

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年12月30日(30.12.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/198409 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/066765
- (22) 国際出願日: 2014年6月25日(25.06.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮崎 泰三 (MIYAZAKI Taizou); 〒1008280
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会
社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒
1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号
株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): 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, LT, 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, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

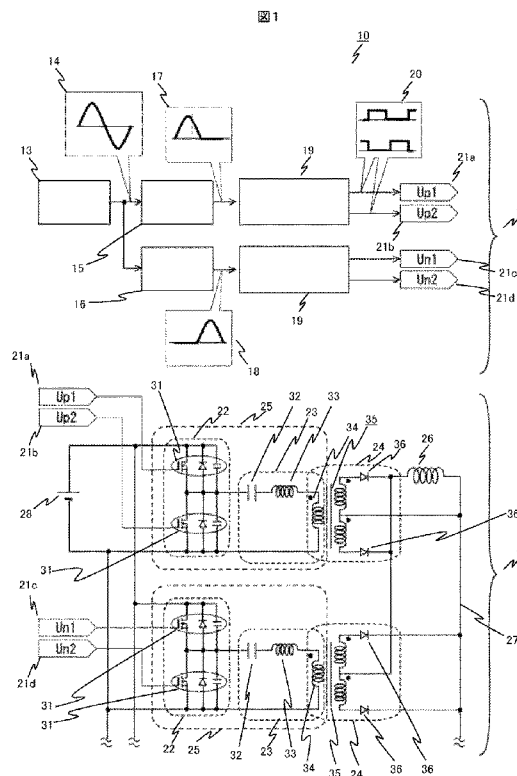
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条
(1))

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE AND ACTUATOR USING SAME

(54) 発明の名称: 電力変換装置およびそれを用いたアクチュエータ



(57) Abstract: A power conversion device is equipped with two or more multi-resonance units each equipped with a pulse generation circuit at the previous stage of a multi-resonance circuit having a plurality of resonance points. A pulse control means for controlling said pulse generation circuit selects and operates the multi-resonance units in accordance with the positive or negative of a voltage command signal of the power conversion device and enables the multi-resonance units to be operated on an application requiring both polarities, thereby enabling an applied voltage to be increased. Alternatively, the power conversion device is provided with a multi-resonance unit equipped with a pulse generation circuit at the previous stage of a multi-resonance circuit having a plurality of resonance points and has a pulse control means for changing both the frequency and pulse density of said pulse generation circuit, wherein the operation region is set so that the ratio of the upper and lower limits of the transfer function of the multi-resonance circuit becomes equal to 2 or more and circuit constants are determined so that the resonance operation is stable in the operation region, thereby widening the voltage adjustment range and increasing the resolution.

(57) 要約: 電力変換装置において、共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを2個以上備え、前記パルス発生回路を制御するパルス制御手段は、電力変換装置の電圧指令信号の正負に応じて複合共振ユニットを選択動作させ、両極性が必要なアプリケーションで動作させることが可能とし、印加電圧を高く取ることができるようにする。また、電力変換装置において、共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを設け、前記パルス発生回路の周期およびパルス密度の双方を変更するパルス制御手段を有し、動作領域を複合共振回路の伝達関数の下限と上限の比が2以上となるように定め、当該動作領域では共振動作は安定である

ように回路定数を決定することにより、電圧の調整範囲を広く、かつ分解能を高くする。

WO 2015/198409 A1

明 細 書

発明の名称：電力変換装置およびそれを用いたアクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、直流電力源から交流電力に変換する電力変換装置に係る。本発明による電力変換装置は、特に低ノイズであることを求められるアクチュエータを駆動するのに好適である。応用例としては、検査機器などの医療用精密機器と組み合わせて利用されることが想定される介護用のアクチュエータや、筋電センサ等の高精度センサと近接して用いられるウェアラブルアクチュエータなどを駆動する用途を想定している。

背景技術

[0002] パワーエレクトロニクス分野においてスイッチング電源が広く用いられている。スイッチング電源は制御性に優れ、高効率であるが、スイッチングに伴う高周波ノイズが発生する。また、昨今のさらなる省エネルギー化の要求から、高効率、低ノイズのスイッチング方式が求められている。

[0003] この要求に応える技術の一つとして、共振型スイッチング電源が知られている。これはインダクタとコンデンサの共振動作を利用してZVS(ゼロ電圧スイッチング)またはZCS(ゼロ電流スイッチング)を行わせるものである。電圧がゼロ、または電流がゼロの時点でスイッチングを行うことにより理論上はスイッチング損失をゼロに出来る。また、電流、電圧波形も時間とともに緩やかに変化させるため、特に誘導性負荷の場合のサージ電圧発生が少なく、ノイズの発生も抑えられるという特徴がある。

[0004] 共振型スイッチング電源には、2つ以上の共振点を有する回路を用いて発生電圧を調整するものが知られている。なお、簡単のため、2つ以上の共振点を有することを、以降、「複合共振」と記載することとする。

[0005] 複合共振回路を用いたスイッチング電源としては、例えば〔特許文献1〕に開示された方法がある。この方法では複合共振回路は複数のインダクタとコンデンサを組み合わせる構成される。複合共振回路にパルスを印加すると

、そのパルス幅に応じて発生電圧を調整することが可能となる。これによって高効率、低ノイズの可変電圧スイッチング電源を実現するものである。

- [0006] 高効率、低ノイズはスイッチング電源のみならず、モータやアクチュエータに交流電力を与えるインバータでも求められている。インバータにおいても共振の考え方を利用したノイズ低減手段としては、例えば〔特許文献2〕に開示されたものがある。この方法では、まず共振により電力パルスを発生させ、前記電力パルスをスイッチング素子により負荷側へ通過させるか、通過させないかを選択することで、電力パルス密度を制御することで、負荷電力を制御するものである。以降、簡単のためこの方式をPDM(Pulse Density Modulation)と記載する。〔特許文献2〕に記載された方法によってもZVSを実現することが可能であり、高効率、低ノイズ効果が期待できる。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：国際公開番号W02012/101906

特許文献2：特開平09-168208号

非特許文献

- [0008] 非特許文献1：Microchip Technology Inc., Application Notes AN1336, DC/DC LLC Reference Design Using the dsPIC(R) DSC

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 本発明は、モータやアクチュエータに電力を供給する、高効率、低ノイズのインバータを対象としている。インバータはゼロ電圧から最大電圧まで、連続的に動作出来ることが求められる。しかし、スイッチング電源で利用されている複合共振回路方式では、電圧の調整範囲が狭いという課題がある。
- [0010] また、PDM方式を用いた場合、電圧の調整範囲は広いが、分解能が共振周期に依存する。分解能を上げるためには周期を短くする必要があるが、それに伴いスイッチング周波数を高くすることが必要となるため、PDMを用いて分解

能を高めることは困難であった。

課題を解決するための手段

- [0011] 上記課題を解決するために本発明の電力変換器では、共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを2個以上有することを特徴とする。
- [0012] さらに、本発明の電力変換装置は、前記パルス発生回路を制御するパルス制御手段を指令信号の正負に応じて複合共振ユニットを選択動作させることを特徴とする。
- [0013] さらに、本発明の電力変換装置は、前記複合共振ユニットは磁界結合または電界結合される結合部分を有し、前記電力変換器は前記結合部分によって一次側と二次側に分離され、前記電力変換装置は前記一次側と二次側とを着脱する結合器を備えることを特徴とする。
- [0014] また、本発明は生体の運動を補助する補助力を発生するアクチュエータに前記電力変換装置を用いることを特徴とする。
- [0015] また、本発明は前記電力変換装置を有する隔離空間維持ベンチ用アクチュエータにおいて、前記一次側は前記隔離空間維持ベンチの通常環境側に配置され、かつ前記二次側は前記隔離空間維持ベンチの管理環境側にアクチュエータを配置することを特徴とする。
- [0016] また、上記課題を解決するために本発明は、共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを有した電力変換装置において、前記電力変換装置は前記パルス発生回路の周期およびパルス密度の双方を変更するパルス制御手段を備え、前記複合共振回路のパルス制御手段による出力調整下限と上限の比が2以上であることを特徴とする。
- [0017] さらに、本発明の電力変換装置は、前記パルス制御手段は指令信号をサンプリングするサンプリング手段を備え、前記パルス制御手段は指令信号が小さい時に前記サンプリング手段の実行周期を長くすることを特徴とする。
- [0018] さらに、本発明の電力変換装置は、前記パルス制御手段は指令信号の急変を検知する監視手段を有し、前記監視手段は指令信号の急変時に前記サン

リング手段を再実行させることを特徴とする。

発明の効果

- [0019] 本発明では、共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを2個以上電力変換装置に備えることにより、複数相に対して電力制御を行うことが可能になる。一般的に、アクチュエータは2相または3相で駆動される場合が多く、またステッピングモータやSRモータではさらに多い相数を有している。それぞれの相に対して複合共振ユニットを備えることで、高効率、低ノイズという複合共振型スイッチング電源の利点をアクチュエータ駆動用インバータに適用することができる。
- [0020] さらに、本発明では、前記パルス発生回路を制御する制御手段が指令信号の正負に応じて複合共振ユニットを選択動作させることで、一定極性（モノポーラ）動作の複合共振型スイッチング電源を両極性（バイポーラ）が必要なアプリケーションで動作させることが可能になる。これにより、負荷の電流方向を正負に切り替えることができるようになる。モータにおいてはバイポーラ動作させることで印加電圧を高く取ることができるようになり、高トルクモータを実現する場合に有利となる。
- [0021] さらに、本発明では、前記複合共振ユニットは磁界結合または電界結合される結合部分を有し、前記電力変換器は前記結合部分によって一次側と二次側に分離され、前記電力変換装置は前記一次側と二次側とを着脱する結合器を有することによって、電源を有する一次側と負荷を有する二次側とを着脱自在に構成することができる。この構成の場合、一次側と二次側を電氣的に結合するコンタクタを必ずしも必要としない。そのため、樹脂などで結合器部分を覆うことができるため、一次側に直接触れた場合でも、コンタクタなどに直接接触することによる感電等の可能性が減少する。また、負荷交換時にコンタクタの露出がないために、水中環境で負荷（エンドエフェクタ）の交換を行う際に漏電等のおそれが少ないという効果がある。また、コンタクタの露出がないためにアーク放電も起こりづらく、引火性ガスの存在下で作業するアクチュエータに好適である。

[0022] また、本発明では、生体の運動を補助する補助力を発生するアクチュエータに前記電力変換装置を用いることで、本発明の持つ低ノイズの効果が最大限発揮できる。リハビリ用機材や歩行補助用アクチュエータ等では、微小な筋電流をセンサで取得し、フィードバックを行うものがある。本発明によればセンサの誤動作につながるノイズを減らせるため、より信頼性の高いアクチュエータを実現できるという効果がある。また、周辺の医療機器など精密機器への影響も少ないという効果がある。

[0023] また、本発明では、前記電力変換装置を有する隔離空間維持ベンチ用アクチュエータに本発明を適用し、前記複合共振ユニットは前記隔離空間維持ベンチの通常環境側に配置し、かつ前記負荷は前記隔離空間維持ベンチの管理環境側に配置することにより、メンテナンスが容易なアクチュエータを実現できる。ここで、隔離空間維持ベンチとは、生物学的安全キャビネットや半導体製造用クリーンルームなどを想定している。本発明によれば、負荷側はインダクタ、コンデンサ、ダイオードといった受動部品のみで実現することが可能であるため、外部からの電力線の取り込みがなく、負荷全体を被覆することが容易である。したがって、軸受部分にメカニカルシールや磁性流体シールを設けることで、管理環境に放出する汚染は少なくできる。複合共振ユニットはスイッチング回路などの能動素子が必要であり、密閉は難しいが、負荷と複合共振ユニットは分離することができる。負荷を管理環境側に配置し、複合共振ユニットを通常環境側に配置することで、管理環境への悪影響が少なくなるという効果がある。

[0024] また、本発明では、共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを有した電力変換装置であって、前記電力変換装置は前記パルス発生回路の周期およびパルス密度の双方を変更するパルス制御手段を有し、前記複合共振回路のパルス制御手段による出力調整下限と上限の比を2以上とすることによって、電圧の調整範囲を広く、かつ分解能を高くすることができるという効果がある。

[0025] さらに、本発明では、前記パルス制御手段は指令信号をサンプルするサン

プリング手段を有し、前記パルス制御手段は指令信号が小さい時に前記サンプリング手段の実行周期を長くすることによって、指令信号が小さい場合でも分解能を確保することができる。

[0026] さらに、本発明では、前記パルス制御手段は指令信号の急変を検知する監視手段を有し、前記監視手段は指令信号の急変時に前記サンプリング手段を再実行させることによって、応答性を確保することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は本発明による電力変換装置の構成図を示す。

[図2]図2は複合共振回路の動作説明図を示す。

[図3]図3は伝達関数のグラフ表示を示す。

[図4]図4は指令信号の量子化例を示す。

[図5]図5はゲート信号と出力電圧を示す。

[図6]図6はパルス幅修正の一実施例を示す。

[図7]図7はパルス制御手段の動作フローチャートを示す。

[図8]図8はバイポーラ動作を行う電力変換器主回路の一実施例を示す。

[図9]図9はユニポーラ動作を行う電力変換器主回路の一実施例を示す。

[図10]図10は主回路をLCC共振回路で構成した一実施例を示す。

[図11]図11はLCC等価回路を示す。

[図12]図12は生物学的安全キャビネット内部のアクチュエータの一実施例を示す。

[図13]図13はロボットの手先効果器の実施例を示す。

[図14]図14はパワーアシスト機器の一実施例を示す。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、実施例を、図面を用いて説明する。

[0029] 図1に本発明による電力変換装置の構成図を示す。本図では三相モータ駆動用のインバータとして本発明による電力変換装置を用いる例について示している。電力変換装置10は、電力変換装置は制御手段11と主回路12から構成される。三相モータはU相、V相、W相の3つの巻線により実現されるが、本

図は簡単のためU相のみを示している。

[0030] まず、制御手段11の構成について説明する。指令信号作成手段13はU相に与える電圧指令信号を作成し、所望のトルクや速度に応じて電圧指令を作成する。指令信号作成手段13からは指令信号14が出力され、図にはそのイメージを示している。指令信号14は正側信号抽出手段15および負側信号抽出手段16に送られる。正側信号抽出手段15は指令信号14の負の部分を取り切った信号を生成する。正側信号抽出手段15からは生成された正側信号17が出力される。図には正側信号17のイメージを示している。負側信号抽出手段16は指令信号14の正の部分を取り切って、その絶対値を取った信号を生成する。負側信号抽出手段16からは生成された負側信号18が出力される。図には負側信号18のイメージを示している。

[0031] 正側信号17、負側信号18は、互いに独立した個別のパルス制御手段19に送られる。正側信号を入力するパルス制御手段19には19a、負側信号を入力するパルス制御手段19には19bと付番した。パルス制御手段19は入力された正側信号17、または負側信号18から主回路12を動作させるゲート信号20を発生する。パルス制御手段19の動作については図を改めて後述する。

[0032] 本図においてはパルス制御手段19一つ当たり、ゲート信号20を2つ発生する。本図ではパルス制御手段19が2つあるため、ゲート信号は4つ発生する。発生したゲート信号20にはラベル21を付加するであり、同じ名前を持つ主回路12中のラベルと電氣的に接続される。図中では4つのゲート信号にそれぞれゲート信号21a, 21b, 21c, 21dと付番した。

[0033] 次に、主回路12の構成について説明する。主回路12は複数の回路ブロックから構成される。パルス発生回路22、複合共振回路23、全波整流コンバータ24を備える。なお、ここでは全波整流コンバータ24を用いたが、半波整流コンバータでも本発明の効果は失われない。

[0034] 本発明は、パルス発生回路22と複合共振回路23の組み合わせを複数個有することを特徴の一つとする。ここで、パルス発生回路22と複合共振回路23を合わせたものを複合共振ユニット25と記載する。全波整流コンバータ24の出

力はモータコイル26の片側に接続される。モータコイル26の片側は中性点27であり、3相平衡電圧を印加する場合には、通常、中性点27はV相、W相のモータコイル（図示せず）の一方に接続される。

[0035] なお、中性点27を各相ごとに接続しない構成例も可能である。本構成例では全波整流コンバータ24によって直流成分が透過しないため、ある相のパルス発生回路22が短絡故障した場合でも故障相のモータコイル26には影響が出てこない。したがって、故障時に二相のみを用いた縮退運転も可能であるという利点がある。

[0036] 本図による電力変換装置は直流電源28の有する電力をモータ（図示せず）駆動用の3相交流電力に変換するものである。

[0037] パルス発生回路22はスイッチング素子31によるブリッジにより実現される。スイッチング素子31はトランジスタ、MOS-FET、IGBT等によって実現される。MOS-FETは比較的高速なボディダイオードを素子内に有し、またドレインソース間寄生容量を利用したゼロ電圧スイッチング（ZVS）やゼロ電流スイッチング（ZCS）を行なうことができるため、ここではMOS-FETを図示している。なお、ZVSやZCSの動作については公知であるため省略する。

[0038] 複合共振回路23は共振容量32、共振インダクタンス33、トランス磁化インダクタンス34から構成される。共振インダクタンス33はトランス35の漏れインダクタンスによって実現してもよい。複合共振回路の動作については後述する。

[0039] 全波整流コンバータはトランス35とダイオード36によって実現される。トランスの1次側には共振によって生成された交流電圧がかかり、トランスによって2次側に送られる。2次側に送られた交流電圧はダイオード36を2つ用いることによって、時間的に変化する直流電圧に変換される。なお、全波整流コンバータ24は正の電圧のみ発生するため、バイポーラ駆動を行うために、複合共振ユニット25およびそれに取り付けられる全波整流コンバータ24を2セット用いる。1セットはモータコイル26の片側に、またもう1セットは

モータコイル26の反対側に接続する。このことにより、モータコイル26両端の電位差を正負両方にすることが可能になる。

[0040] 次に、図2を用いて複合共振回路23の動作について説明する。

[0041] 一般的な共振回路は、共振容量1個と共振インダクタ1個を結合して構成する。この時の共振周波数は〔数1〕で計算される。ここでLはインダクタンス、Cはキャパシタンスの値である。

[0042] [数1]

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

[0043] 図2で示す複合共振回路23は共振容量1個と共振インダクタ2個を直列に接続することによって構成されている。図1の共振インダクタンス33とトランス磁化インダクタンス34は図2における2個の共振インダクタに対応する。このような回路構成はL L C複合共振回路と呼ばれる。この回路は、伝達線路共振回路37における共振周波数 f_r と、複合共振回路23全体で見たときの共振周波数 f_{r2} とが存在し、数1で示した一般的な共振回路とは周波数特性が変化する。伝達線路共振回路37の共振周波数 f_r と複合共振回路23の共振周波数 f_{r2} の計算式を数2、数3に示す。

[0044] [数2]

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}}$$

[0045] [数3]

$$f_{r2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m)C_r}}$$

[0046] この時、図2中の入力電圧 V_{in} の絶対値とトランス磁化インダクタンス34の両端電圧 V_{out} の絶対値によって定義される伝達関数を $M(f)$ とする。なお、ここで f は V_{in} の周波数を表す。 $M(f)$ の定義を数4に示す。

[0047] [数4]

$$M(\omega) = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right|$$

[0048] 以降の説明の便宜のため、 f を第一の共振周波数で正規化した f_n を定義する。 f_n の定義式を数 5 に示す。

[0049] [数5]

$$f_n = \frac{f}{f_r}$$

[0050] 今、線形を仮定して伝達関数 $M(f)$ を正規化周波数 f_n で表した $M(f_n)$ を計算すると、数 6 のようになる。

[0051] [数6]

$$M(f_n) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{(2\pi f_n)^2}\right)\right)^2 + \left(Q \left(2\pi f_n - \frac{1}{2\pi f_n}\right)\right)^2}}$$

[0052] ここで、 λ は数 7 で定義される。また、 Q はいわゆる Q 値（散逸エネルギー比）であり、負荷のインピーダンスと入力経路の特性インピーダンスによって決まる値である。

[0053] [数7]

$$\lambda = \frac{L_r}{L_m}$$

[0054] 図 3 は [数 6] であらわされる伝達関数をグラフ表示したものである。図 3 のように、複合共振回路は入力周波数に応じてトランス磁化インダクタンス 34 の両端電圧波高値を変化させる。なお、図 3 中で、伝達関数を $M(f)$ を最大にする周波数 41、スイッチング素子限界周波数 42 である。伝達関数を $M(f)$ を最大にする周波数 41 以下の周波数では、ZVS、ZCS によるノイズ低減効果を得ることが難しいため、LLC 複合共振回路は伝達関数を $M(f)$ を最大にする周波数 41 以上周波数で用いる。LLC 複合共振回路は理論上伝達関数を $M(f)$ を最大にする周波数 41 とスイッチング素子限界周波数 42 の間の周波数で動作できる。なお、伝達関数を $M(f)$ を最大にする周波数 41 付近は安定性が悪くなり、また正規化周波数 f_n が 1 より大きいところではスイッチング周波数の増加に対する伝達関数 $M(f)$ の感度が小さい。したがって、今後の説明では示された動作領域 43 駆動することにする。動作領域 43 は伝達関

数 $M(f)$ が1から2の範囲内となるように決めたものであり、この範囲内で共振動作は安定であるように回路定数を決定する。このように設定すると、パルス発生回路22から複合共振回路23に与える周波数を変えれば、トランス磁化インダクタンス34にかかる電圧が変化し、トランス35の二次側に現れる電圧もそれに伴って変化する。したがって、モータコイル26にかかる電圧を変化させることができることになる。制御の容易さから、パルス発生回路22は周波数そのものではなく、パルスのデューティ比をパルス制御手段19によって変化させることで同様の効果を持たせる。LLC共振回路についての詳細な説明は、例えば〔非特許文献1〕に示すマイクロチップ・テクノロジー社の発行しているアプリケーションノートAN1336に記載されている。

[0055] 次に、パルス制御手段19の動作について説明する。

[0056] パルス制御手段19では、まず入力した指令信号の量子化を行う。図4は正側信号17を4つのレベルに量子化した例を示している。図においてサンプリング周期51、量子化後の量子化信号52を示している。一般的な量子化では、誤差が最小となるように量子化を行うが、本図では量子化信号52が原信号(=正側信号17)を超えない最大値となるように決定する。量子化信号52が0となった場合の処理については後述する。

[0057] 図5を用いて、図4の破線で囲んだ量子化信号52に対して、作成されるゲート信号20(Up1及びUp2)及びモータコイル26に現れる電圧 U_{out} を示す。本例ではまずサンプリング周期51内のパルス数をまず決定する。ここでは4つのレベルに量子化しており、信号レベルが最大(4/4)のとき、サンプリング周期内で4セット、パルスを発生させる。信号レベルが3/4の時は3セット、2/4の時は2セット、1/4の時は1セットとする。これは、サンプリング時間におけるパルス数の密度を変化させることを意味し、一般的にはPDM(Pulse Density Modulation)と呼ばれる技術である。なお、パルス発生回路22内部には2個のスイッチング素子31があり、これらはペアで動作するため、サンプリング周期内に $4 \times 2 = 8$ 個のパルスが入る時間を設ける。このパルスが入る時間のことをタイムスロットと称し、図5では

タイムスロット53で示した。タイムスロット2個まとめたものをタイムスロットペア54と表す。各タイムスロットには、1aから4bまで付番している。ここで最初の数字がタイムスロットペア54の通し番号であり、「a」はパルス発生回路22において、上アーム側のスイッチング素子31のゲート信号を発生させるタイムスロットを意味する。また「b」は下アーム側のゲート信号を発生させるタイムスロットを意味する。量子化結果が3/4の時、パルスは3セット発生させればよく、最初の数字が等しいタイムスロット53のaとbはペアで動作するため、4つのタイムスロットペア54のうち3つは動作させ、1つは休止する。どのスロットペアを休止させるかは任意性があるが、図ではタイムスロットペア2を休止させている。PDM信号を作成する方法としては、 $\Delta\Sigma$ 変換などの公知技術を流用可能である。図5においてタイムスロット間隔55については t_s と記載する。1パルスの長さ56については t_{on} と記載する。

[0058] PDMのみでは原信号と量子化信号52との間に誤差 ε が生じるため、この誤差を補正するために図3で示した周波数特性を用いる。すなわち、パルス発生回路22が発生するパルス幅を変化させて、出力の大きさを微調整する。

[0059] 図6はパルス幅修正の一実施例である。ここで、1パルスの長さ56は $2\pi f_n t_0 = 1$ を満足するパルス幅である。〔数5〕と $f=1/t_0$ の関係式を用いると、 $t_0 = 2\pi / f_r$ で算出することができる。なお、周波数 f_r は〔数2〕で表される。

[0060] パルス幅を t_0 から大きくして行くと、パルスの周期が小さくなり、図3で示した動作領域では伝達関数 $M(f)$ が大きくなる。その結果 U_{out} のパルス波高値はパルス幅が t_0 の場合と比較して高くなる。それに伴い、パルス一つ当たりの面積が増える。このことによってモータコイル26に印加する電力を微修正することができる。

[0061] 上記のように複合共振回路の特性を利用して微修正を行う場合、その微修正の幅はパルスが信号レベルが小さいほど大きく必要となる。今、伝達関数 $M(f)$ の最大値を2、最小値を1としたため、最大値と最小値の比は2である

。この時、パルス幅は連続的に変化させることができるとすると、信号レベル $1/4$ と $2/4$ の間の領域は誤差なく実現することができる。 $2/4$ 以上の領域はさらに小さい修正で良いため、結果として $1/4$ 以上の領域でPDMに起因する誤差をなくすことができる。これはタイムスロットペア数が4の場合に限らず、任意の2以上の自然数 N に関して成立し、信号レベル $1/N$ 以上の領域で誤差をなくすように調整することができる。

[0062] この特性は、特に出力調整下限が1で、出力調整上限を2とした図3による仮定の場合に限らず、出力調整下限と上限の比が2以上であれば同様の効果が得られる。

[0063] 0から $1/4$ の範囲では、上記の方法によっては誤差 ε を0にすることは出来ないが、この範囲はモータでは出力トルクが非常に小さく、時間変化が小さい領域である。したがって、サンプリング周期 51 を充分広くとっても実用上問題ない。例えば、サンプリング周期 51 を4倍にして、パルススロット数を16とすると、 $1/16$ 以上の領域においてPDMに起因する誤差をなくすことができる。モータ用インバータの場合、必要に応じて出力をサンプリング周期の設定によって小さくしていくことが可能である。なお、サンプリング周期を大きくしている状態で、急に大出力が必要になった場合には、割り込みによりサンプリング周期を再設定することで対処可能である。

[0064] 図7に以上述べたパルス制御手段19の動作を説明したフローチャートを示す。

[0065] ステップ701(以下、S701と称す)は開始ノードであり、ここからプログラムが開始される。

[0066] ステップ702では、標準サンプリング周期： $T0$ 、標準タイムスロット数： $Ns0$ 、最大タイムスロット数： $Nmax$ 、入力信号最大値： $vmax$ について初期設定を行う。

[0067] S703において、サンプリング周期 51 とタイムスロット 53 の数(Ns)を初期値に設定する。その後、2つの動作を並行動作させる。一方は主制御処理で、もう一方は入力監視処理である。主制御処理はゲート信号 20 を作成し、入力

監視処理では入力之急変していないかどうかを監視する。

[0068] 主制御処理ではまずS704において、入力信号をサンプルホールドし、量子化を行う。量子化結果が0、1以外の場合には、S705において量子化結果補正処理を行う。これは原信号（ここでは正側信号17）より量子化信号52が大きければ、量子化結果から1を引く操作である。量子化結果が0ならば(S706)、サンプリング時間51(T)とタイムスロット53の数(Ns)を二倍にする操作を量子化結果が1以上になるまで繰り返す(S708, S709, S711)。一定回数(Nmax)以上試みても量子化結果が1以上にならない場合には、S710においてオン時間56(ton)を0とし、パルス発生をサンプリング周期51(T)の間休止する。

[0069] この後、S715において量子化誤差 ε が0となるオン時間tonを求め、S716でゲート信号20を作成・出力する。ゲート信号20の出力後、サンプリング時間51(T)待機する(S717)。なお、この待機状態は入力之急変した際に入力監視処理によって割り込みが行われ、キャンセルされる。入力監視処理ではS712において入力信号を監視し、S713において所定の電圧変化率を超えているかどうかを判定する。その結果、基底値を超えていればS714で割り込みを発生し、S717における待機状態を解除する。S718は注釈である。電圧変化率が基底値内の場合にはS712の監視状態に戻る。このことによって電圧急変時であっても高速応答性が確保できる。

[0070] 図8はバイポーラ動作でモータを駆動させる本発明による電力変換器の主回路12の一例である。本図において、分離可能線60であり、主回路12はトランス35の一次側と二次側とで一次側61と二次側62とに分離できる。一次側61と二次側62とをエネルギー的に接続するには本例の場合磁気結合を用いており、電氣的なコンタクトを必要としないという特徴がある。このため、二次側62を完全密閉することが容易であり、二次側62は水中や、腐食雰囲気といった電氣的に過酷な環境であっても対応が可能となる。一次側61は通常環境に設置し、隔壁を用いて二次側62を隔離環境に設置するアプリケーションに好適となる。また、二次側62側はインダクタ、ダイオードといった受動部品のみで構成されており堅牢で、メンテナンス回数も低減できるという利点を

有する。

[0071] この構成は、複合共振ユニット25一個について2個のスイッチング素子を用いる。バイポーラ動作では二個の複合共振ユニットを組み合わせて一相のモータコイル26を駆動する。本構成例ではU, V, Wの三相あるため、スイッチング素子総数は $2 \times 2 \times 3 = 12$ 個となる。

[0072] 図9にユニポーラ動作でモータを駆動させ、スイッチング素子を半減した主回路12の一実施例を示す。本図において中性点27を基準電位63とした。この構成では一相について複合共振ユニット一個でよく、スイッチング素子総数は6個で構成される。

[0073] 以上LLC共振回路を用いた本発明による電力変換装置の説明を行ったが、本発明の主旨を変えない複合共振回路であれば同様の効果が得られる。

[0074] 図10は主回路12をLCC共振回路で構成した例を示す。

[0075] 図10において、電界カップリング64は二枚の導電板を近接配置したものであり、電気回路的にはコンデンサと等価である。中性点実現コンデンサ65は一次側61内で中性点電圧を作成するものである。ここで基準電位63は中性点27としている。この構成でも電界カップリング間に分離可能線60が存在し、分離可能線60の両側で一次側61と二次側62とに分離できる。

[0076] 図11は図10の等価回路である。インダクタ66と、コンデンサ67を備えている。伝送線路共振部37はインダクタ66とコンデンサ67で構成され、複合共振回路23はインダクタ66とコンデンサ67二個で構成される。この構成であってもLLC複合共振回路を用いた場合と同様の考え方で電力変換装置を構成することができる。

[0077] 次に、本電力変換器を用いたアクチュエータの実施例について説明する。

[0078] 図12は生物学的安全キャビネット内部のアクチュエータに本発明による電力変換装置を用いた一実施例を示す。生物学的安全キャビネット71は伝染性細菌や遺伝子組換え細胞など外部に漏れてはならない生物試料の操作に用いられる機器である。吸気フィルタ72, 排気フィルタ73は、試料と通常環境とを完全に隔離、管理するために設けられる。培養、観察など、外部から

行う操作はグローブ74を用いて直接操作者が生物試料に接触しないように行われている。

[0079] 生物学的安全キャビネット71は生物試料の導入、廃棄などの際、外部とのやり取りが必要となるが、その際、生物学的安全キャビネット71の内部の滅菌操作が必要となる。また、滅菌のための薬剤投入ポート75を備えている、薬剤76としては、ホルムアルデヒドや過酸化水素水などが用いられる。ホルムアルデヒドは酸化することでギ酸となり、金属材料を腐食しやすい。また、過酸化水素水は強酸化剤であり、金属材料に錆を発生させる原因となるため、生物学的安全キャビネット71内に機械装置を設置する場合には酸、錆に対する対策が必要であった。

[0080] この実施例において本発明による電力変換器を用いたアクチュエータ77を備える。このようなアクチュエータ77は、例えば部品棚78に設置された培養容器のハンドリングに用いられる。アクチュエータ77は1次側を通常環境に、また2次側を隔離された空間（管理環境）内に配置したことが特徴である。本発明による電力変換器の二次側は密閉が容易であるため、関節部のシーリングを別途行うことで、薬剤76の散布による腐食、酸化の影響を極力小さくすることが可能である。

[0081] 図13はロボットの手先効果器に本発明による電力変換装置を用いた一実施例を示す。ここでは手先効果器80を示し、ロボットの手先に取り付けられて把持、回転などの操作を行うものを指す。図13には手先効果器として80a、80bを図示している。手先効果器80a、80bは結合機構81によって一次側61に取り付けられ、互いに交換可能である。また、直動アクチュエータ82、把持機構83、回転アクチュエータ84、ウィンチ85を示している。本発明による電力変換装置は電力変換装置そのものの発生ノイズが少なく、さらに1次側61と2次側62とに電氣的なコンタクトがないために、図のように手先効果器80を交換可能な構造としてもノイズシールドが容易であるという利点がある。

[0082] 図14は本発明による電力変換器をアクチュエータとして用いたパワーアシスト機器である。ここで、パワーアシスト機器90が人体91に接触して装着

されている。表面筋電位センサ92は筋肉の収縮、伸展によって筋電位が変化した際に人体91表面に現れる微小電位を測定する。表面筋電位センサ92の測定結果は上位制御系に送られ、アシスト量が決定される。表面筋電位センサは非侵襲による測定が可能であるが、測定する電圧が微小であるため、ノイズによって信号が劣化しやすい。本発明による電力変換器は発生ノイズが少ないため、より正確な筋電位が測定でき、使用者の意図を正確に汲み取ったアシストが可能になる。

請求の範囲

- [請求項1] 共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを2個以上有することを特徴とする電力変換装置。
- [請求項2] 請求項1において、前記パルス発生回路を制御するパルス制御手段は指令信号の正負に応じて前記複合共振ユニットを選択動作させることを特徴とする電力変換装置。
- [請求項3] 請求項1において、前記複合共振ユニットは磁界結合または電界結合される結合部分を備え、前記電力変換器は前記結合部分によって一次側と二次側に分離され、前記電力変換装置は前記一次側と前記二次側とを着脱する結合器を備えることを特徴とする電力変換装置。
- [請求項4] 請求項3記載の電力変換装置を備えて、生体の運動を補助する補助力を発生するアクチュエータ。
- [請求項5] 請求項3記載の電力変換装置を備えた有する隔離空間維持ベンチ用アクチュエータにおいて、前記一次側は前記隔離空間維持ベンチの通常環境側に配置され、かつ前記二次側は前記隔離空間維持ベンチの管理環境側に配置されたことを特徴とするアクチュエータ。
- [請求項6] 共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを有した電力変換装置において、前記電力変換装置は前記パルス発生回路の周期およびパルス密度の双方を変更するパルス制御手段を備え、前記複合共振回路のパルス制御手段による出力調整下限と上限の比が2以上であることを特徴とする電力変換装置。
- [請求項7] 請求項6において、前記パルス制御手段は指令信号をサンプルするサンプリング手段を備

え、

前記パルス制御手段は指令信号が小さい時に前記サンプリング手段の実行周期を長くすることを特徴とする電力変換装置。

[請求項8]

請求項7において、

前記パルス制御手段は指令信号の急変を検知する監視手段を有し、
前記監視手段は指令信号の急変時に前記サンプリング手段を再実行させることを特徴とする電力変換装置。

補正された請求の範囲
[2014年11月7日(07.11.2014)国際事務局受理]

- [請求項 1] (削除)
- [請求項 2] (削除)
- [請求項 3] (削除)
- [請求項 4] (削除)
- [請求項 5] (削除)
- [請求項 6] (補正後) 共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを有した電力変換装置において、
前記パルス発生回路は所望のトルクや速度に応じて電圧指令を入力とし、前記パルス発生回路を駆動するゲート信号を出力とし、
前記電力変換装置は前記ゲート信号のパルス幅およびパルス密度を変化させるパルス制御手段を備え、
前記ゲート信号のパルス幅の最小値とのパルス幅の最大値との比が2以上であることを特徴とする電力変換装置。
- [請求項 7] (補正後) 請求項6において、
前記パルス制御手段は前記電圧指令をサンプルするサンプリング手段を備え、
前記パルス制御手段は前記電圧指令がサンプリング分解能より小さい時に前記サンプリング手段の実行周期を長くすることを特徴とする電力変換装置。
- [請求項 8] (補正後) 請求項7において、
前記パルス制御手段は前記電圧指令の急変を検知する監視手段を有し、
前記監視手段は前記電圧指令の急変時に前記サンプリング手段を再実行させることを特徴とする電力変換装置。

条約第19条(1)に基づく説明書

1. 補正の内容

請求項6、7および8を補正しました。

請求項1、2、3、4および5を削除しました。

請求項6の補正は、段落 [0030] [0031] [0057] [0058] [0061] [0062] に基づくものです。

請求項7および8の補正は、請求項6の補正に基づくものです。

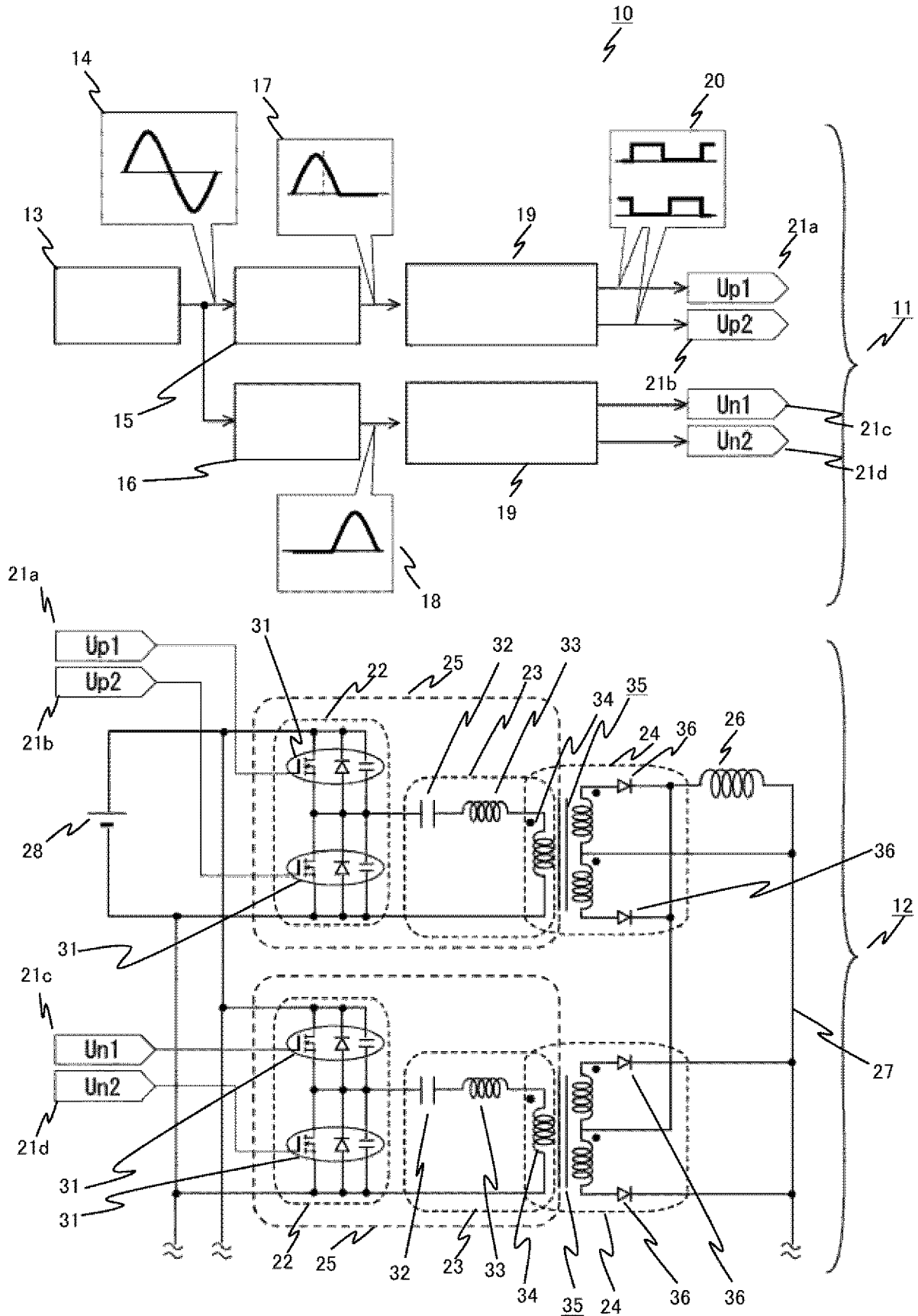
2. 説明

いずれの引用文献についても「共振点を複数個有する複合共振回路の前段にパルス発生回路を備えた複合共振ユニットを有した電力変換装置において、前記パルス発生回路は所望のトルクや速度に応じて電圧指令を入力とし、前記パルス発生回路を駆動するゲート信号を出力とし、前記電力変換装置は前記ゲート信号のパルス幅およびパルス密度を変化させるパルス制御手段を備え、前記ゲート信号のパルス幅の最小値とのパルス幅の最大値との比が2以上である」ことを開示、示唆、動機づける記載はありません。

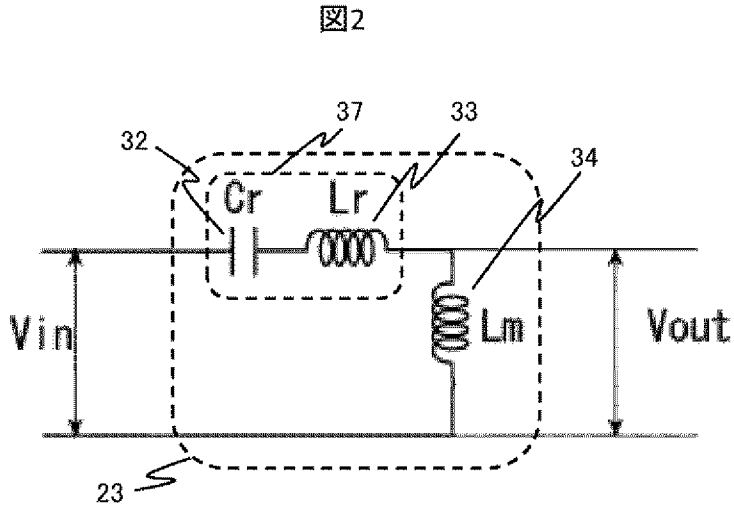
以上

[図1]

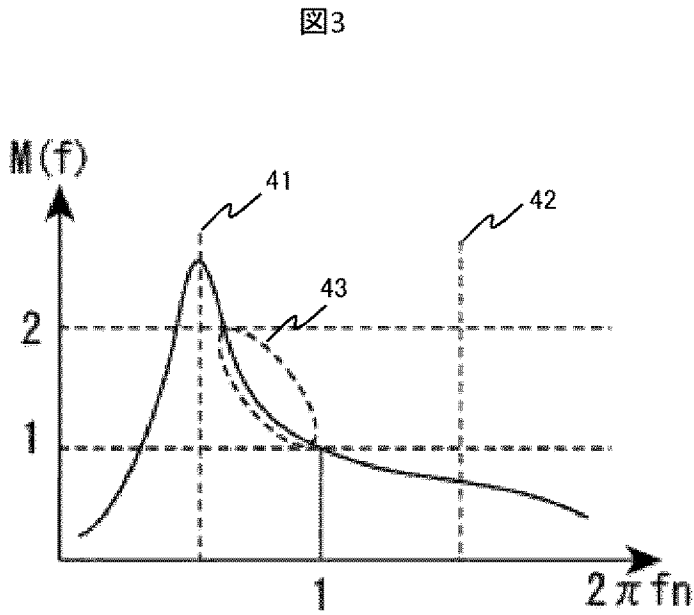
図1



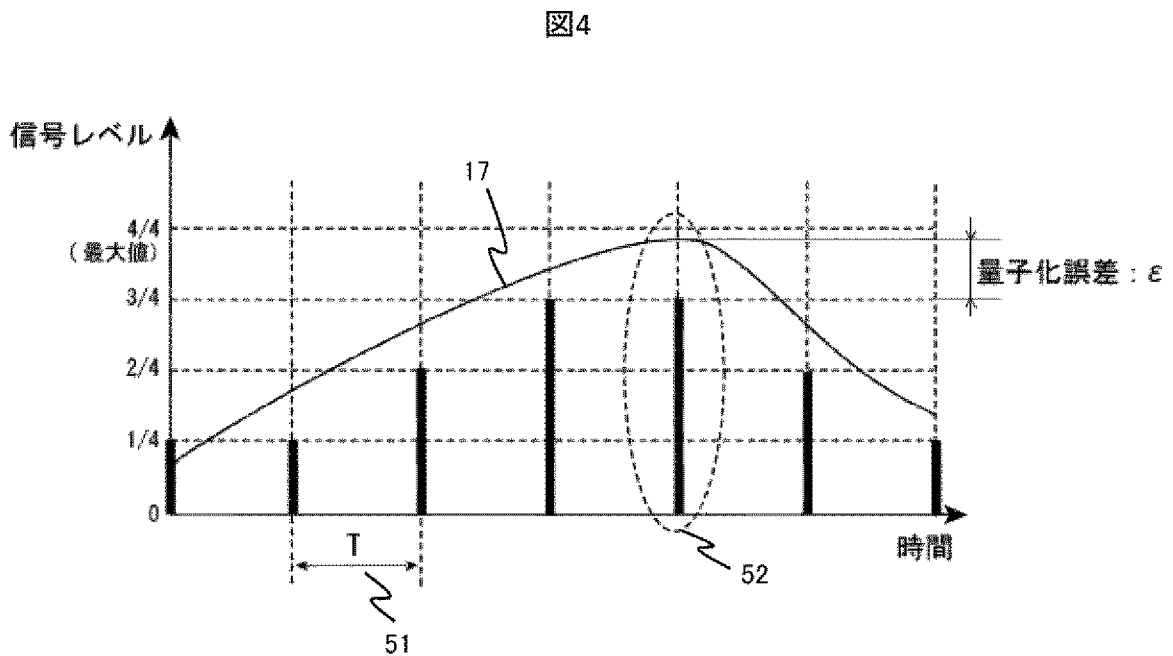
[図2]



[図3]

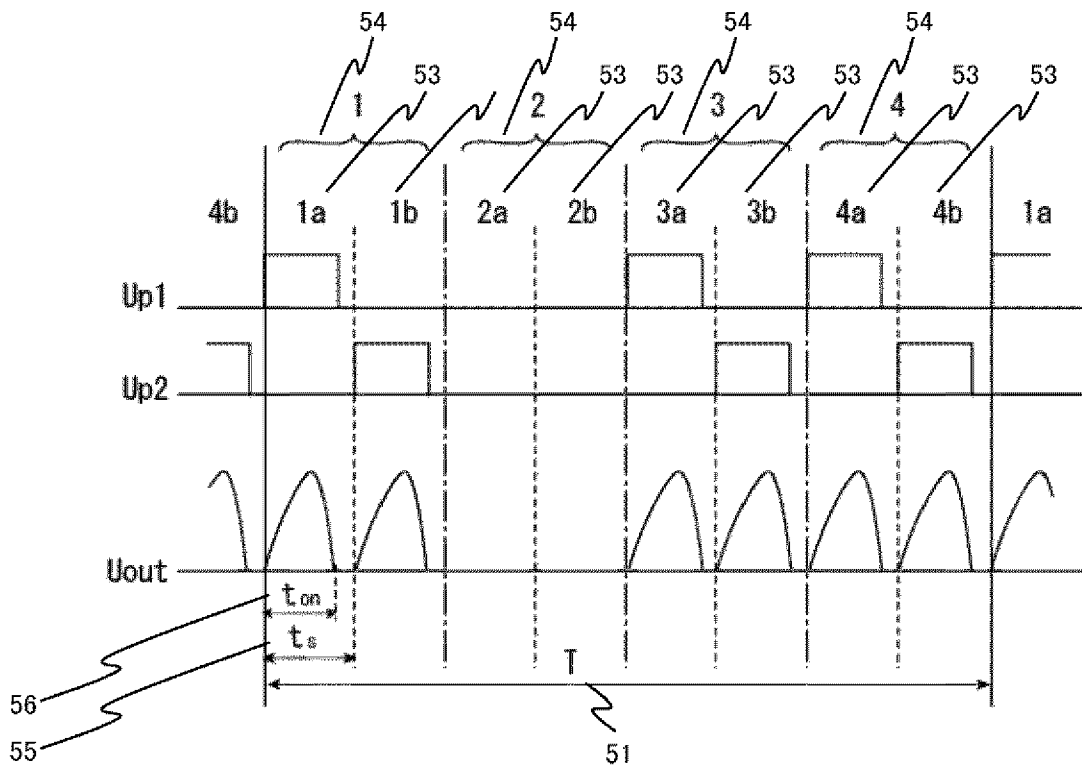


[図4]



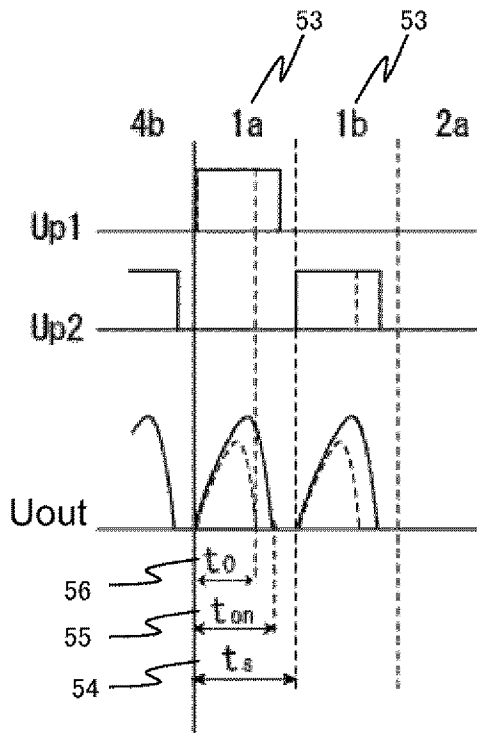
[図5]

図5



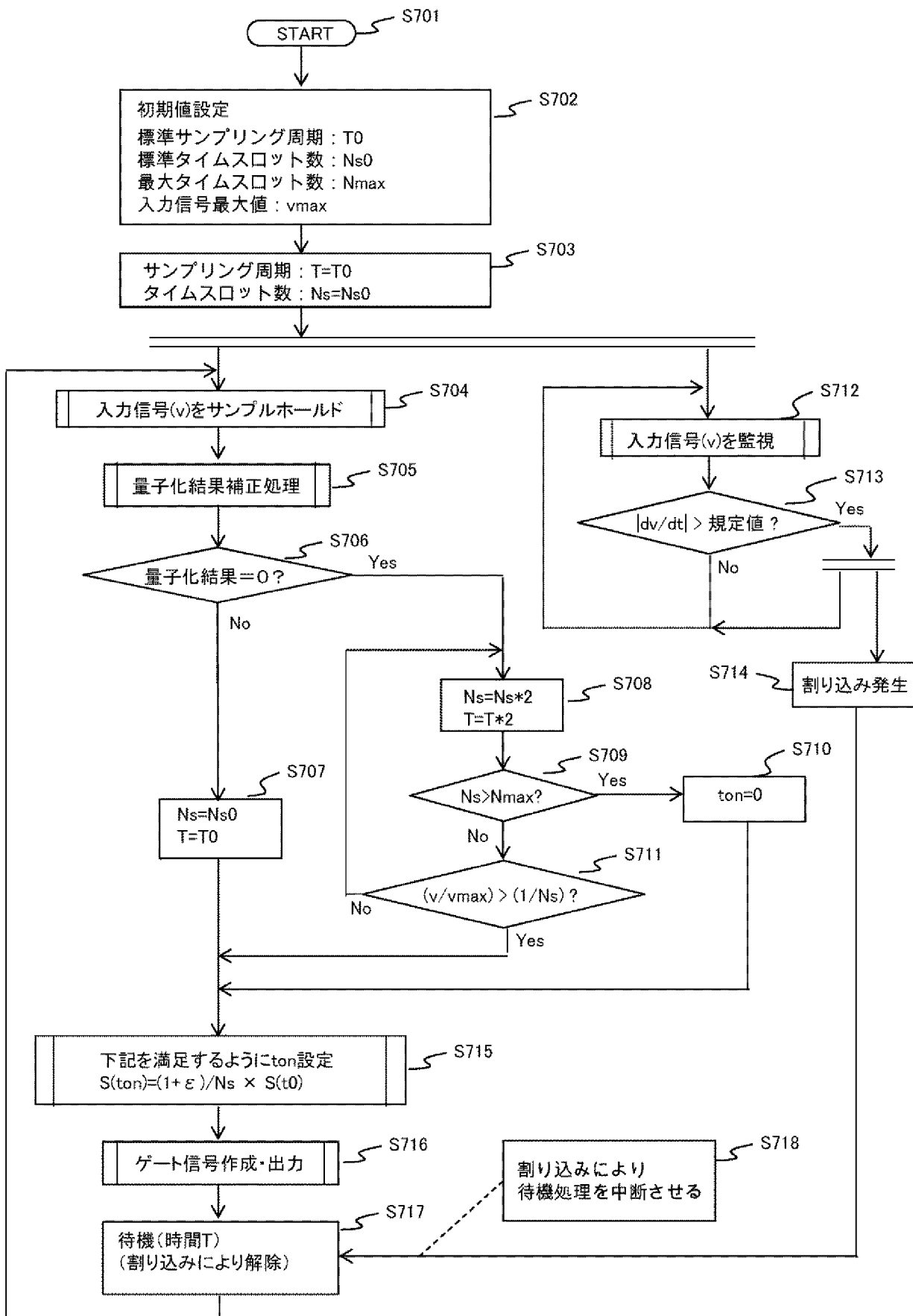
[図6]

図6

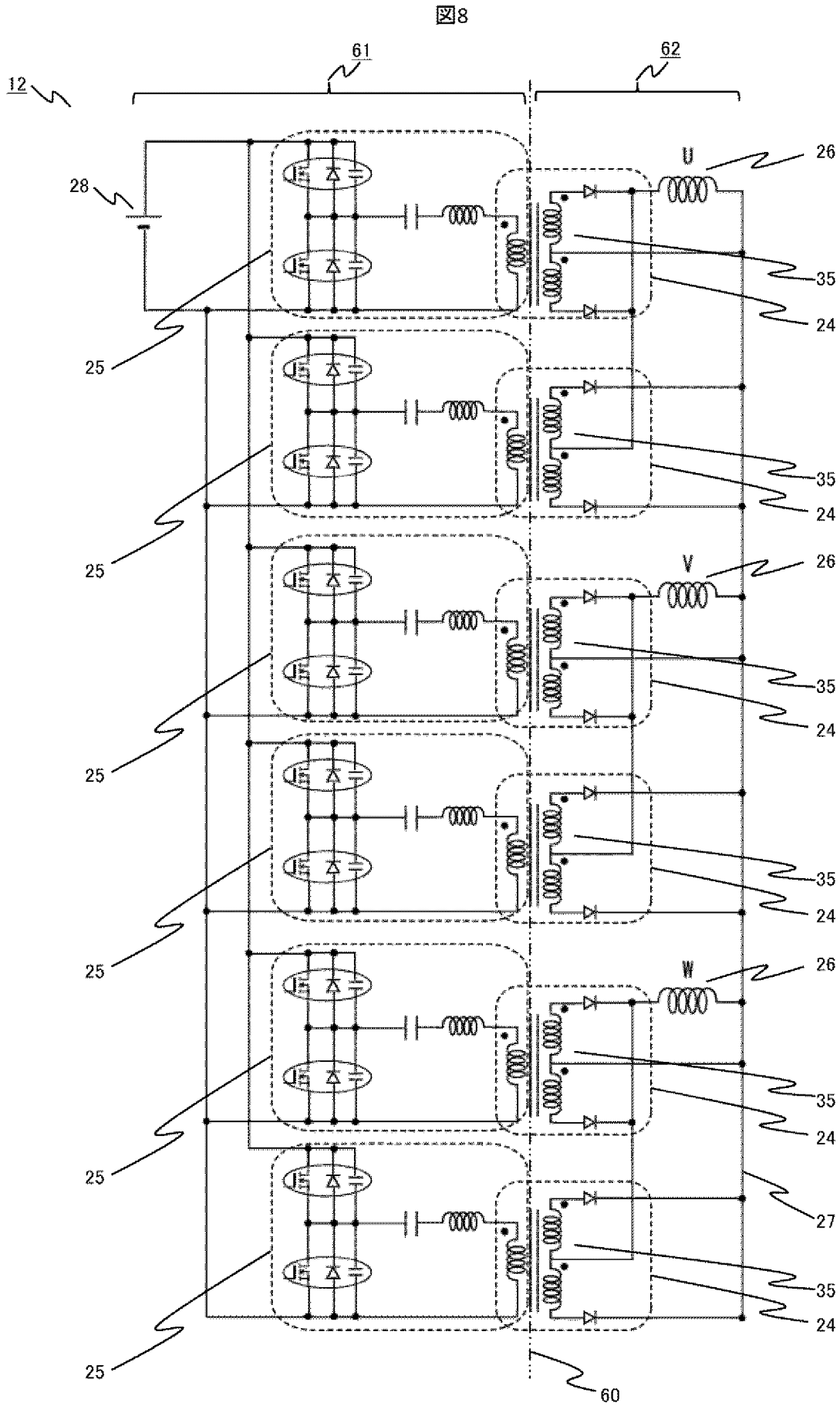


[図7]

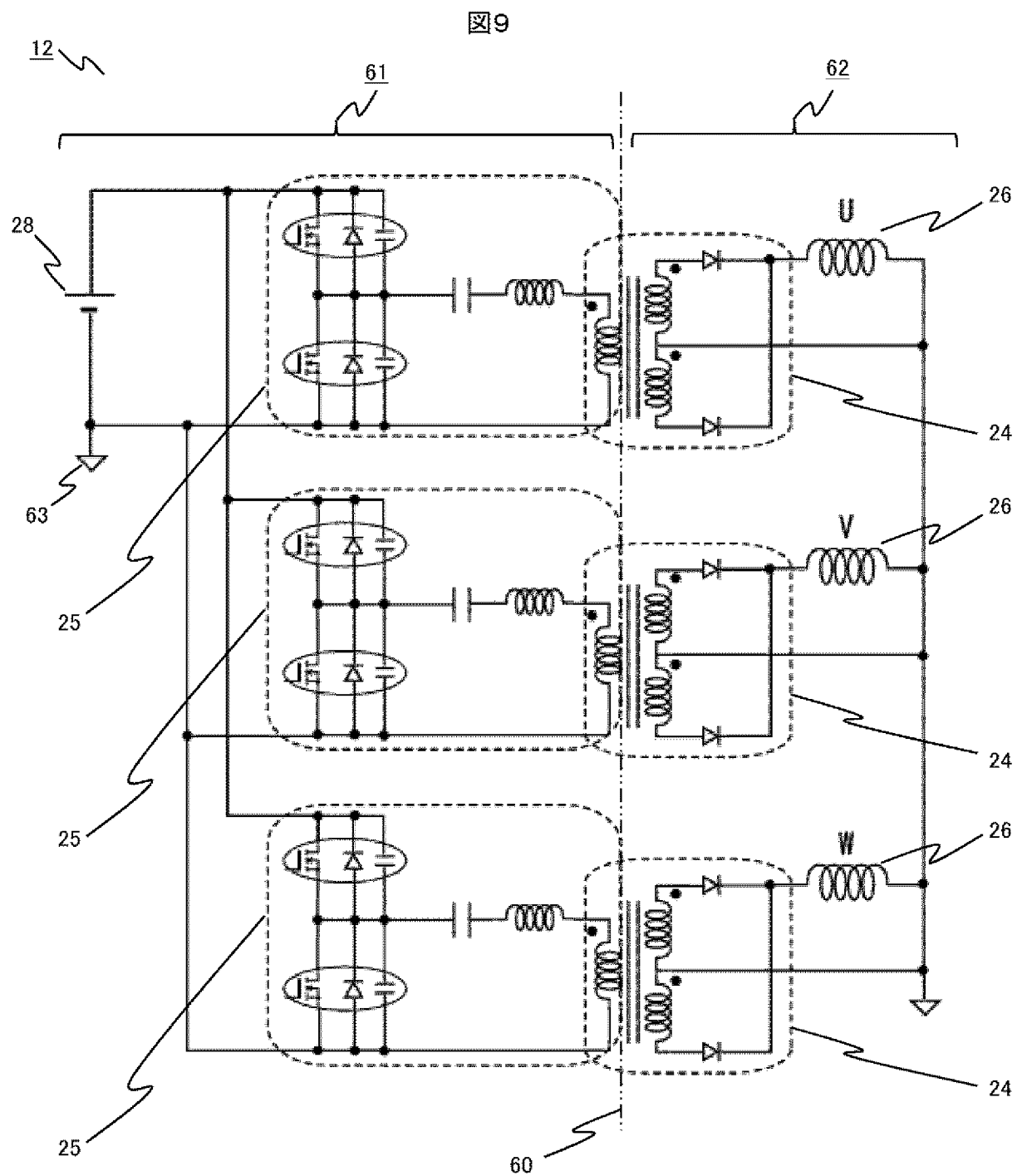
図7



[図8]

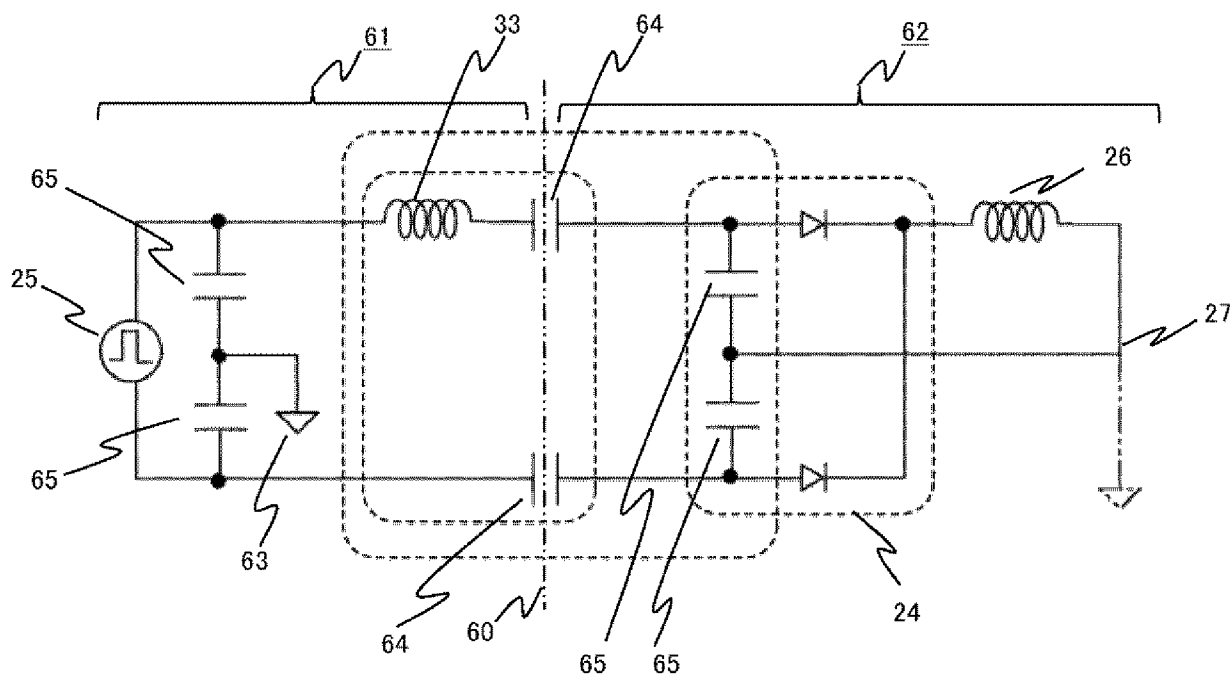


[図9]



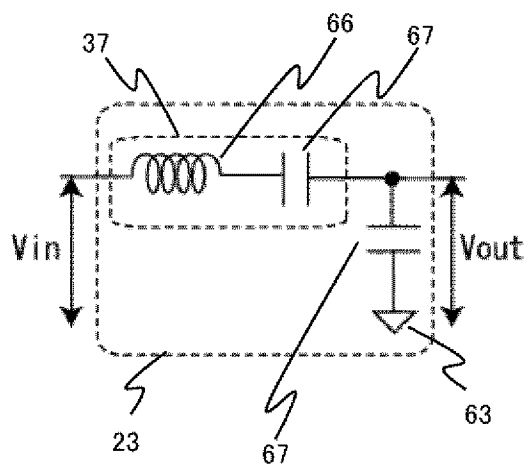
[図10]

図10



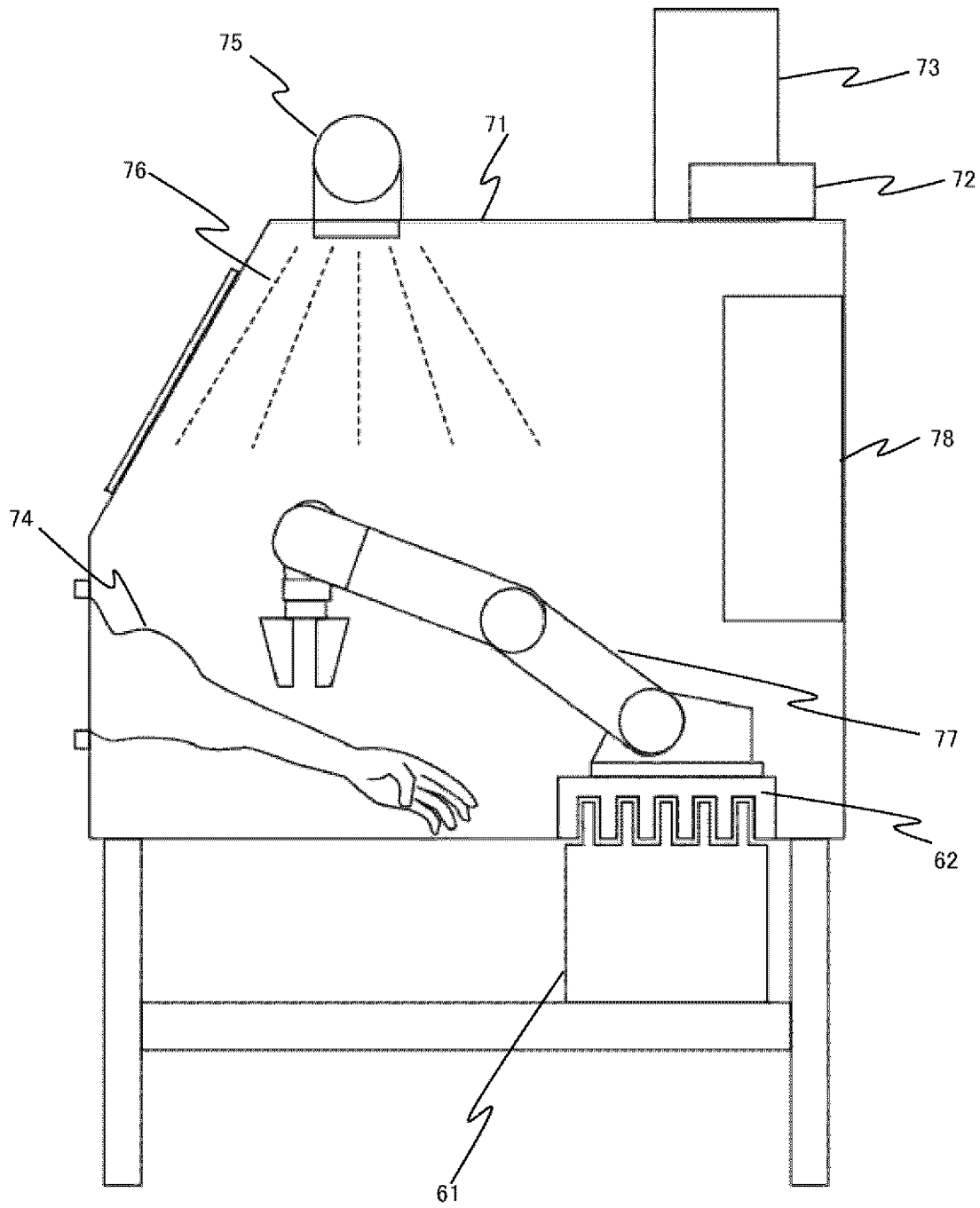
[図11]

図11



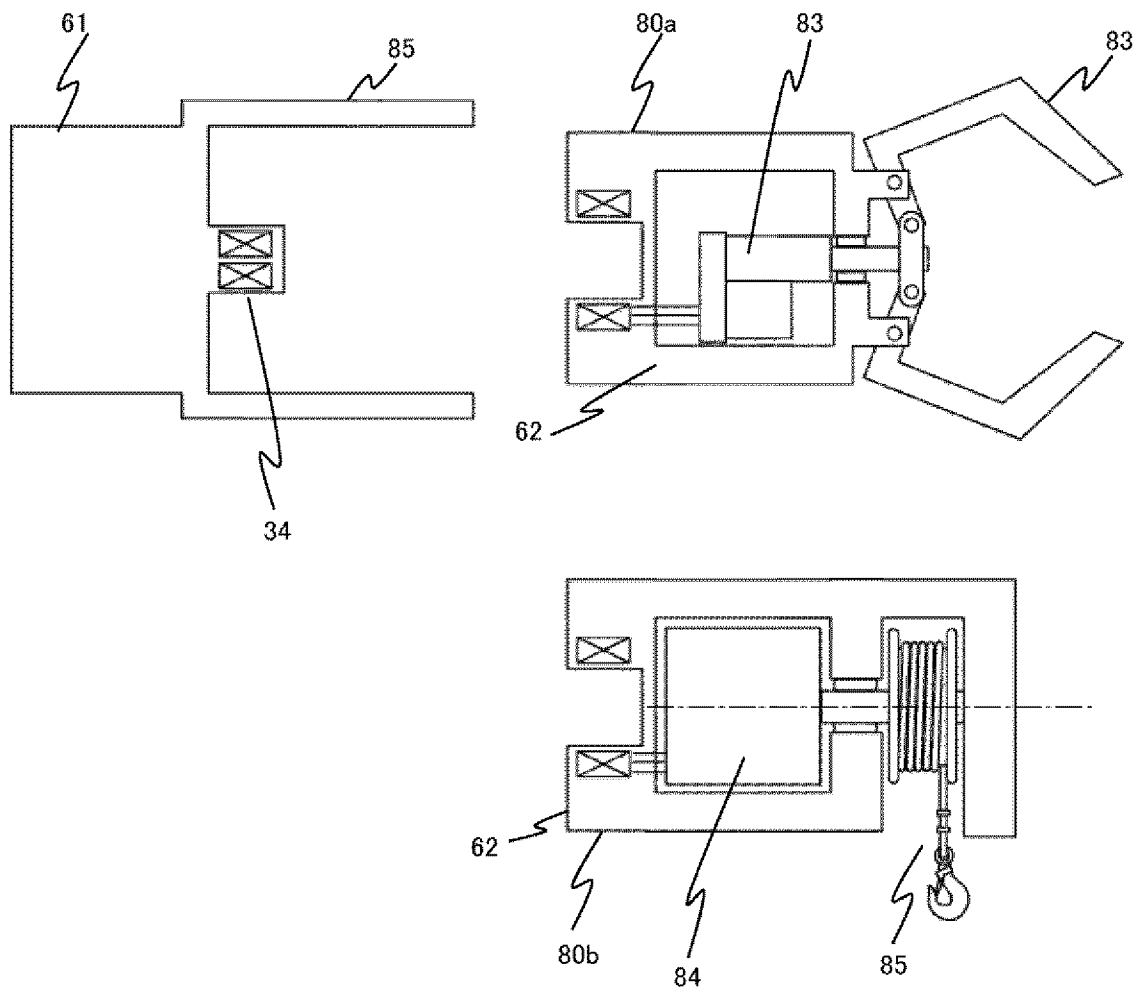
[図12]

図12



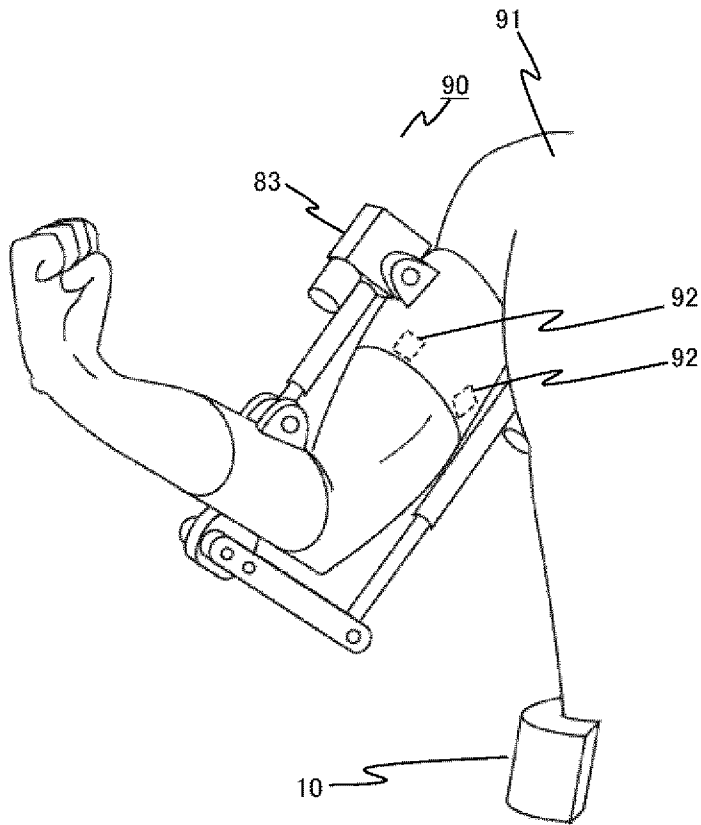
[図13]

図13



[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/066765

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/48 (2007.01) i

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)
H02M7/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	WO 2012/101906 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 02 August 2012 (02.08.2012), paragraphs [0031] to [0032] & US 2013/0301306 A1 & EP 2670038 A1 & CN 103329420 A & KR 10-2013-0107357 A	1-2 3-5 6-8
X Y A	JP 2008-515379 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 08 May 2008 (08.05.2008), paragraph [0037] & US 2008/0084167 A1 & EP 1797632 A & WO 2006/038157 A2 & CN 101036284 A	1-2 3-5 6-8
Y	JP 9-65589 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 07 March 1997 (07.03.1997), paragraph [0009] (Family: none)	3-5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 16 September, 2014 (16.09.14)	Date of mailing of the international search report 30 September, 2014 (30.09.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02M7/48(2007.01)j		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02M7/48		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	WO 2012/101906 A1 (株式会社村田製作所) 2012. 08. 02, 段落[0031]-[0032] & US 2013/0301306 A1 & EP 2670038 A1 & CN 103329420 A & KR 10-2013-0107357 A	1-2 3-5 6-8
X Y A	JP 2008-515379 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2008. 05. 08, 段落【0037】 & US 2008/0084167 A1 & EP 1797632 A & WO 2006/038157 A2 & CN 101036284 A	1-2 3-5 6-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16. 09. 2014	国際調査報告の発送日 30. 09. 2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 尾家 英樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	3V 9335

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 9-65589 A (松下電工株式会社) 1997. 03. 07, 段落【0009】 (ファミリーなし)	3-5