻線とが同じ区間長を有する任意の個所で行うことができる。

10

【0027】

さらに付随線路は、磁界を高める出力トランスの少なくとも1つの構成部材を通して案内することができる。これによりとくに良好な磁気結合が達成される。付随線路は出力電力網線路とともに、磁界を高める素子を通して案内することができる。

【0028】

構成部材の給電部、制御部、または監視部が複数の端子を必要とするならば、相応に複数の付随線路を前記のように出力電力網線路に沿って案内することができる。特定の回路および特定の信号、例えば構成部材の電流供給部では、第2の付随線路とは択一的にこの目的のために出力電力網線路をもとに使用することができる。

【0029】

構成部材が例えばトックス一致MOSFET用のドライバであれば、ドライバ電流供給源の第1の極を付随線路の入口点に、第2の極を出力電力網線路の中間タップに接続することができる。このようにして、一方の極に対するドライバ電流供給を付随線路により、第2の極に対しては出力電力網線路を介して行うことができる。この場合、ドライバ電流供給源は高周波ノイズの小さい電位に留まる。ドライバ電流供給源とドライバとの間のコモンモードチョーク自体を、この回路構成では省略することができる。

20

【0030】

このようなハーフブリッジ回路またはフルブリッジ回路が複数、1つのプラズマ供給装置に設けられている場合、すべてのトックススイッチドライバを共通のドライバ電流源群として給電することができる。なぜなら、付随線路のすべての入口点が高周波ノイズの少ない電位に接続されているからである。コモンモードチョークもすべてのドライバ電流供給線路で省略することができるから、同様にボトムスイッチドライバ群も1つの共通のドライバ電流供給源により給電することができる。このドライバ電流供給源は、対称性であるから同様に所要のコモンモードチョークを省略することができる。これによりコストとスペースが節約される。これまで各ドライバに対しては、導電分離部を備える固有のドライバ電流供給回路が設けられていた。

30

【0031】

このような付随線路は制御信号も、ドライバからスイッチング素子に導くことができる。この変形実施例では、所属のドライバが高周波ノイズの少ない電位に留まることができる。一方、所属のスイッチング素子の基準電位は強く変化する電位にある。この変形回路でも、ドライバ電流供給源は前記群に1つで十分である。

40

【0032】

本発明の別の改善形態では、高周波的に変化する電位にある構成部材、例えばトックススイッチドライバまたは所属のスイッチング素子から発する測定信号が高周波ノイズの小さい個所に導かれる。このようにして温度測定の電気信号または所定の状態の電気信号を、アース電位にある回路、または少なくとも高周波ノイズの少ない電位にある回路により評価することができる。

【0033】

インバータもハーフブリッジ回路として構成することができる。電位が時間的にほぼ変化しない付随線路の入口点は、出力電力網線路の高周波ノイズの小さい端部の近傍にする

50

ことができる。一次端子が直接、またはコンデンサを介してアースまたはDC電流供給部の一方の極に接続されていれば、これにより高周波ノイズが小さくなる。付随線路の入口点はその一次端子の近傍にすることができる。

【0034】

本発明には多数の実施形態がある。そのうちのいくつかを図面に基づき詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】中点給電部を有する高周波電流供給装置を示す。

【図2】スイッチングトランジスタの制御部ならびに従来技術によるドライバ電流供給部を示す。

10

【図3】中点給電部を備える、スイッチングトランジスタのドライバ制御部の実施例を示す。

【図4】図3の出力電力網を示す。

【図5】フルブリッジ回路に中点給電部を備える、スイッチングトランジスタのためのドライバ制御部の実施例を示す。

【図6】フルブリッジ回路に中点給電部を備える、スイッチングトランジスタのためのゲート制御部の実施例を示す。

【図7】ハーフブリッジ回路のスイッチングトランジスタのためのドライバ制御部の実施例を示す。

20

【図8】ハーフブリッジ回路のスイッチングトランジスタのためのゲート制御部の実施例を示す。

【図9】中点給電部と、二本巻きで案内されたドライバ電流供給線路を備える多層導体路基板の層を示す。

【発明を実施するための形態】

【0036】

同じ構成部材には同じ参照符号が付してある。

【0037】

図1には、プラズマプロセスのための電流供給に用いられる高周波電流供給装置が示されている。ここでは500W以上の出力電力が $> 3\text{ MHz}$ の周波数で形成される。高周波電流供給装置は制御部1を有し、この制御部は信号トランス2に至る。信号トランス2は制御信号を高電圧から導電分離する。この信号トランス2はフルブリッジ回路3と接続されており、フルブリッジ回路3には2つのハーフブリッジ回路5と6の他に、ハーフブリッジトランジスタ11, 12, 13, 14用のドライバ7, 8, 9, 10が組み込まれている。インバータとして動作するフルブリッジモジュール3は出力電源網15に接続されている。この出力電源網15はさらに測定装置17と出力端子28を介して図示しない外部の負荷と接続されている。

30

【0038】

制御部1は信号トランス2の4つの一次巻線を、例えば3.39MHzの基本周波数で制御する。二次巻線はドライバ7, 8, 9, 10の入力端に接続されている。信号トランス2の第1の分岐路は一次巻線18と二次巻線19からなり、二次巻線19はドライバ7の入力端に接続されている。

40

【0039】

信号トランスは、光信号により動作するように実現することもできる。

【0040】

各ハーフブリッジ回路5, 6は、MOSFETとして構成された2つのトランジスタ11, 12ないし13, 14を有する。トランジスタ11と13(トップスイッチ)は正の直流電圧20と、トランジスタ12と14(ボトムスイッチ)は負の直流電圧21と接続されている。各トランジスタ11, 12ないし13, 14のゲートはドライバ7, 8, 9, 10bの出力端とそれぞれ接続されている。

50

【 0 0 4 1 】

ドライバ9はトランジスタ13を、制御部1からの基本周波数に依存してスイッチングする。同じことがトランジスタ14を備えるドライバ10により行われる。ここでは常に、ハーフブリッジ回路6の少なくとも一方のトランジスタ13, 14は導通し、他方は遮断される。この動作は位相シフトされて、ハーフブリッジ回路5のドライバ7と8およびトランジスタ11, 12に対しても当てはまる。

【 0 0 4 2 】

したがって直流電圧から高周波の交流信号が形成され、この交流信号は基本周波数により周期的に符合を変化する。この交流信号はハーフブリッジ回路5から第1のインダクタンス26を介して出力トランス23, 24の一次巻線23に導かれる。第2のハーフブリッジ回路6の出力信号も第2のインダクタンス22を介して同様に、出力電源網15の出力トランス23, 24の一次巻線23に導かれる。出力トランス23, 24の二次巻線24は高周波信号をインピーダンス整合素子を介して、外部負荷と接続された出力端子28に出力する。インピーダンス整合素子はコンデンサ54, 55とインダクタンス27を有する。

10

【 0 0 4 3 】

出力トランス23, 24の二次巻線24にある電流測定部29と測定装置17は制御部1と接続されている。

【 0 0 4 4 】

出力トランス23, 24の一次巻線23は中間タップ30を有し、これにより一次巻線23は2つの一次巻線部分23aと23bに分けられる。中間タップ30は第3のインダクタンス31を介して容量性分圧器33, 34の midpoint 32に接続されている。容量性分圧器は、正の直流電圧端子20と負の直流電圧端子21との間に配置されている。分圧器の2つのコンデンサ33, 34はハーフブリッジ回路5と6に対するバイパスコンデンサとして動作する。このバイパスコンデンサ33, 34により、トランジスタ11, 12, 13, 14のスイッチング時の電流ピークが補償される。したがって同時に、端子20, 21を備えるDC電流供給部での電圧降下が阻止される。

20

【 0 0 4 5 】

第1, 第2および第3のインダクタンス26, 22, 31はトランジスタのスイッチング特性のためにだけ設けられており、トランジスタの構成に応じて直接接続に置換することができる。

30

【 0 0 4 6 】

ハーフブリッジ回路またはフルブリッジ回路としての前記インバータ構成では、浮遊する(フローティングされた)基準電位を有するスイッチング素子が存在する。このことは、基準電位がDC電流供給部50の両方の電位に対して常に時間的に一定ではないことを意味する。図1に示された回路でこのことはトランジスタ11と13、ならびに所属のドライバ7, 9の基準電位に当てはまる。これらのトランジスタのソース端子は高周波ノイズの大きいポイントに接続されており、基準電位は高周波電流供給部のアースに対して比較的高い電位の間、しばしば数百ボルトの間を基本周波数で往復してジャンプする。ドライバが正常に機能するためには、ドライバ7ないし9でのドライバ電流供給線路の電位が、それぞれ接続されたトップスイッチトランジスタ11ないし13の基準電位に対して時間的に変化しないことが必要である。

40

【 0 0 4 7 】

図2にはそれ自体公知であり、トップスイッチドライバ7のドライバ電流供給のためだけの回路が示されている。さらにフルブリッジトランジスタ11, 12, 13, 14と、出力電源網15の出力トランス23, 24の一次巻線23と二次巻線24だけが示されている。したがって本発明の理解に必要な主要素子だけが示されている。

【 0 0 4 8 】

整流器とコモンモードチョークの第1の半分4aを介して、ドライバ電流供給源51にあるトランスの二次巻線53はドライバ7のパワーイン端子43と接続されている。ドラ

50

イバ電流供給源 5 1 の二次巻線 5 3 の第 2 端子は、コモンモードチョークの第 2 の半分 4 b を介してパワーアース端子 4 9 と接続されている。

【 0 0 4 9 】

2 つの半分 4 a と 4 b を有するコモンモードチョークが必要であるのは、ドライバ 7 に動作電圧を供給するトランス 5 2 , 5 3 の寄生容量結合が任意に小さくはなく、高周波電位にあるドライバ 7 からトランス 5 2 , 5 3 を介して一卷線 5 2 の給電回路に高周波電流が流れるのを回避すべきだからである。

【 0 0 5 0 】

図 3 を用いて、フルブリッジ回路モデル 3 での付随線路の原理について説明する。各ハーフブリッジ回路 5 , 6 に対して、ドライバ 7 , 9 を給電するための付随線路 3 5 , 3 6 が設けられている。付随線路 3 5、ならびに高周波ノイズの少ない一次巻線 2 3 の中間タップに接続された出力電源網線路は、トップスイッチトランジスタ 1 1 のドライバ 7 に動作電圧を導くために用いられる。第 2 のトップスイッチトランジスタ 1 3 のドライバ 9 にも、このようにして動作電圧を供給することができる。

10

【 0 0 5 1 】

ハーフブリッジ回路 5 に対しては、この付随線路 3 5 はドライバ電流供給源の端子から、中間タップ 3 0 の近傍で入口点 3 0 a に至る。そして出力トランス 2 3 , 2 4 の一次巻線 2 3 の上半分 2 3 a のコイルの幾何形状および第 1 のインダクタンス 2 6 の幾何形状にしたがい、ドライバ 7 に至る。ノード点 4 7 では付随線路 3 5 がドライバ 7 のパワーイン端子 4 3 に接続されている。

20

【 0 0 5 2 】

付随線路 3 5 と一次巻線 2 3 の上半分 2 3 a とは平行に、または二本巻きで案内することができる。これにより両方の線路は磁氣的に相互に結合される。

【 0 0 5 3 】

第 2 のハーフブリッジ回路 6 のドライバ 9 は同じドライバ電流供給源を使用する。付随線路 3 6 は入口点 3 0 a まで付随線路 3 5 と同じである。しかしそれから出力トランス 2 3 , 2 4 の一次巻線 2 3 の下半分 2 3 b のコイルの幾何形状にしたがい、ドライバ 9 に至る。ノード点 4 8 では付随線路 3 6 がドライバ 9 のパワーイン端子 4 4 に接続されている。

【 0 0 5 4 】

第 2 の付随線路 3 6 は、一次巻線 2 3 の下半分 2 3 b の出力電源網線路 3 8 にしたがう。付随線路 3 6 と一次巻線 2 3 の下半分 2 3 b とは平行に、または二本巻きで案内することができる。これにより両方の線路は磁氣的に相互に結合される。

30

【 0 0 5 5 】

各付随線路 3 5 , 3 6 はそれぞれ連行する出力電源網線路 3 7 , 3 8 と、複数のコンデンサを介して接続されている。したがって付随線路 3 5 と高周波線路 3 7 はコンデンサ 3 9 と 4 0 を介して接続されている。付随線路 3 6 と高周波線路 3 8 はコンデンサ 4 1 と 4 2 を介して接続されている。

【 0 0 5 6 】

ドライバ電流供給源の第 2 の電位は中点 3 2 に接続されており、そこから第 3 のインダクタンス 3 1 を介して一次巻線 2 3 の中間タップ 3 0 に至る。しかしこの電位は一次巻線 2 3 の両端部では、それぞれそこにある高周波電位だけずらされている。ソース端子を備えるトランジスタ 1 2 ないし 1 3 もこの高周波電位になる。

40

【 0 0 5 7 】

図 4 には出力電源網 1 5 の出力トランス 2 3 , 2 4 の正確な配線が再度示されている。スイッチング素子は図示されていない。一次巻線の半分 2 3 a を含む高周波出力電力網線路 3 7、ならびに同様に一次巻線半分 2 3 b を含む高周波出力電力網線路 3 8 は、第 1 のハーフブリッジ回路の交流信号用の一次端子 5 6 a から一次巻線 2 3 を介して、そしてこの一次巻線 2 3 から第 2 のハーフブリッジ回路の交流信号用の一次端子 5 6 b に伸長している。

50

【 0 0 5 8 】

この回路構成では、付随線路 3 5 , 3 6 がすでに端子 4 5 , 4 6 から別個に案内されている。両方の端子 4 5 , 4 6 は、この図面に図示されていないドライバ電流供給源の共通の極に接続することができる。コンデンサ 5 8 , 5 9 はドライバ電流供給端子 4 5 , 4 6 を、ドライバ電流供給源の他方の極に接続することのできる中点 3 2 に対してブロックする。

【 0 0 5 9 】

付随線路 3 5 は端子 4 5 から中間タップ 3 0 の近傍に案内され、さらに一次巻線 2 3 の上半分 2 3 a の 2 本巻付随線路として、ハーフブリッジ回路 5 のドライバ 7 のパワーイン端子 4 7 に至る。同様に付随線路 3 6 は端子 4 6 から中間タップ 3 0 の近傍に案内され、さらに一次巻線 2 3 の下半分 2 3 b の 2 本巻付随線路として、第 2 のハーフブリッジ回路 6 のドライバ 9 のパワーイン端子 4 8 に至る。

10

【 0 0 6 0 】

出力電源網線路 3 7 , 3 8 と、ドライバ電流供給部の 2 つの付随線路 3 5 , 3 6 との間には、種々異なる個所で容量結合が組み込まれている。例えば第 1 のハーフブリッジ回路 5 のドライバ 7 のパワーイン端子 4 7 近傍では、コンデンサ 3 9 が付随線路 3 5 と、第 1 のハーフブリッジ回路 5 の出力信号を供給する一次端子 5 6 a との間に接続されている。少なくとも 1 つの別のコンデンサ 4 2 が、ハーフブリッジ回路 6 のドライバ 9 のパワーイン端子 4 8 と、第 2 のハーフブリッジ回路 6 に出力信号を供給する一次端子 5 6 a との間に配置されている。キャパシタンス 5 4 , 5 5 とインダクタンス 2 7 は、二次巻線 2 4 と出力端 2 3 8 との間インピーダンス整合素子の構成部材である (図 1) 。

20

【 0 0 6 1 】

さらなるコンデンサ 4 0 , 4 1 がそれぞれの中点タップ 3 0 と近傍に延在する付随線路 3 5 , 3 6 との間に設けられており、これによりこの個所でのこの 3 つの線路では高周波ノイズが同じように少なくなる。

【 0 0 6 2 】

図 5 には、トップスイッチドライバ 7 と 9 を、ただ 1 つのドライバ電流供給源 5 1 によりどのように駆動できるかが示されている。

【 0 0 6 3 】

共通のドライバ電流供給源 5 1 の一方の端子は、後で分岐される線路 3 5 , 3 6 の共通の線路として、入口点 3 0 a に至り、そこで分岐する。ドライバ電流供給のための第 1 の付随線路 3 5 は、入口点 3 0 a から巻線 2 3 a の幾何形状にしたがいドライバ 7 のパワーイン端子 4 3 に至る。ドライバ電流供給のための第 2 の付随線路 3 6 は、入口点 3 0 a から巻線 2 3 b の幾何形状にしたがいドライバ 9 のパワーイン端子 4 4 に至る。

30

【 0 0 6 4 】

共通のドライバ電流供給源 5 1 の他方の端子は、コンデンサ 3 3 , 3 4 を備える中点 3 2 を介して出力トランス 2 3 , 2 4 の一次巻線 2 3 の中間タップ 3 0 に至り、一次巻線 2 3 の両半分 2 3 a , 2 3 b と出力電力網線路 3 7 , 3 8 の別の経路とを介して、2 つのトップスイッチトランジスタ 1 1 と 1 3 のソース端子に、およびドライバ 7 と 9 のパワーアース端子に至る。この回路により、トップスイッチトランジスタ 1 1 と 1 3 のゲートの電圧供給が格段に簡単になる。なぜなら 1 つのドライバ電流供給源 5 1 がすべてのトップスイッチドライバ 7 , 9 に対して必要なだけだからである。

40

【 0 0 6 5 】

ドライバ電流供給源 5 7 は、高周波ノイズの小さいボトムスイッチドライバ 8 , 1 0 に従来のように給電する。ドライバ電流供給線路ではトップスイッチドライバ 7 , 9 が共通モードチョークを含んでいないから、対称性の理由から通常は必要である、ボトムスイッチドライバ用の共通モードチョークもドライバ電流供給線路から省略されている。

【 0 0 6 6 】

図 6 の変形回路では、ドライバ 7 , 9 が高周波ノイズの少ない電位にあり、所属のトップスイッチトランジスタ 1 , 1 3 は強く変化する電位にある。付随線路 6 0 , 6 1 はここ

50

ではドライバ電流供給には使用されず、トップスイッチトランジスタ 11, 13 のゲート制御に使用される。

【0067】

付随線路 61 はドライバ 7 の出力端から発し、付随巻線として一次巻線 23 の上半分 23 a の空間的構造にしたがい、トランジスタ 11 のゲート端子に至る。同じように付随線路 60 はドライバ 9 の出力端から発し、巻線の下半分 23 b の空間的構造にし難い、トランジスタ 13 のゲート端子に至る。ドライバ 7, 9 のアース線路は中点 32 を介して一次巻線 23 の中間タップ 30 に接続されている。トップスイッチトランジスタ 11, 13 のソース端子は一次巻線の半分 23 a, 23 b のそれぞれの端部に接続されている。

【0068】

以下では 1 つのハーフブリッジ回路だけを使用する場合において、ドライバ電流供給部 35 またはゲート制御線路 61 としての付随線路の経過を詳細に説明する。

【0069】

図 7 では、ドライバ 7 用のドライバ電流供給源 51 の一方の出力端がドライバ電流供給のための付随線路 35 を介してドライバ 7 のパワーイン端子と直接接続されている。このドライバ 7 はトランジスタ 11 のゲート G を制御する。ドライバ電流供給源 51 の他方の端子はポイント 30 b に接続されている。このポイント 30 b では一次巻線 23 がコンデンサ 33, 34 を介して DC 給電部の中点を形成しており、したがって高周波的にはアースされている。一次巻線 23 の他方の端子は出力電源網線路 37 を介してトランジスタ 11 のソース端子 S と接続されており、さらにドライバ 7 のパワーアース端子と接続されている。トランジスタ 11 のドレイン端子 D には DC 電流供給部のプラス極 20 が接続されている。マイナス極はボトムスイッチドライバ 12 のソース S およびトランジスタ 12 を制御するドライバ 8 のパワーイン端子に接続されている。付随線路 35 と出力電源網線路 37 は導電的に分離されているが、近くを一緒に案内されている。このことは、付随線路 35 が付随巻線として構成されている、一次巻線 23 の領域で当てはまる。

【0070】

図 8 の択一的回路構成では、ドライバ 7 が高周波ノイズの少ない電位にあり、そのドライバ電流供給源 51 に直接接続されている。ドライバ 7 のパワーアース端子は一次巻線 23 の端子 30 b と直接接続されており、この端子 30 b はコンデンサ 33, 34 により高周波的にアースされている。ここではゲート制御に用いられる付随線路 61 は、ドライバ 7 の制御出力端から出力トランス 23, 24 の一次巻線 23 の空間的近傍を通り、トランジスタ 11 のゲート端子 G に至る。

【0071】

一次巻線 23 の他方の端子は、出力電源網線路 37 を介してトランジスタ 11 のソース端子 S に至り、したがって高い高周波電位にある。

【0072】

図 9 には、多層導体路基板の種々の層が示されている。すなわち下層 64、第 1 の中間層 65、第 2 の中間層 66 および上層 67 である。この多層導体路基板は出力電源網を形成し、平坦に構成されたトランスとインダクタンスを支持する。トランジスタとして構成されたスイッチング素子 11, 12, 13, 14 と、それらのドライバ 7, 8, 9, 10 は導体路基板の外に配置されている。

【0073】

出力電源網線路 37, 38, 23 a, 23 b は、貫通接続端子 56 a からまずフェライト 68 を通って案内される。これにより第 1 のインダクタンス 26 が形成される。フェライト 68 の周囲で出力電源網線路は一次巻線 23 の第 1 の半分 23 a を形成する。間津接続部フィールドから形成された中間タップ 30 を通過した後、出力電源網線路は一次巻線 23 の別の半分 23 b を層 65 で形成する。出力電源網線路 38 は最後にフェライト 69 を去り、フェライト 70 を通過する際に第 2 のインダクタンス 22 を形成する。それから出力電源網線路は貫通接続した一次端子 56 b とともに層 64 に戻る。

【0074】

10

20

30

40

50

貫通接続部により形成された中間タップ 30 には同様に線路 31 が層 66 上で接続されている。この線路は DC 電流供給部 32 の中点に至る。この中間タップ 30 は貫通接続された導体路基板端子により形成される。この実施例で線路 31 は第 3 のインダクタンスとしては構成されていない。

【0075】

出力トランス 23, 24 の二次巻線 24 は、層 67 上で孔部 76 内のアース端子から始まり、導体路 74 として同様にフェライト 69 を通過する。そして貫通接続部フィールド 71 でまず層 64 へ導体路 72 とともに、層 66 へ導体路 73 とともに変化し、貫通接続部フィールド 75 で最終的に層 66 へ変化し、再びフェライト 69 を通過し、貫通接続部フィールド 78 で終端する。ここでは層 64 と 67 の上で平行な線路 79 と 80 がフェライト 77 によってインダクタンス 27 結合される。これら 2 つの導体路は、孔部により形成される出力端子 28 に終端する。貫通接続部フィールド 78 によりコンデンサ 54 が、そして孔部 28 にある導体路の端部によりコンデンサ 55 がそれぞれアースに接続されている。コンデンサ 54, 55 とインダクタンス 27 は、インピーダンス整合回路網を形成する。フェライトはそれぞれ高周波磁界を増強する。

10

【0076】

このプレーナ型の構成では、付随線路 35, 36 がトップスイッチドライバ 7, 9 に対するドライバ電流供給線路として、出力電源網線路 37, 38、23a、23b の中央に案内されている。

【0077】

トップスイッチドライバ 7 に対するドライバ電流供給のための付随線路 35 は層 67 の端子 45 で始まる。この端子 45 には図示しない外部のドライバ電流供給源 51 が接続されている。付随線路 35 はまず層 67 で、線路 31 に対して高さ的に平行に入口点 81 に案内される。この入口点は貫通接続部によって中点タップ 30 の空間的近傍に形成される。そこで付随線路は層 64 に変化し、付随線路として出力電源網線路 37 の中央を絶縁されて延在する。とりわけフェライト 69 の領域では一次巻線半分 23a の付随線路となり、一次端子 56a の近傍に至る。貫通接続部 82 は付随線路 35 を層 66 に導く。ここから貫通接続部 83 は端子 47 を形成し、この端子 47 には導体路基板の外にあるトップスイッチドライバ 7 のパワーイン端子が接続される。

20

【0078】

トップスイッチドライバ 9 に対するドライバ電流供給のための付随線路 36 も同様に層 67 の端子 46 で始まる。この端子 46 にも外部のドライバ電流供給源 51 が接続されている。付随線路 36 は、線路 31 に対して高さ的に平行に入口点 84 に案内される。この入口点は貫通接続部によって中点タップ 30 の空間的近傍に形成される。そこで付随線路は層 65 に変化し、付随線路 36 として出力電源網線路 38 の中央を絶縁されて延在する。とりわけフェライト 69 の領域では一次巻線半分 23b の付随線路となり、一次端子 56b の近傍に至る。貫通接続部 85 は付随線路 36 を層 66 に導く。ここから貫通接続部 86 は端子 48 を形成し、この端子 48 には導体路基板の外にあるトップスイッチドライバ 9 が接続される。

30

【0079】

入口点 81, 84 の 2 個所は中間タップ 30 に対してコンデンサ 40, 41 によりブロックされており、したがって高周波ノイズの少ない最後の個所である。それから付随線路 35, 36 は、付随線路として出力電源網線路 37, 38 の中央を延在する。

40

【0080】

2 つの端子 45, 46 は、同じドライバ電流供給源の同じ極に接続することができる。ドライバ電流供給源の第 2 の極は中点 32 に接続することができる。この中点は線路 31 を介して中間タップ 30 の貫通接続部フィールドと接続されている。コンデンサ 58, 59 は付随線路 35, 36 を端子 45, 46 において、中点 32 に対してブロックする。

【 図 1 】

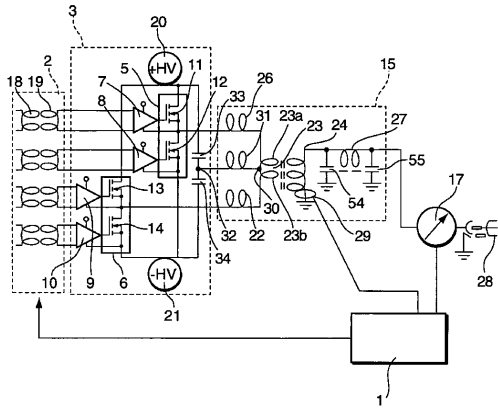


Fig. 1

【 図 2 】

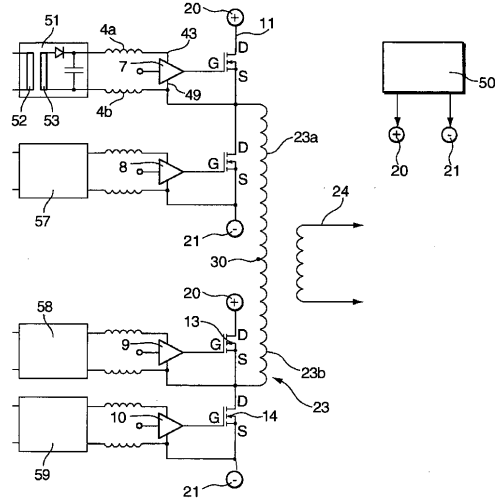


Fig. 2

【 図 3 】

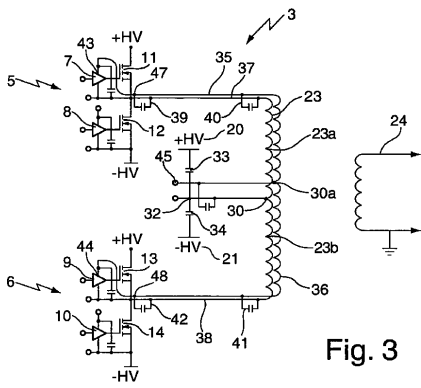


Fig. 3

【 図 5 】

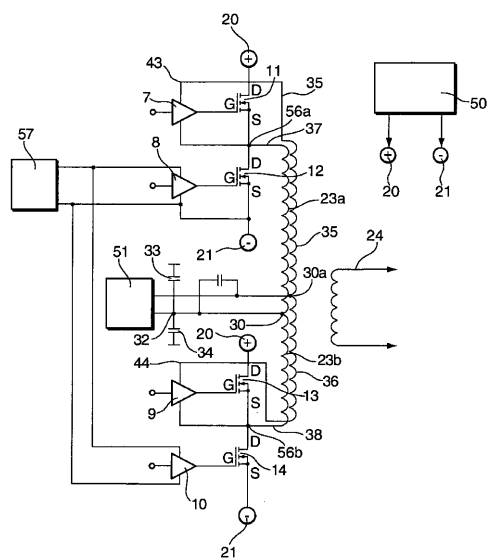


Fig. 5

【 図 4 】

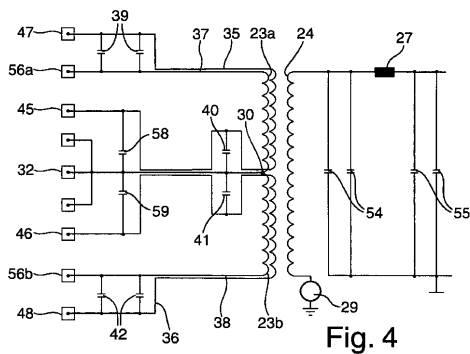


Fig. 4

【 図 6 】

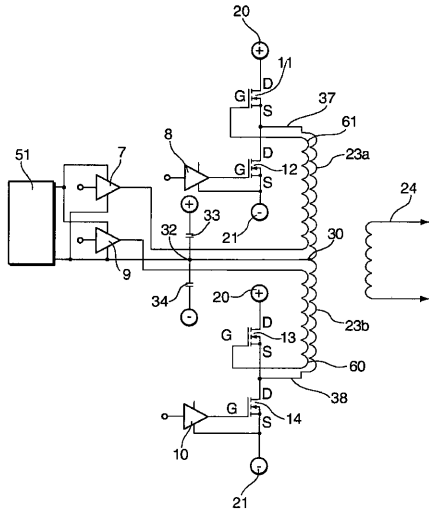


Fig. 6

【 図 7 】

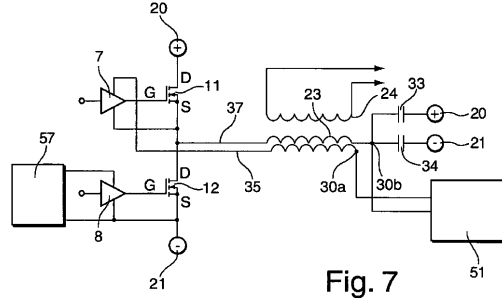


Fig. 7

【 図 8 】

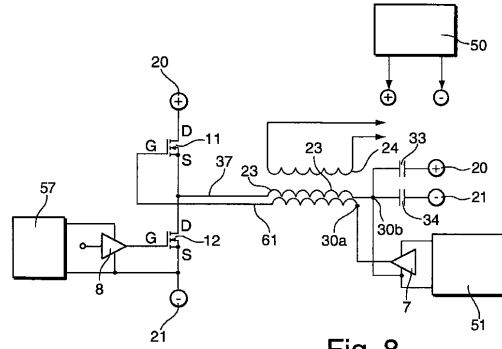


Fig. 8

【 図 9 】

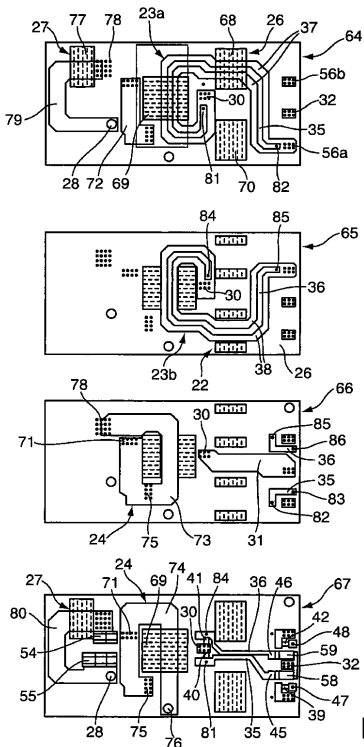


Fig. 9

フロントページの続き

- (74)代理人 100099483
弁理士 久野 琢也
- (74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
- (74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘
- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 ミヒャエル グリュック
ドイツ連邦共和国 フライブルク ローゼ - アウスレンダー - ヴェーク 2
- (72)発明者 アレックス ミラー
ドイツ連邦共和国 フライブルク フェルディナント - ヴァイス - シュトラーセ 1 0 2
- (72)発明者 エーリッヒ ピヴィート
ドイツ連邦共和国 アルマースバッハ イム タール アカツィーエンハイン 1 4

審査官 服部 俊樹

- (56)参考文献 特開2003 - 125586 (JP, A)
特開昭64 - 050396 (JP, A)
特開平11 - 191962 (JP, A)
特開平11 - 233279 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 7 / 48