

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-192365
(P2013-192365A)

(43) 公開日 平成25年9月26日(2013.9.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 17/00 (2006.01)	H02J 17/00 B	3C707
B25J 15/04 (2006.01)	B25J 15/04 A	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-56756 (P2012-56756)
(22) 出願日 平成24年3月14日 (2012.3.14)

(71) 出願人 000111085
ニッタ株式会社
大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号
(74) 代理人 100128923
弁理士 納谷 洋弘
(72) 発明者 解 震宇
奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株
式会社奈良工場内
(72) 発明者 釣本 賢司
奈良県大和郡山市池沢町172 ニッタ株
式会社奈良工場内
Fターム(参考) 3C707 CY12 GS03 GS11 GS12

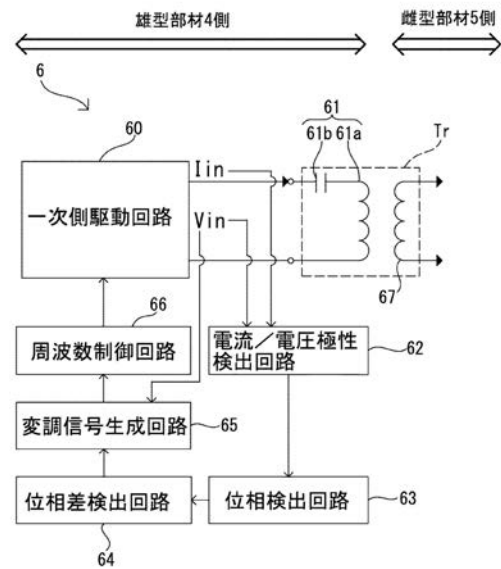
(54) 【発明の名称】 非接触給電装置及び自動工具交換装置

(57) 【要約】

【課題】 より多くの補助コイル及び補助キャパシタを搭載することなく、駆動周波数と固有周波数とを同調可能な非接触給電装置、及び、該装置を用いた自動工具交換装置を提供する。

【解決手段】 一次側回路61と二次側回路とが間隔を隔てて配置され、一次側コイル61aから二次側コイル67に対して電磁誘導により非接触で送電可能であって、一次側コイル61a、一次側キャパシタ61b及び二次側コイル67を有するトランス回路Trと、駆動信号を一次側回路61に出力可能な一次側駆動回路60と、駆動信号の電流/電圧極性を検出可能な電流/電圧極性検出回路62と、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号との各位相をそれぞれ検出可能な位相検出回路63と、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号との位相差を検出可能な位相差検出回路64と、固有周波数foと駆動周波数とを同調可能な周波数制御回路66とを備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一次側コイル及び一次側キャパシタを有する一次側回路と、
二次側コイルを有する二次側回路と、
が間隔を隔てて配置され、

前記一次側コイルから前記二次側コイルに対して電磁誘導により非接触で送電可能な非接触給電装置において、

前記一次側コイル、前記一次側キャパシタ、及び、前記二次側コイルを有する共振回路と、

前記共振回路を駆動可能な駆動信号を前記一次側回路に出力可能な一次側駆動回路と、

前記駆動信号の電流 / 電圧極性を検出可能な電流 / 電圧極性検出回路と、

前記駆動信号の電流極性を示す駆動電流極性信号と、前記駆動信号の電圧極性を示す駆動電圧極性信号との各位相を、前記電流 / 電圧極性検出回路の出力に基づいて、それぞれ検出可能な位相検出回路と、

前記駆動電流極性信号と、前記駆動電圧極性信号との位相差を、前記位相検出回路の出力に基づいて検出可能な位相差検出回路と、

前記共振回路に固有の周波数である固有周波数と、前記共振回路を駆動可能な駆動周波数とを、前記位相差検出回路の出力に基づいて前記駆動電流極性信号と前記駆動電圧極性信号との各位相を一致させることによって同調可能な周波数制御回路と、

を備える

ことを特徴とする非接触給電装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の非接触給電装置と、

前記一次側回路を有し、一端部において、突起部が形成されるとともに、他端部において、前記一次側回路に送電可能な操作部が着脱可能（取り付け又は取外し可能）に取り付けられる雄型部材と、

前記二次側回路を有し、前記突起部を挿入可能な孔が形成されるとともに、一端部において、前記二次側回路から受電可能な各工具が交換可能に取り付けられる雌型部材と、
を備え、

前記雄型部材が、

前記突起部の前記孔への挿入の際に、前記雌型部材と相互に接続可能なものであって、

前記一次側回路及び前記二次側回路が、

前記雄型部材の前記雌型部材への接続の際に、

前記共振回路を形成可能なように対向して設けられている

ことを特徴とする自動工具交換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一次側コイルから二次側コイルに対して電磁誘導により非接触で送電可能な非接触給電装置、及び、該装置を用いた自動工具交換装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、一次側コイル及び一次側キャパシタを有する一次側回路と、二次側コイルを有する二次側回路とが間隔を隔てて配置され、一次側コイルから二次側コイルに対して電磁誘導により非接触で送電可能な非接触給電装置が知られている。

【0003】

この装置は、一次側コイル、一次側キャパシタ、及び、二次側コイルで構成される共振回路（以下では、トランス回路と称する）を有している。トランス回路は、固有周波数（トランス回路に固有の周波数）で駆動する際に共振する。このような非接触給電装置の送電効率は、一次側コイルと二次側コイルとの結合率に依存することが判明している。そ

10

20

30

40

50

の結合率は、一次側コイルと二次側コイルとの間の距離の変動に大きく関係することが判明している。

【0004】

他方、従来の接触型の電源装置においては、一次側コイルと二次側コイルとが同じコアに巻き付けられているため、両コイル間の距離変動による結合率の変化は考えられないが、電極ピンのコンタクト方式を採用したものにあっては、露出電極への水・埃等の付着により、二次側回路への安定的な送電が困難なものとなっている。このため、安定的な送電を維持するという観点においては、非接触型の給電装置が有効である。

【0005】

従来の非接触給電装置では、トランス回路の駆動周波数と、トランス回路の固有周波数と、が同調した場合に、装置全体が最も高い送電効率を示すことが判明している。しかしながら、従来の非接触給電装置においては、接触型の電源装置と比べて、一次側コイルと二次側コイルとの間の距離が変動したり、負荷が変動したりすることで、トランス回路の固有周波数が変化し、トランス回路の駆動周波数との同調を保つことができなくなり、装置全体の送電効率が低下するとともに、送電効率の低下による装置全体からの過度の放熱が問題となっていた。

【0006】

そこで、上記問題を解決することを目的とした従来の技術として、駆動周波数を一定の周波数に維持した状態で、一次側回路に搭載した1つ以上の補助コイル又は補助キャパシタをスイッチで切り替えることで、固有周波数の変化を抑制し、駆動周波数と固有周波数とをある程度同調させることのできる非接触配電システムが開示されている（特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第3512798号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の非接触配電システムでは、電源回路に周波数検出回路を設けることにより、その検出信号を利用して、1つ以上の補助コイル又は補助キャパシタを切り替えるタイミング及び回数を制御する方法が採用されている。この制御方法は、駆動周波数と固有周波数とが段階的に追従するものであるため、その精度に限界があり、システム全体の精度を向上させるには、より多くの補助コイル及び補助キャパシタを搭載する必要がある。このため、システム全体の部品点数の増加に伴い、製造コストが増大するとともに、制御手順も複雑化するという問題があった。

【0009】

そこで、本発明は、より多くの補助コイル及び補助キャパシタを搭載することなく、駆動周波数と固有周波数とを同調させることのできる非接触給電装置、及び、該装置を用いた自動工具交換装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

(1) 本発明の非接触給電装置は、一次側コイル及び一次側キャパシタを有する一次側回路と、二次側コイルを有する二次側回路と、が間隔を隔てて配置され、前記一次側コイルから前記二次側コイルに対して電磁誘導により非接触で送電可能な非接触給電装置において、前記一次側コイル、前記一次側キャパシタ、及び、前記二次側コイルを有する共振回路と、前記共振回路を駆動可能な駆動信号を前記一次側回路に出力可能な一次側駆動回路と、前記駆動信号の電流/電圧極性を検出可能な電流/電圧極性検出回路と、前記駆動信号の電流極性を示す駆動電流極性信号と、前記駆動信号の電圧極性を示す駆動電圧極性信号との各位相を、前記電流/電圧極性検出回路の出力に基づいて、それぞれ検出可能な

10

20

30

40

50

位相検出回路と、前記駆動電流極性信号と、前記駆動電圧極性信号との位相差を、前記位相検出回路の出力に基づいて検出可能な位相差検出回路と、前記共振回路に固有の周波数である固有周波数と、前記共振回路を駆動可能な駆動周波数とを、前記位相差検出回路の出力に基づいて前記駆動電流極性信号と前記駆動電圧極性信号との各位相を一致させることによって同調可能な周波数制御回路と、を備えることを特徴とする。ここでの「二次側回路」とは、二次側コイルの他の要素を含むものである。

【0011】

上記(1)の構成によれば、位相差検出回路の出力に基づいて、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号との位相差を検出することにより、従来のように、より多くの補助コイル及び補助キャパシタを搭載することなく、共振回路の駆動周波数と共振回路の固有周波数とを同調させることができる。つまり、従来のように、システム全体の部品点数の増加を伴うことなく、駆動周波数と固有周波数とを同調させることができる。このため、従来よりも、装置全体の製造コストを削減するとともに、制御手順を簡素化しつつ、装置全体の送電効率を向上させることができるとともに、装置全体からの過度の放熱を抑制することができる。

10

【0012】

(2) 本発明の自動工具交換装置は、請求項1に記載の非接触給電装置と、前記一次側回路を有し、一端部において、突起部が形成されるとともに、他端部において、前記一次側回路に送電可能な操作部が着脱可能(取り付け又は取外し可能)に取り付けられる雄型部材と、前記二次側回路を有し、前記突起部を挿入可能な孔が形成されるとともに、一端部において、前記二次側回路から受電可能な各工具が交換可能に取り付けられる雌型部材と、を備え、前記雄型部材が、前記突起部の前記孔への挿入の際に、前記雌型部材と相互に接続可能なものであって、前記一次側回路及び前記二次側回路が、前記雄型部材の前記雌型部材への接続の際に、前記共振回路を形成可能なように対向して設けられていることを特徴とする。

20

【0013】

上記(2)の構成によれば、雌型部材の一端部に各工具を取り付けるとともに、雄型部材の他端部に操作部を取り付けて作業を行う際に、操作部の移動に応じて、雄型部材における一次側回路と雌型部材における二次側回路との間の距離が変動し、共振回路の固有周波数が変化しても、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号との位相差を検出することにより、共振回路の駆動周波数と共振回路の固有周波数とを同調させることができる。つまり、一次側回路と二次側回路との間の距離が変動しても、駆動周波数と固有周波数とを同調させることができる。従って、自動工具交換装置全体で最も高い送電効率を維持することができる。その結果、雌型部材から各工具への安定的且つ効率的な送電を維持することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施形態に係る自動工具交換装置を適用した産業用ロボットの概略構成図である。

【図2】本実施形態に係る自動工具交換装置を構成する雄型部材及び雌型部材の説明図である。

40

【図3】本実施形態に係る非接触給電装置の回路構成図である。

【図4】本実施形態における同調追従制御動作を示すフローチャートである。

【図5】本実施形態における同調追従制御動作を示すフローチャートである。

【図6】本実施形態における同調追従制御動作の説明図である。

【図7】本実施形態に係る非接触給電装置の試作回路を用いた分析結果の説明図である。

【図8】本実施形態に係る非接触給電装置の試作回路を用いた分析結果の説明図である。

【図9】本実施形態に係る非接触給電装置の別の試作回路を用いた分析結果の説明図である。

【図10】本実施形態に係る非接触給電装置の別の試作回路を用いた分析結果の説明図で

50

ある。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図1～図10を参照しながら、本発明の一実施形態に係る自動工具交換装置について説明する。なお、図2(c)においては、説明の都合上、雄型部材4の突起部41及びカム機構45の外形をフランジ部43から透視した仮想線(点線)によって表している。

【0016】

(産業用ロボットの全体構成)

図1に示すように、産業用ロボット100は、自動工具交換装置1、ロボットアーム(操作部)2、及び、ハンドリングロボット(工具)3を有している。自動工具交換装置1は、本発明の非接触給電装置6を適用したものであって、ケーシング40(図2(b)参照)の他端部4bにおいてロボットアーム2と着脱可能(取り付け又は取外し可能)な雄型部材4と、ケーシング50(図2(b)参照)の一端部5aにおいてハンドリングロボット3と着脱可能な雌型部材5とを有しており、ロボットアーム2とハンドリングロボット3との間に取り付けられる。

10

【0017】

ロボットアーム2は、雄型部材4との間でエアの給排気を行うことが可能であって、この給排気に応じて、雄型部材4の後述するカム機構45(図2参照)を回動させるための駆動力を発生可能に構成されているものである。このロボットアーム2は、雄型部材4の一次側駆動回路60(図3参照)に駆動電力を送電可能に構成されている。ハンドリングロボット3は、雌型部材5に予め取り付けられたものが複数用意され、棚上に配置されている。このハンドリングロボット3は、雌型部材5の二次側回路から駆動電力を受電可能に構成されている。そして、ハンドリングロボット3が取り付けられた各雌型部材5のうち、作業に応じていずれか一つの雌型部材5が選択され、選択された雌型部材5と雄型部材4とを着脱可能に連結することによって、ロボットアーム2に所定の作業をさせることが可能となっている。

20

【0018】

(自動工具交換装置の構成)

図2に示すように、自動工具交換装置1は、相互に接続可能な雄型部材4と雌型部材5とで構成されている。ここで、図2(a)は、雄型部材4と雌型部材5とが接続された状態を示す図であって、雄型部材4に接続された雌型部材5の正面図である。図2(b)は、自動工具交換装置1を雄型部材4と雌型部材5とに分解した状態を示す図であって、雄型部材4と雌型部材5とが接続される前の状態を示す側面図である。図2(c)は、雄型部材4の正面図である。

30

【0019】

図2(b),(c)に示すように、雄型部材4は、埃・水等の異物侵入を防止可能な密閉型のケーシング40を有している。このケーシング40内には、一次側回路61(図3参照)等を構成する各種の部品が実装されている。

【0020】

図2(b)に示すように、雄型部材4は、一端部4aにおいて突設する椀型の突起部41と、雌型部材5との位置を決めるための2本の位置決め用ピン42と、を有している。また、図2(c)に示すように、雄型部材4は、他端部4bにおいてロボットアーム2との位置決めを行うためのフランジ部43と、ロボットアーム2へ取り付けるためのボルト穴44と、が設けられている。また、図2(b),(c)に示すように、雄型部材4は、突起部41の内部から外部に突出可能なカム機構45を有している。本実施形態では、図2(c)に示すように、カム機構45は、突起部41の周方向に沿って略120°角度毎に計3個設けられている。また、図2(b),(c)では図示を省略したが、雄型部材4の内部には、シリンダ収容室に収容されたエアシリンダ、エアシリンダとカム機構45とを連動させるためのピストン等の駆動機構が収容されている。

40

50

【 0 0 2 1 】

図 2 (a) , (b) に示すように、雌型部材 5 は、埃・水等の異物侵入を防止可能な密閉型のケーシング 5 0 を有している。このケーシング 5 0 内には、二次側回路を構成する各種の部品が実装されている。

【 0 0 2 2 】

図 2 (a) に示すように、雌型部材 5 は、雄型部材 4 の突起部 4 1 (図 2 (b) 参照) と略同一形状を有し、該突起部 4 1 を挿入可能な孔 5 1 と、孔 5 1 を取り囲む位置においてカム機構 4 5 (図 2 (b) 参照) を保持可能に設けられた保持部 5 2 と、上記位置決め用ピン 4 2 (図 2 (b) 参照) と対応する位置に形成され、該位置決め用ピン 4 2 を挿入可能な位置決め用孔 (不図示) と、一端部 5 a においてハンドリングロボット 3 (図 1 参

10

【 0 0 2 3 】

雄型部材 4 は、突起部 4 1 を孔 5 1 に挿入する際に、雌型部材 5 と相互に接続可能に構成されているものである。また、ケーシング 4 0 , 5 0 は、図 2 (b) に示すように、雄型部材 4 及び雌型部材 5 の各外周部を合わせた状態で、相互に対向して設けられるものである。これにより、図 2 (b) 中に矢印 B で示す方向に雄型部材 4 を移動させて、雄型部材 4 を雌型部材 5 と電磁的に接続する際に、一次側コイル 6 1 a 及び一次側キャパシタ 6 1 b (図 3 参照) と二次側コイル 6 7 (図 3 参照) とは、トランス回路 (共振回路) T r

20

【 0 0 2 4 】

(非接触給電装置の構成)

非接触給電装置 6 は、雄型部材 4 から雌型部材 5 に対して電磁誘導により非接触で送電可能に構成されている。図 3 に示すように、非接触給電装置 6 は、雄型部材 4 側において、一次側駆動回路 6 0、一次側回路 6 1、電流 / 電圧極性検出回路 6 2、位相検出回路 6 3、位相差検出回路 6 4、変調信号生成回路 6 5、及び、周波数制御回路 6 6 を有しており、雌型部材 5 側において、二次側コイル 6 7 を有している。なお、二次側コイル 6 7 の仕様については、その用途に応じて、例えば定格電力 3 5 [W] ~ 5 0 [W] で作動可能なコイルを用いることができる。また、図 3 は、雄型部材 4 及び雌型部材 5 が相互に電磁的に接続された場合を示している。

30

【 0 0 2 5 】

なお、図 3 においては、説明の都合上、二次側回路として二次側コイル 6 7 のみを図示しているが、特許請求の範囲に記載された「二次側回路」には、二次側コイル 6 7 と共振可能な二次側キャパシタ、二次側コイル 6 7 から出力される交流を直流に変換可能な整流器、整流器から出力される直流を平滑化可能な平滑キャパシタ、及び、整流器及び平滑キャパシタ等に駆動電力を送電可能な電源装置等が含まれる。

【 0 0 2 6 】

一次側駆動回路 6 0 は、トランス回路 T r を駆動可能な駆動信号を一次側回路 6 1 に出力可能なものであって、ロボットアーム 2 から送電される直流を平滑化可能な平滑キャパシタ、直流から高周波交流を生成可能なインバータ等を備えて構成されている。

40

【 0 0 2 7 】

一次側回路 6 1 は、一次側コイル 6 1 a 及び一次側キャパシタ 6 1 b を有している。一次側コイル 6 1 a の仕様については、二次側コイル 6 7 と同様に、その用途に応じて、例えば定格電力 3 5 [W] ~ 5 0 [W] で作動可能なコイルを用いることができる。一次側コイル 6 1 a 及び一次側キャパシタ 6 1 b は、二次側コイル 6 7 と共に、図中の破線で取り囲んだ共振回路 (以下では、「トランス回路 T r 」と称呼する) を形成するものである。

【 0 0 2 8 】

50

電流 / 電圧極性検出回路 6 2 は、トランス回路 T_r の駆動信号の電流 I_{in} / 電圧 V_{in} 極性を検出可能に構成されている。なお以下では、トランス回路 T_r の駆動信号の電圧極性を示す信号を「駆動電圧極性信号」と称呼し、トランス回路 T_r の駆動信号の電流極性を示す信号を「駆動電流極性信号」と称呼する。

【 0 0 2 9 】

位相検出回路 6 3 は、駆動電圧極性信号と駆動電流極性信号との各位相を、電流 / 電圧極性検出回路 6 2 の出力に基づいて、それぞれ検出可能であって、積分回路、比較回路、及び、排他的論理和回路（以下では、「EX - OR 回路」と称呼する）を有して構成されている。

【 0 0 3 0 】

位相差検出回路 6 4 は、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号との位相差を、位相検出回路 6 3 の出力に基づいて検出可能であって、積分回路、乗算回路、及び、EX - OR 回路を有して構成されている。ここでの乗算回路は、積分回路の後段に設けられるものであって、後述する「駆動電流位相差電圧信号」を調整可能に構成されている。

【 0 0 3 1 】

変調信号生成回路 6 5 は、パルス位置変調 (PPM: Pulse Position Modulation) を採用したものであり、位相差検出回路 6 4 から送信される信号に応じて、パルス信号の発生タイミング位置を変更可能であって、F / V コンバータ (frequency / voltage converter)、加算回路、及び、乗算回路を有して構成されている。ここでの乗算回路は、F / V コンバータの後段に設けられるものであって、後述する「駆動周波数検出信号」を調整可能に構成されている。

【 0 0 3 2 】

周波数制御回路 6 6 は、トランス回路 T_r に固有の周波数である固有周波数 f_0 と、トランス回路 T_r を駆動可能な駆動周波数とを、変調信号生成回路 6 5 の出力に基づいて同調可能に構成されている。周波数制御回路 6 6 は、例えば

1331687356319_7

社製のタイマー IC 555 に代表される汎用のタイマー IC を用いて構成可能である。

【 0 0 3 3 】

(非接触給電装置の同調追従制御動作)

以下では、図 4 ~ 図 6 を参照しながら、本実施形態における同調追従制御動作の一例について説明する。ここでは、初期状態において、雄型部材 4 及び雌型部材 5 が相互に電磁的に接続されているものとする。

【 0 0 3 4 】

まず、図 4 のステップ S 1 において、電流 / 電圧極性検出回路 6 2 によって駆動電流極性信号 / 駆動電圧極性信号が検出される。駆動電圧極性信号は、ステップ S 2 において、積分回路に入力される。また、駆動電圧極性信号は、ステップ S 4 において、EX - OR 回路に入力される。さらに、駆動電圧極性信号は、図 5 のステップ S 8 において、変調信号生成回路 6 5 の F / V コンバータに入力される。他方、駆動電流極性信号は、図 4 のステップ S 4 において、EX - OR 回路に入力される。図 6 (a) は、駆動電圧極性信号の波形を示している。図 6 (b) は、駆動電流極性信号の波形を示している。

【 0 0 3 5 】

ここで、トランス回路 T_r の駆動周波数と固有周波数とが「同調 (図 6 (b) , (e) , (f) 参照)」しているか否かの判断は、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号の各位相が一致しているか否か、つまり、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号の位相差が 0 であるか否かによって行われる。「進み位相 (図 6 (b) , (e) , (f) 参照)」は、一例として、駆動電圧極性信号に対して駆動電流極性信号の位相が最大で 90° 進んだ状態を意味するものとして記載したが、この角度に限らず、 90° に至らなくても駆動電圧極性信号に対して駆動電流極性信号の位相が進んでさえいれば、「進み位相」といえる。また、「遅れ位相 (図 6 (b) , (e) , (f) 参照)」とは、駆動電圧極性信号に対して駆動電流極性信号の位相が最大で 90° 遅れた状態を意味するものとして記載したが、こ

10

20

30

40

50

の角度に限らず、 90° に至らなくても駆動電圧極性信号に対して駆動電流極性信号の位相が遅れてさえいれば、「遅れ位相」といえる。

【0036】

図4のステップS2において、駆動電圧極性信号が、位相検出回路63の積分回路に入力される。そして、該積分回路の出力結果を示す信号（以下では、「駆動電圧極性積分信号」と称呼する）が位相検出回路63の比較回路に出力される。図6(c)は、駆動電圧極性積分信号の波形を示している。なお、図6(c)中の点線は、基準電圧を示している。この基準電圧には、同図中の最大電圧値 V_{max} と最小電圧値0との平均値 $V_{max}/2$ （以下では、中点電位と称呼する）を用いることができる。この際、オペアンプ（operational amplifier）回路、又は、RC回路（resistor-capacitor circuit）を用いて中点電位の変動を抑制することが好ましく、該変動を抑制できない場合には、別途に中点電位検出回路を設けることが好ましい。また、ここでの積分回路は、周波数の値が最小となる際にも駆動電圧極性積分信号が飽和しない定数の積分回路を用いることが好ましく、周波数変化に対して中点電位が変動しない方式の積分回路を用いることがより好ましい。

10

【0037】

図4のステップS3において、駆動電圧極性積分信号が、位相検出回路63の比較回路に入力され、基準電圧との比較判定が行われる。そして、該比較回路の出力結果を示す信号（以下では、「駆動電圧位相変換信号」と称呼する）が、位相差検出回路64のEX-OR回路に出力される。図6(d)は、駆動電圧位相変換信号の波形を示している。図6(d)に示すように、駆動電圧極性積分信号（図6(c)参照）の電圧値が基準電圧よりも高い場合、比較回路から「H」が出力され、駆動電圧極性積分信号（図6(c)参照）の電圧値が基準電圧よりも低い場合、比較回路から「L」が出力される。

20

【0038】

図4のステップS4において、駆動電圧極性信号及び駆動電流極性信号が、位相検出回路63のEX-OR回路に入力される。そして、該EX-OR回路の出力結果を示す信号（以下では、「駆動電流位相信号」と称呼する）が、位相差検出回路64のEX-OR回路に出力される。図6(e)は、駆動電流位相信号の波形を示している。

【0039】

図4のステップS5において、駆動電圧位相変換信号及び駆動電流位相信号が、位相差検出回路64のEX-OR回路に入力される。そして、該EX-OR回路の出力結果を示す信号（以下では、「駆動電流位相差DUTY信号」と称呼する）が、位相差検出回路64の積分回路に出力される。図6(f)は、駆動電流位相差DUTY信号の波形を示している。図6(f)中の信号波形を構成するパルス列において、DUTY比（パルス幅/パルス周期）が例えば50%である状態は、上記の「同調」に相当するものである。DUTY比が例えば50%未満である状態は、上記の「進み位相」に相当するものである。DUTY比が例えば50%を超える状態は、上記の「遅れ位相」に相当するものである。

30

【0040】

図4のステップS6において、駆動電流位相差DUTY信号が、位相差検出回路64の積分回路に入力される。そして、該積分回路の出力結果を示す信号（以下では、「駆動電流位相差電圧信号」と称呼する）が、位相差検出回路64の乗算回路に出力される。この乗算回路は、入力信号を定数倍した信号を出力するものである。図6(g)は、駆動電流位相差電圧信号の出力特性を示している。同図において、基準電圧 $V_1 (= 6[V])$ を検出した状態は、上記の「同調($\pm 0^\circ$)」に相当する。 $0[V]$ を検出した状態は、上記の「進み位相($+90^\circ$)」に相当する。 $V_2 (= 12[V])$ を検出した状態は、上記の「遅れ位相(-90°)」に相当する。ここで、 $\pm 35^\circ$ の位相差を検出する場合は、「駆動電流位相差電圧信号」において $3.6[V] \sim 8.3[V]$ の電圧が出力される。

40

【0041】

図5のステップS7において、駆動電流位相差電圧信号が、位相差検出回路64の乗算回路に入力され、駆動電流位相差電圧信号の調整が行われる。そして、該乗算回路の出力

50

結果を示す信号（以下では、「駆動電流位相差調整信号」と称呼する）が、変調信号生成回路65の加算回路に出力される。

【0042】

図5のステップS8において、駆動電圧極性信号が、変調信号生成回路65のF/Vコンバータに入力される。そして、F/Vコンバータの出力結果を示す信号（以下では、「駆動周波数検出信号」と称呼する）が、変調信号生成回路65の乗算回路に出力される。この乗算回路は、入力信号を1倍した信号を出力するものである。ここでは1倍した信号を出力する場合について述べたが、倍率はこの値に限定されず、適宜変更できる。

【0043】

図5のステップS9において、駆動周波数検出信号が、変調信号生成回路65の乗算回路に入力され、駆動周波数検出信号の調整が行われる。そして、該乗算回路の出力結果を示す信号（以下では、「駆動周波数調整信号」と称呼する）が、変調信号生成回路65の加算回路に出力される。

10

【0044】

図5のステップS10において、駆動電流位相差調整信号及び駆動周波数調整信号が、変調信号生成回路65の加算回路に入力される。そして、該加算回路の出力結果を示す信号（以下では、「周波数指令電圧信号」と称呼する）が、周波数制御回路66に出力される。ここで、「周波数指令電圧信号」の下限値[V]及び上限値[V]は、それぞれ、0[V]及び8[V]に設定可能である。この電圧範囲内では、70[kHz]~95[kHz]の範囲内の周波数を検出することが可能である。

20

【0045】

図5のステップS11において、周波数指令電圧信号が、周波数制御回路66に入力される。ここでは、タイマーIC555による制御が行われ、図6(h)に示すように、コントロール信号電圧[V]に対して外部CR（キャパシタ及び抵抗）設定が行われることにより、スイッチング周波数 f_{sw} と固有周波数 f_o との同調制御が行われ、その後、処理は図4のステップS1に移行する。ここでの制御において、まず目標とするべき周波数は、トランス回路Trの結合状態、及び、負荷状態で変化する固有周波数 f_o であるが、あらかじめ固有周波数 f_o は判明していない。そこで、まず基本周波数をスイッチング周波数 f_{sw} として、トランス回路Trの動作を開始させて、その結果として現れる「駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号の位相差」に基づき、スイッチング周波数 f_{sw} と固有周波数 f_o との同調制御が行われる。ここでの『スイッチング周波数』とは、トランス回路Trにおいて現在動作中の周波数のことであって、一次側駆動回路60から出力される駆動信号の周波数を意味する。ここでの『基本周波数』とは、周波数制御回路66から初期状態において出力されるスイッチング周波数を意味する。図6(h)に示すように、コントロール信号電圧値が基準電圧8[V]未満である場合には、スイッチング周波数 f_{sw} は、基本周波数よりも高く設定される。また、コントロール信号電圧値が基準電圧8[V]である場合には、スイッチング周波数 f_{sw} は基本周波数に設定される。さらに、コントロール信号電圧値が基準電圧8[V]を超える場合には、スイッチング周波数 f_{sw} は基本周波数よりも低く設定される。なお、コントロール信号接続部にダイオードを接続すると、接続極性によって、基本周波数の下限値または上限値を制限することができる。また、コントロール信号電圧とスイッチング周波数 f_{sw} との関係は、一様ではなく、基本周波数に依存するものである。

30

40

【0046】

（本発明をするに至った経緯について）

次に、本発明をするに至った経緯を具体的に説明する。本発明者は、図7(a)に示す非接触給電装置6（図3参照）の試作回路を用いて分析を行った結果、図7(b), (c)及び図8(a), (b)に示す各変化特性が予測されるとともに、図9(a)に示す非接触給電装置6（図3参照）の別の試作回路を用いて分析を行った結果、図9(b), (c)及び図10(a), (b)に示す各変化特性が予測されるとの結論に至り、本発明のような制御手順（図4及び図5参照）を見出した。

50

【0047】

図7(a)は、試作回路の等価回路構成を示している。ここでは、一次側コイル61aのインダクタンス L の値を $55[\mu\text{H}]$ とし、一次側キャパシタ61bの容量値を $0.1[\mu\text{F}]$ とした。さらに、一次側コイル61aと二次側コイル67との間の隙間寸法(以下では、「ギャップ長」と称呼する) g を $2.5[\text{mm}]$ とした。また、図7(a)中のインダクタンス $l[\mu\text{H}]$ は、非接触トランスの結合状態を等価回路で表現した漏れインダクタンスであって、 $40[\mu\text{H}]$ とした。この条件で、負荷抵抗 Z_L を変動させた際の、出力 VA (=出力電圧 V_{out} ×出力電流 I_{out})、入力インピーダンス Z_g 、出力電圧 V_{out} 、及び、出力電流 I_{out} の各値を記録することにより、これらの特性を分析した。なお、負荷抵抗 Z_L における「負荷」とは、二次側コイル67の他に、該二次側コイル67の周辺に設けられた二次側キャパシタ等の要素を含むものである。

10

【0048】

図7(b)、(c)及び図8(a)、(b)に示すのは、入力インピーダンス Z_g []、出力電圧 V_{out} [V]、出力電流 I_{out} [A]、及び、出力 VA [V・A]の各特性曲線であって、負荷抵抗 Z_L の各値における変化特性を示している。各図中の「 \square 」、「 \triangle 」、「 \circ 」、「 \times 」、及び、「 \diamond 」は、負荷抵抗 Z_L の値を 5 []、 10 []、 50 []、 100 []、 200 []とした場合をそれぞれ示している。ここでは、図7(b)、(c)及び図8(a)を参照しながら、主に、入力インピーダンス Z_g 、出力電圧 V_{out} 、及び、出力電流 I_{out} の各変化特性について説明する。

20

【0049】

(入力インピーダンス Z_g の変化特性)

図7(b)に示すように、負荷抵抗 Z_L の値を 50 []とした場合に、入力インピーダンス Z_g の値が $55[\text{kHz}]$ で最も小さくなっている。負荷抵抗 Z_L の値を 100 []、 200 []とした場合には、入力インピーダンス Z_g の値が $50[\text{kHz}]$ 付近で最も小さくなっている。負荷抵抗 Z_L の値を 5 []、 10 []とした場合には、入力インピーダンス Z_g の値が $60[\text{kHz}]$ 付近で最も小さくなっている。この結果から、入力インピーダンス Z_g の最小値に対応する周波数の値は、負荷抵抗 Z_L の値が大きいほど小さくなることわかる。つまり、トランス回路 Tr の共振条件を満たす周波数の値は、負荷抵抗 Z_L の値が大きいほど小さくなる。

30

【0050】

(出力電圧 V_{out} の変化特性)

図7(c)に示すように、負荷抵抗 Z_L の値を 50 []とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が $55[\text{kHz}]$ で最も大きく、約 $60[\text{V}]$ となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 100 []とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が $50[\text{kHz}]$ 付近で最も大きく、約 $80[\text{V}]$ となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 200 []とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が $50[\text{kHz}]$ 付近で最も大きく、約 $140[\text{V}]$ となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 5 []とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が $60[\text{kHz}]$ 付近で最も大きく、約 $70[\text{V}]$ となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 10 []とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が $60[\text{kHz}]$ 付近で最も大きく、約 $60[\text{V}]$ となっている。これらの結果から、トランス回路 Tr の共振条件を満たす出力電圧 V_{out} の最大値は、負荷抵抗 Z_L の値を 100 []、 200 []とした場合には、負荷抵抗 Z_L の値を 5 []、 10 []とした場合よりも大きくなることわかる。

40

【0051】

(出力電流 I_{out} の変化特性)

図8(a)に示すように、負荷抵抗 Z_L の値を 50 []とした場合に、出力電流 I_{out} の値が $55[\text{kHz}]$ で最も大きく、約 $1[\text{A}]$ となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 100 []とした場合には、出力電流 I_{out} の値が $50[\text{kHz}]$ 付近で最も大きく、 $0.5\sim 1[\text{A}]$ の範囲内の値となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 200 []とした場合には、出力電流 I_{out} の値が $50[\text{kHz}]$ 付近で最も大きく、 $0.5\sim 1[\text{A}]$ の範囲内の値となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 5 []とした場合には、出力電流 I_{out} の値

50

が 60 [kHz] 付近で最も大きく、約 4 [A] となっている。負荷抵抗 Z_L の値を 10 [] とした場合には、出力電流 I_{out} の値が 60 [kHz] 付近で最も大きく、約 3 [A] となっている。この結果から、トランス回路 T_r の共振条件を満たす出力電流 I_{out} の最大値は、負荷抵抗 Z_L の値の増加に伴って小さくなることわかる。

【0052】

続いて、非接触給電装置 6 (図3参照) の別の試作回路を用いた分析結果について説明する。

【0053】

図9(a)は、試作回路の等価回路構成を示している。本試作回路は、一次側コイル $1a$ のインダクタンス L の値、及び、負荷抵抗 Z_L の抵抗値を除き、図7(a)に示した試作回路と同じ回路構成である。ここでは、負荷抵抗 Z_L の抵抗値を 10 [] とした。この条件で、インダクタンス L の値 [μ H]、及び、ギャップ長 g [mm] を変動させた際の、出力 VA 、入力インピーダンス Z_g 、出力電圧 V_{out} 、及び、出力電流 I_{out} の各値を記録することにより、これらの特性を分析した。

10

【0054】

図9(b), (c) 及び図10(a), (b) に示すのは、入力インピーダンス Z_g []、出力電圧 V_{out} [V]、出力電流 I_{out} [A]、及び、出力 VA [V·A] の各特性曲線であって、ギャップ長 g の各寸法における変化特性を示している。各図中の「 \square 」、「 \triangle 」、「 \diamond 」、「 \times 」、及び、「 \circ 」は、ギャップ長 g の寸法を 1 [mm]、 1.5 [mm]、 2 [mm]、 2.5 [mm]、 3 [mm] とした場合をそれぞれ示している。ここでは、図9(b), (c) を参照しながら、主に、入力インピーダンス Z_g 、及び、出力電圧 V_{out} の各変化特性について説明するものとする。

20

【0055】

(入力インピーダンス Z_g の変化特性)

図9(b)に示すように、ギャップ長 g の寸法を 2.5 [mm]、 3 [mm] とした場合に、入力インピーダンス Z_g の値が 60 [kHz] 付近で最も小さくなっている。ギャップ長 g の寸法を 2 [mm] とした場合には、入力インピーダンス Z_g の値が $55 \sim 60$ [kHz] の範囲内で最も小さくなっている。負荷抵抗 Z_L の値を 1 []、 1.5 [] とした場合には、入力インピーダンス Z_g の値が 55 [kHz] 付近で最も小さくなっている。この結果から、入力インピーダンス Z_g の最小値に対応する周波数の値は、ギャップ長 g の寸法値の減少に伴って小さくなることわかる。つまり、トランス回路 T_r の共振条件を満たす周波数の値は、ギャップ長 g の寸法値の減少に伴って小さくなる。

30

【0056】

(出力電圧 V_{out} の変化特性)

図9(c)に示すように、ギャップ長 g の寸法を 3 [mm] とした場合に、出力電圧 V_{out} の値が 60 [kHz] 付近で最も大きく、約 70 [V] となっている。ギャップ長 g の寸法を 2.5 [mm] とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が 60 [kHz] 付近で最も大きく、約 70 [V] となっている。ギャップ長 g の寸法を 2 [mm] とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が $55 \sim 60$ [kHz] の範囲内で最も大きく、約 70 [V] となっている。ギャップ長 g の寸法を 1.5 [mm] とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が 55 [kHz] 付近で最も大きく、約 60 [V] となっている。ギャップ長 g の寸法を 1 [mm] とした場合には、出力電圧 V_{out} の値が 55 [kHz] 付近で最も大きく、約 55 [V] となっている。この結果から、図9(c)中の矢印1に示すように、出力電圧 V_{out} の最大値に対応する周波数、つまり、トランス回路 T_r の共振条件を満たす周波数よりも高い範囲では、ギャップ長 g の減少に伴って、出力電圧 V_{out} が小さくなることわかる。また、図9(c)中の矢印2に示すように、トランス回路 T_r の共振条件を満たす出力電圧 V_{out} の最大値は、ギャップ長 g の減少に伴って小さくなることわかる。

40

【0057】

(本実施形態に係る自動工具交換装置の特徴)

上記構成によれば、位相差検出回路 64 の出力に基づいて、駆動電流極性信号と駆動電

50

圧極性信号との位相差を検出することにより、従来のように、より多くの補助コイル及び補助キャパシタを搭載することなく、トランス回路Trの駆動周波数とトランス回路Trの固有周波数とを同調させることができる。つまり、従来のように、システム全体の部品点数の増加を伴うことなく、駆動周波数と固有周波数とを同調させることができる。このため、従来よりも、自動工具交換装置1全体の製造コストを削減するとともに、制御手順を簡素化しつつ、自動工具交換装置1全体の送電効率を向上させることができるとともに、自動工具交換装置1全体からの過度の放熱を抑制することができる。

【0058】

また、上記構成によれば、雌型部材5の一端部5aにハンドリングロボット3を取り付けるとともに、雄型部材4の他端部4bにロボットアーム2を取り付けて作業を行う際に、ロボットアーム2の移動に応じて、雄型部材4における一次側回路61と雌型部材5における二次側回路との間の距離が変動し、トランス回路Trの固有周波数が変化しても、駆動電流極性信号と駆動電圧極性信号との位相差を検出することにより、トランス回路Trの駆動周波数とトランス回路Trの固有周波数とを同調させることができる。つまり、一次側回路61と二次側回路との間の距離が変動しても、駆動周波数と固有周波数とを同調させることができる。従って、自動工具交換装置1の全体で最も高い送電効率を維持することができる。その結果、雌型部材5からハンドリングロボット3への安定的且つ効率的な送電を維持することができる。

10

【0059】

以上、本発明の実施形態について図面に基づいて説明したが、具体的な構成は、これらの実施形態に限定されるものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

20

【0060】

なお、上記実施形態では、カム機構45を、雄型部材4の周方向に沿って略120°角度毎に3個設ける例について述べたが、この角度だけに限定されるものではなく、雄型部材4に設けるカム機構45の数は変更できる。同様に、保持部52を、上記カム機構45と対応する位置において、雌型部材5の周方向に沿って略120°角度毎に設ける例について述べたが、この角度だけに限定されるものではなく、雌型部材5に設ける保持部52の数は適宜変更できる。

30

【0061】

なお、上記実施形態では、ロボットアーム2と雄型部材4との間で、エアの給排気を行うことによって、カム機構45を回動させる例について述べたが、本発明はかかる実施形態に限定されるものではなく、ロボットアーム2と雄型部材4との間で、液体の供給又は排出を行うことによって、カム機構45を回動させるものでもよく、モーター及びソレノイド等を用いた駆動機構によって、カム機構45を回動させるものでもよい。

【0062】

なお、上記実施形態では、雄型部材4の突起部41を椀型に形成する例について述べたが、この形状だけに限定されるものではなく、突起部41の形状は適宜変更してよい。同様に、突起部41を挿入可能な孔51の形状も、突起部41の形状に応じて適宜変更してよい。

40

【0063】

なお、上記実施形態では、電流/電圧極性検出回路62で電流極性及び電圧極性の両方が検出される例について述べたが、本発明はこれに限定されず、電流極性検出回路及び電圧極性検出回路を別々に設けて、各回路で電流極性及び電圧極性をそれぞれ検出してもよい。

【0064】

なお、上記実施形態では、駆動電流位相差電圧信号の出力特性(図6(g)参照)において、基準電圧V1(=6[V])を検出した状態は、上記の「同調(±0°)」に相当する。0[V]を検出した状態は、上記の「進み位相(+90°)」に相当する。V2(=1

50

2[V])を検出した状態は、上記の「遅れ位相(-90°)」に相当する例について述べたが、本発明はこれに限定されず、電圧V1, V2の各値は変更できる。

【0065】

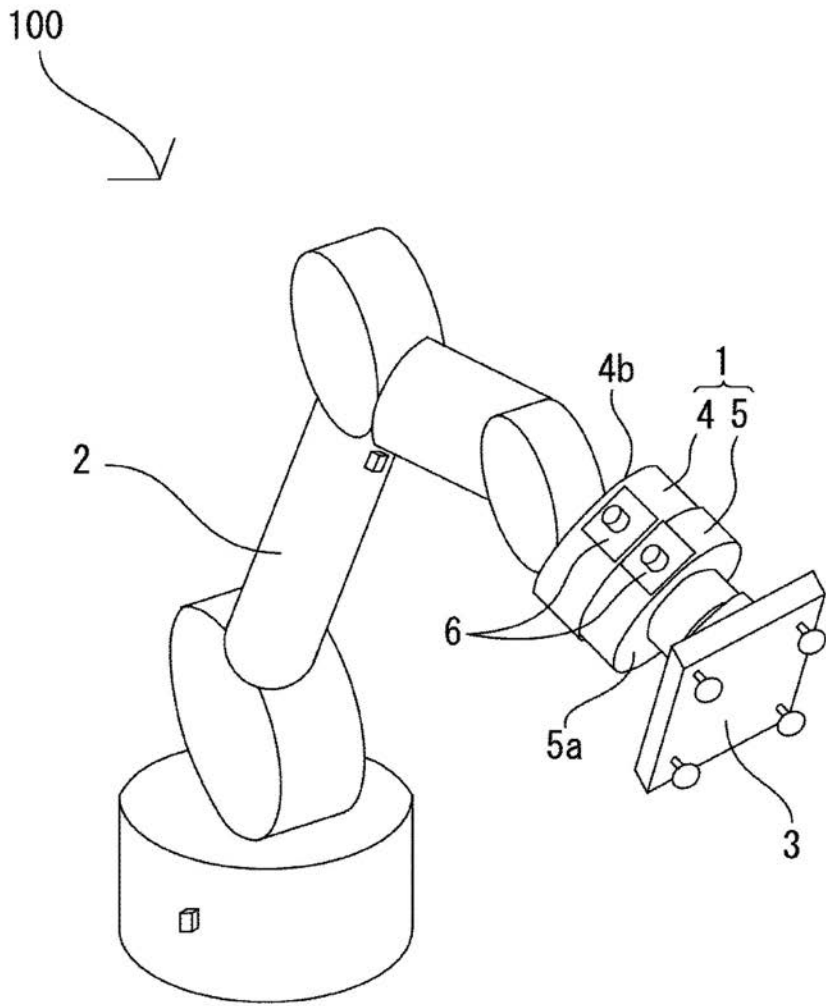
なお、上記実施形態では、コントロール信号電圧値の基準電圧を8[V]に設定する例について述べたが、本発明はこれに限定されず、該基準電圧の値は変更できる。

【符号の説明】

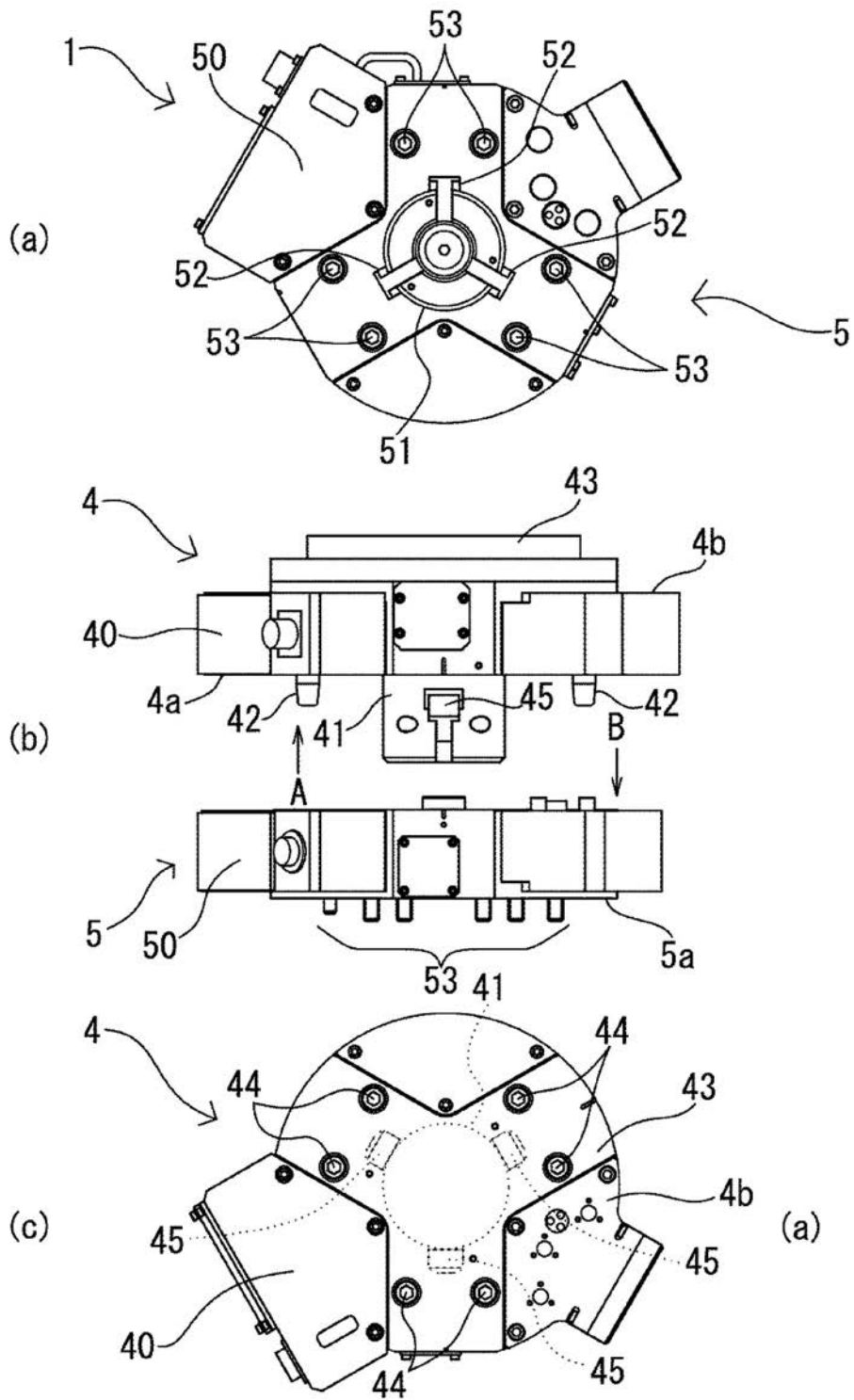
【0066】

1	自動工具交換装置	
2	ロボットアーム(操作部)	
3	ハンドリングロボット(工具)	10
4	雄型部材	
4 a、5 a	一端部	
4 b	他端部	
5	雌型部材	
6	非接触給電装置	
4 0、5 0	ケーシング	
4 1	突起部	
4 2	位置決め用ピン	
4 3	フランジ部	
4 4、5 3	ボルト穴	20
4 5	カム機構	
5 1	孔	
5 2	保持部	
6 0	一次側駆動回路	
6 1	一次側回路	
6 1 a	一次側コイル	
6 1 b	一次側キャパシタ	
6 2	電流/電圧極性検出回路	
6 3	位相検出回路	
6 4	位相差検出回路	30
6 5	変調信号生成回路	
6 6	周波数制御回路	
6 7	二次側コイル	
1 0 0	産業用ロボット	
f o	固有周波数	
T r	トランス回路(共振回路)	

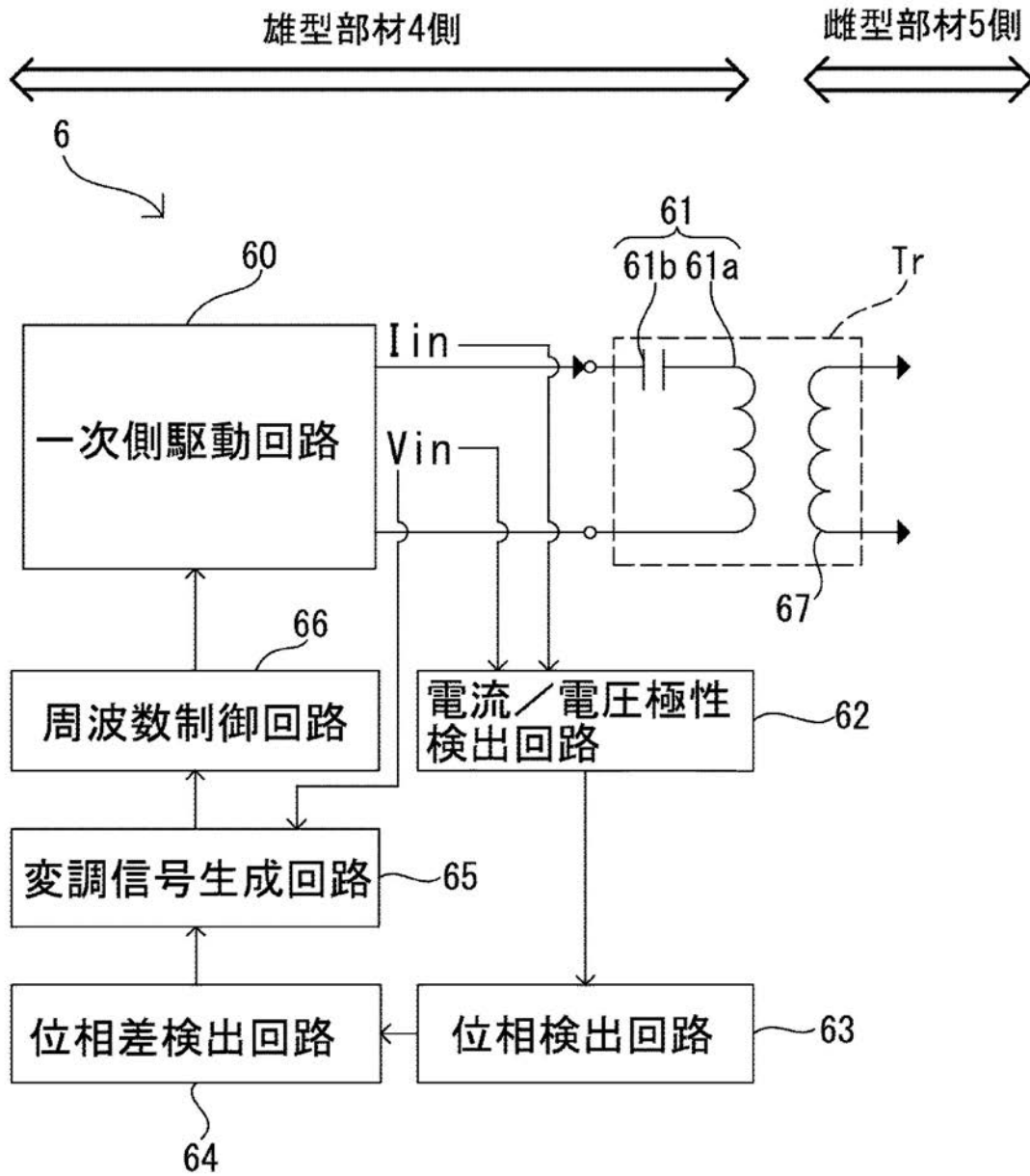
【 図 1 】



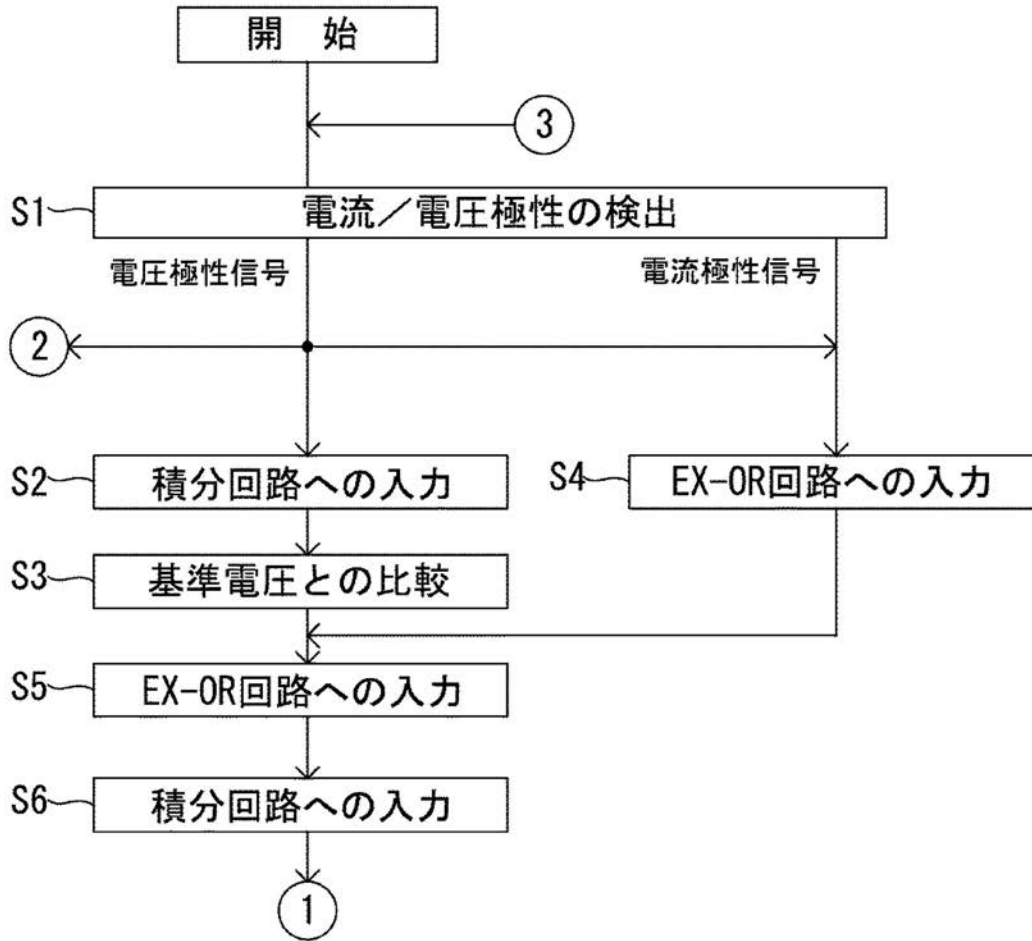
【 図 2 】



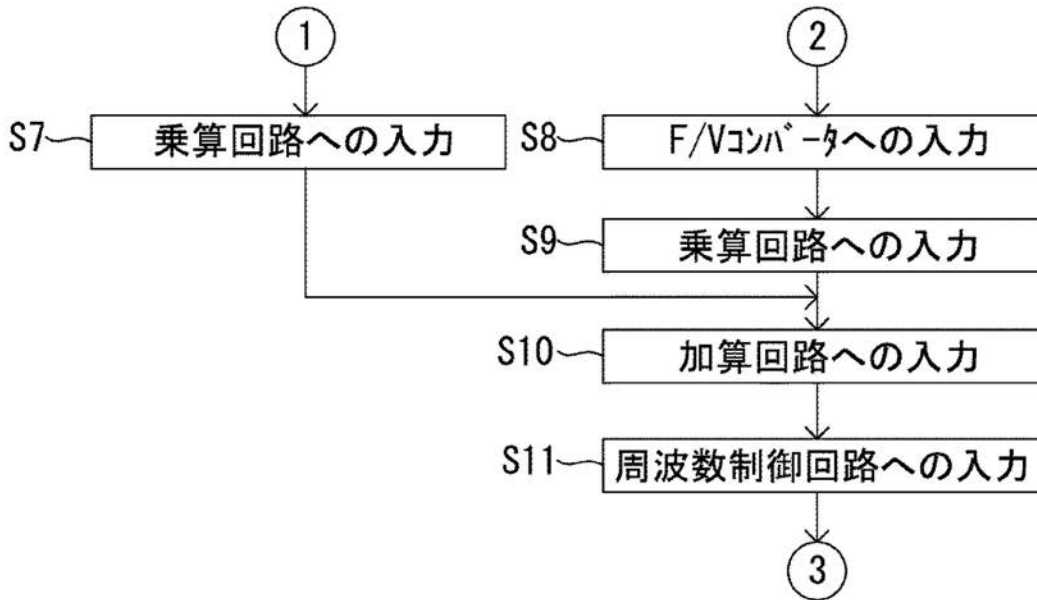
【 図 3 】



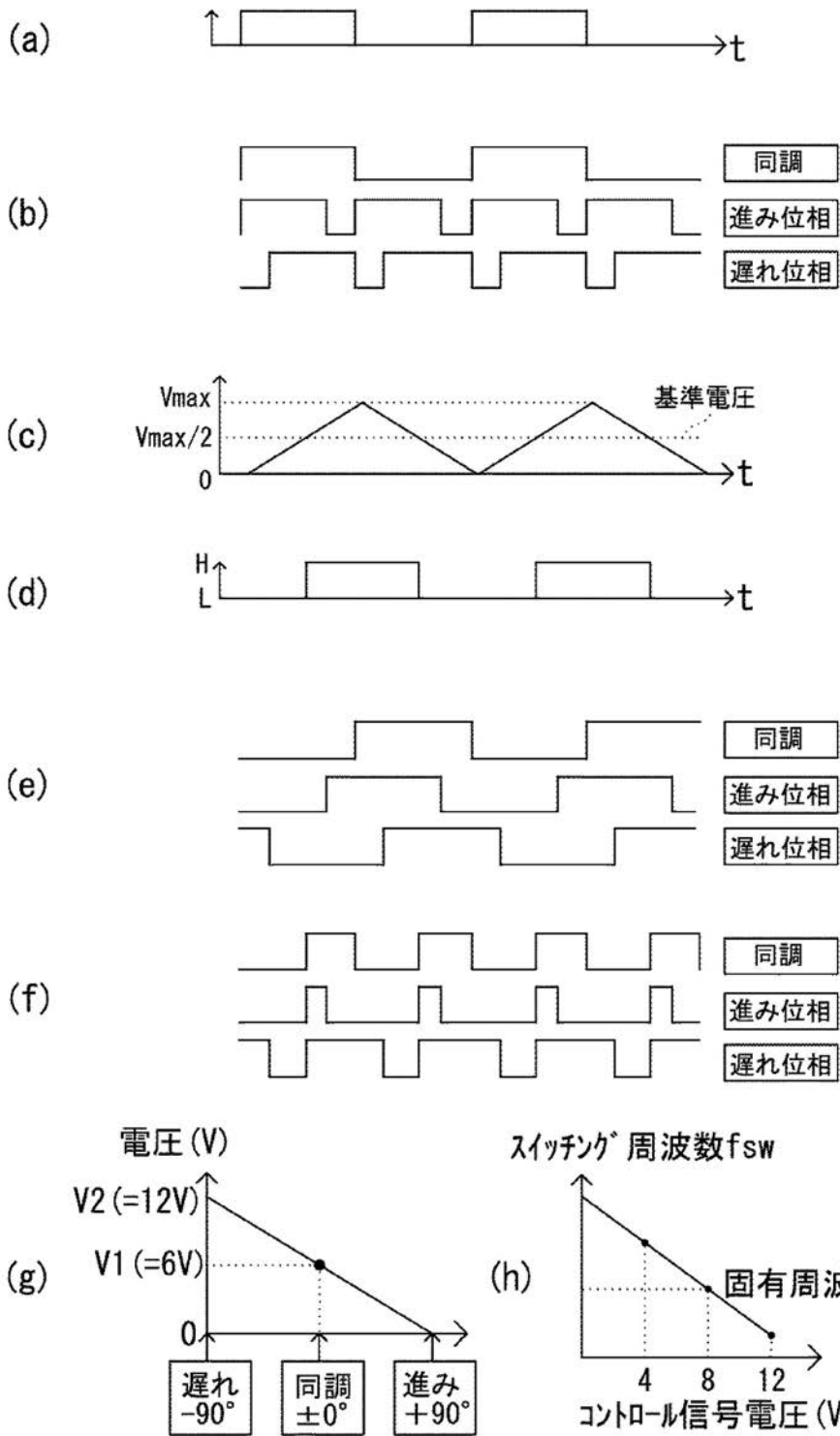
【 図 4 】



【図5】

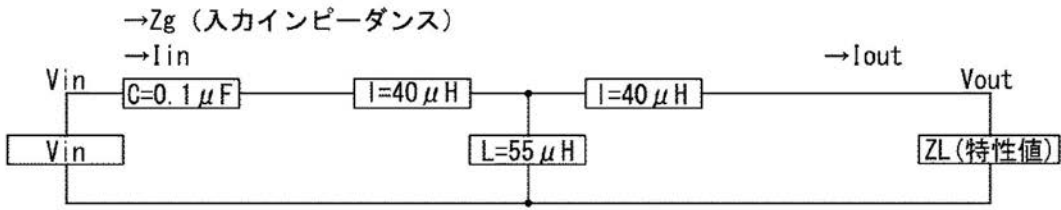


【 図 6 】

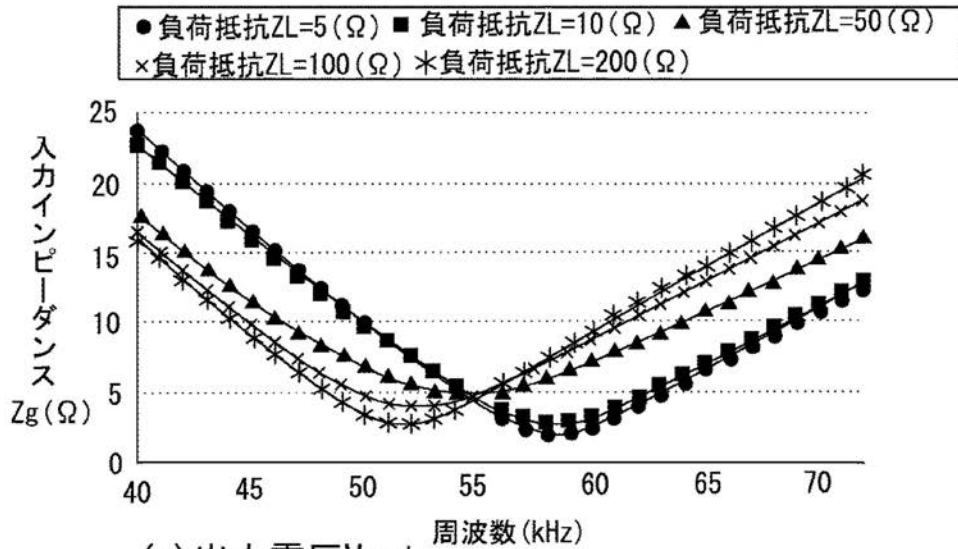


【 図 7 】

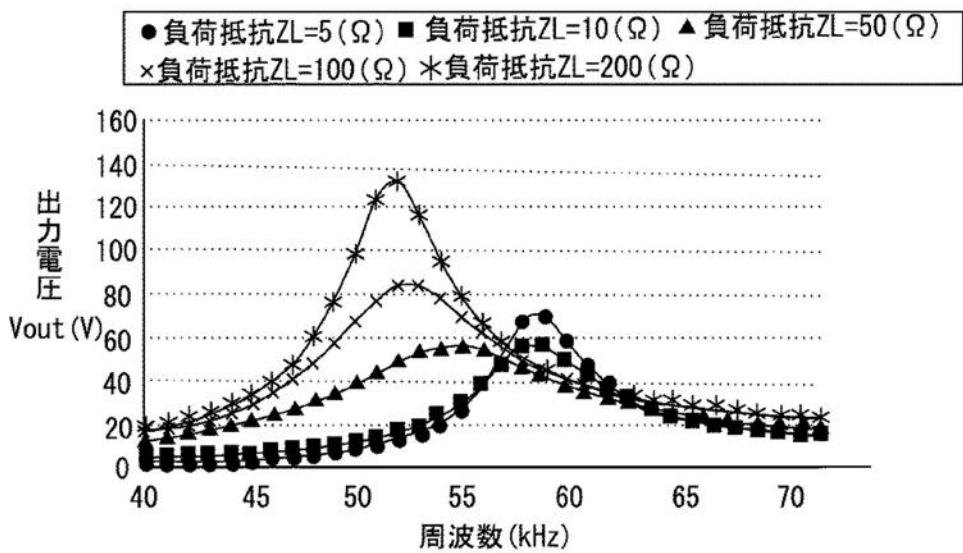
(a) 試作回路



(b) 入カインピーダンス Z_g

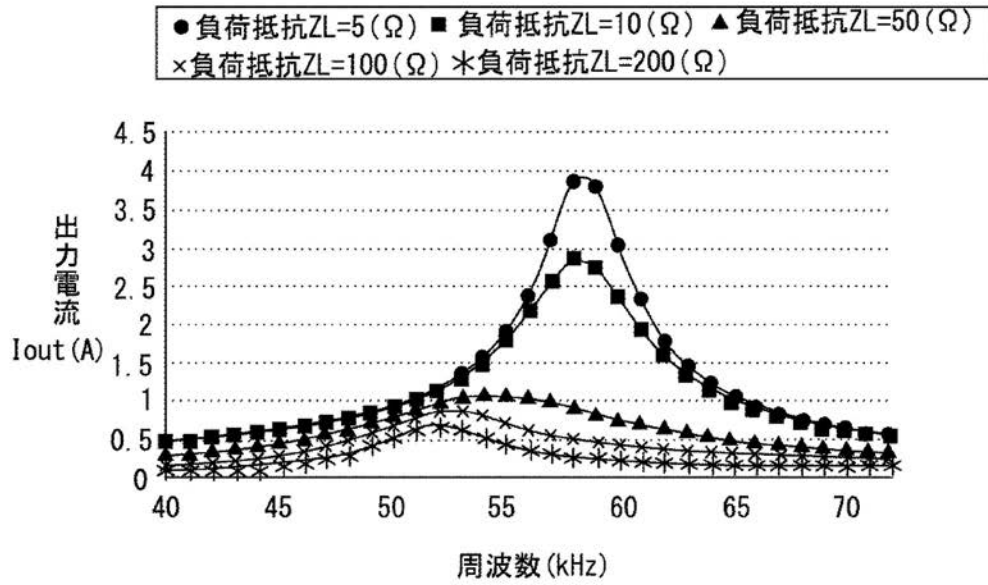


(c) 出力電圧 V_{out}

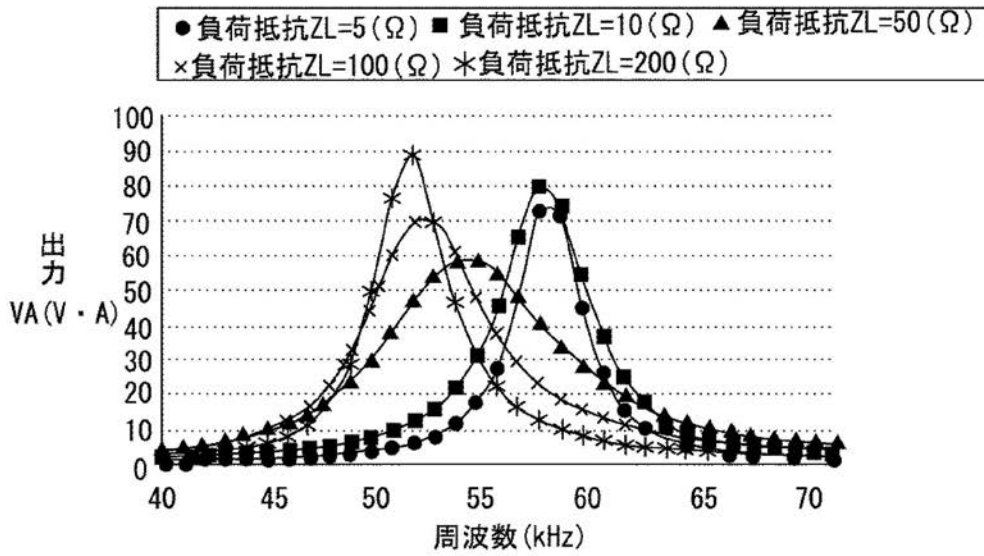


【 図 8 】

(a) 出力電流 I_{out}

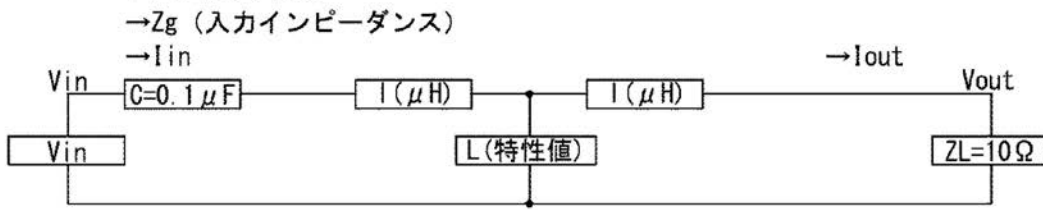


(b) 出力 VA



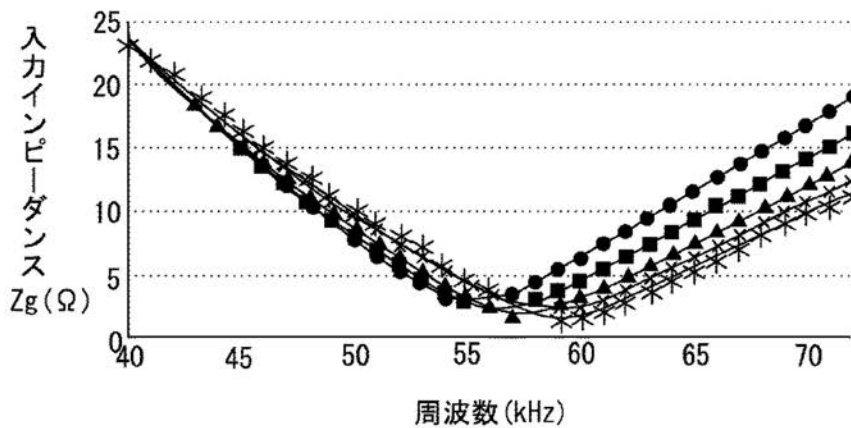
【 図 9 】

(a) 試作回路



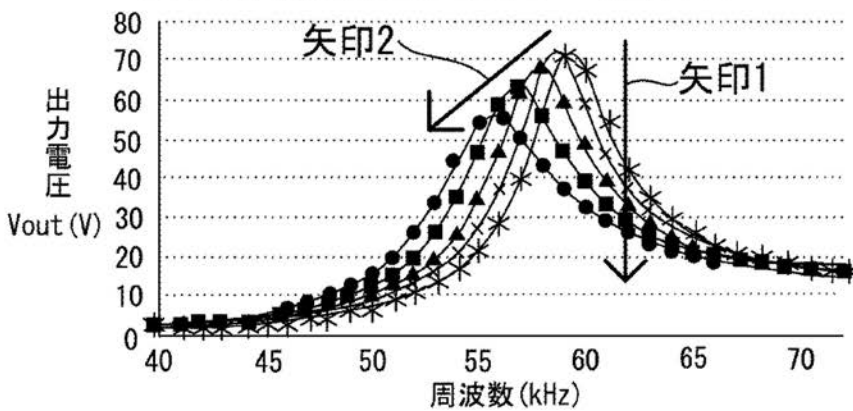
(b) 入カインピーダンス Z_g

● ギャップ長 $g=1$ (mm) ■ ギャップ長 $g=1.5$ (mm) ▲ ギャップ長 $g=2$ (mm)
× ギャップ長 $g=2.5$ (mm) * ギャップ長 $g=3$ (mm)



(c) 出力電圧 V_{out}

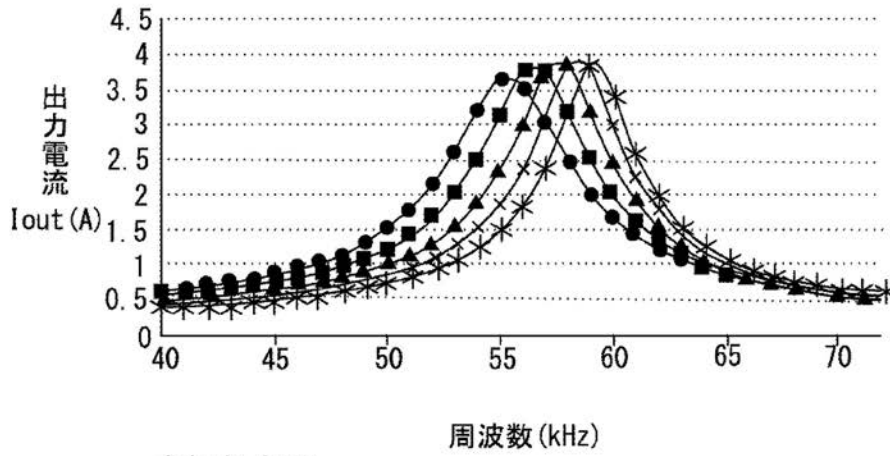
● ギャップ長 $g=1$ (mm) ■ ギャップ長 $g=1.5$ (mm) ▲ ギャップ長 $g=2$ (mm)
× ギャップ長 $g=2.5$ (mm) * ギャップ長 $g=3$ (mm)



【 図 1 0 】

(a) 出力電流 I_{out}

● ギャップ長 $g=1$ (mm) ■ ギャップ長 $g=1.5$ (mm) ▲ ギャップ長 $g=2$ (mm)
× ギャップ長 $g=2.5$ (mm) * ギャップ長 $g=3$ (mm)



(b) 出力 VA

● ギャップ長 $g=1$ (mm) ■ ギャップ長 $g=1.5$ (mm) ▲ ギャップ長 $g=2$ (mm)
× ギャップ長 $g=2.5$ (mm) * ギャップ長 $g=3$ (mm)

