(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
2020年5月14日(14.05.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/095643 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 50/12 (2016.01)　*H02J 7/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2019/040757

(22) 国際出願日：　2019年10月16日(16.10.2019)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2018-209206　2018年11月6日(06.11.2018)　JP

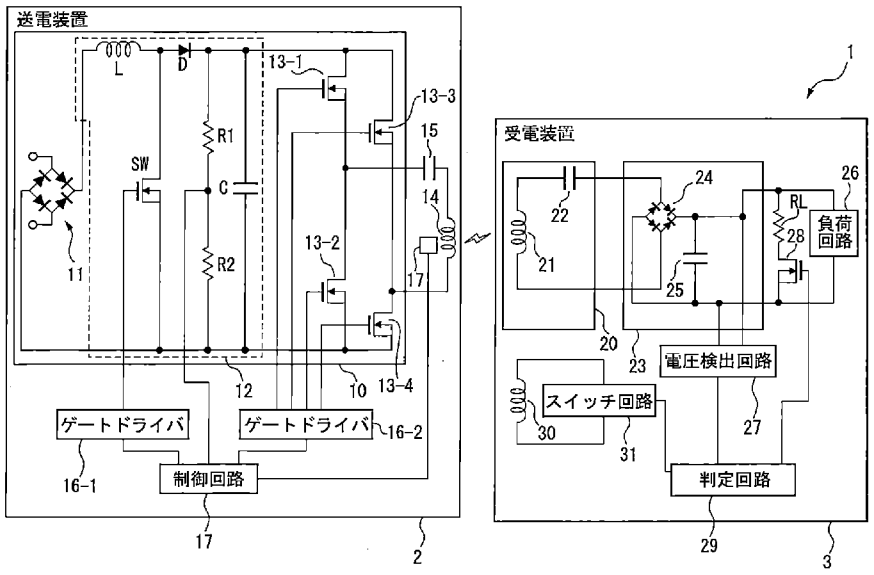
(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 中尾 悟朗(**NAKAO, Goro**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 河合 佑介(**KAWAI, Yusuke**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 田畑 謙一(**TABATA, Kenichi**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 野村 篤司(**NOMURA, Atsushi**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 武山 孝博(**TAKEYAMA, Takahiro**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 中

(54) **Title:** NON-CONTACT POWER FEEDING DEVICE

(54) 発明の名称： 非接触給電装置

図1



2 Power transmission device
3 Power receiving device
16-1, 16-2 Gate driver
17 Control circuit
26 Load circuit
27 Voltage detection circuit
29 Determination circuit
31 Switch circuit

(57) **Abstract:** A power transmission device 2 of this non-contact power feeding device 1 has a control circuit 18 for controlling, on the basis of the aging change of the strength of a magnetic field detected by a magnetic field detection element 17 for detecting the strength of a magnetic field generated from a transmission coil 14 of the power transmission device 2, at least one of the switching frequency and voltage of AC power supplied to the transmission coil 14 from a power supply circuit 10. Meanwhile, a power receiving device 3 has a resonant circuit 20 having a receiving coil 21 for

WO 2020/095643 A1

［続葉有］

條 雅暢(NAKAJO, Masanobu); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 青 木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目５番１号 虎ノ門３７森ビル青和特許法律事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

receiving power from the power transmission device 2 and a resonance suppression coil 30 disposed so as to be able to electromagnetically couple with the receiving coil 21.

(57) 要約：非接触給電装置１の送電装置２は、送電装置２の送信コイル１４から生じる磁界の強さを検出する磁界検出素子１７により検出された磁界の強さの経時変化に基づいて、電力供給回路１０から送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧の少なくとも一方を制御する制御回路１８とを有する。一方、受電装置３は、送電装置２からの電力を受信する受信コイル２１を有する共振回路２０と、受信コイル２１と電磁結合可能に配置される共振抑制コイル３０とを有する。

明　細　書

発明の名称 ： 非接触給電装置

技術分野

[0001] 本発明は、非接触給電装置に関する。

背景技術

[0002] 従来より、金属の接点などを介さずに、空間を通じて電力を伝送する、いわゆる非接触給電（ワイヤレス給電とも呼ばれる）技術が研究されている。

[0003] 非接触給電技術を利用した給電装置（以下、単に非接触給電装置と呼ぶ）では、一次側（送電側）のコイルと二次側（受電側）のコイル間の位置関係が変動すると、その二つのコイル間の結合度が変化する。その結果として、受電側の装置から負荷回路への出力電圧も変動する。そこで、出力電圧を一定に保つための技術が提案されている（例えば、特許文献１及び２を参照）。

[0004] 例えば、特許文献１には、受電装置において、共振回路からの出力電圧の測定値が所定の許容範囲に含まれるか否かを表す判定情報を含む信号を通信により送電装置へ送信し、送電装置がその判定情報を参照して、送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を制御することが提案されている。また、特許文献２には、受電側に、受電共振コイルと磁気結合したコントロールコイルを含む共振抑制回路を設け、出力電圧を監視して、コントロールコイルをスイッチにより短絡、開放する方法で共振動作を抑制することで、出力電圧を設定値以下に抑えることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第６３９０８０８号公報

特許文献2：特開２０１５－６５７２４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献１に開示された技術では、送電装置と受電装置間の通信が何らかの理由により行えない場合、非接触給電装置は、受電装置の共振回路からの出力電圧を一定の範囲に保つことができなくなるおそれがある。また、特許文献２に開示された技術では、送電側のコイルに供給される交流電力の周波数及び電圧は一定であるため、送電側のコイルと受電側のコイル間の結合度によっては、送電側のコイルに供給される交流電力の周波数において力率が低下することがある。その結果として、電力伝送効率が低下して、電力伝送に伴うエネルギー損失が増大してしまう。

[0007] そこで、本発明は、送電装置と受電装置間の通信を利用することなく、受電装置の共振回路からの出力電圧を一定の範囲内に保つことができる非接触給電装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一つの形態として、送電装置と、送電装置から非接触で電力伝送される受電装置とを有する非接触給電装置が提供される。この非接触給電装置において、送電装置は、受電装置へ電力を供給する送信コイルと、送信コイルに対して交流電力を供給し、かつ、送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧の少なくとも一方を調整可能な電力供給回路と、送信コイルから生じる磁界の強さを検出する磁界検出素子と、磁界検出素子により検出された磁界の強さの経時変化に基づいて、電力供給回路から送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧の少なくとも一方を制御する制御回路とを有する。受電装置は、送電装置からの電力を受信する受信コイルと、受信コイルと直列に接続される共振コンデンサとを有する共振回路と、共振回路を介して受信した電力を整流する整流回路と、受信コイルと電磁結合可能に配置される共振抑制コイルとを有する。

本発明に係る非接触給電装置は、このような構成を有することにより、送電装置と受電装置間の通信を利用することなく、受電装置の共振回路からの出力電圧を一定の範囲内に保つことができる。

[0009] この非接触給電装置において、送電装置の磁界検出素子は、送信コイルの

巻き線の巻軸と直交する面においてその巻き線の内側に設けられることが好ましい。

これにより、磁界検出素子は、受電装置の共振回路の共振条件の変化に応じた磁界の強さの変化を精度よく検出することが可能となる。

[0010] この場合において、非接触給電装置の受電装置は、共振抑制コイルと接続され、共振抑制コイルの短絡または開放を切り替え可能なスイッチ回路と、整流回路から出力される電力の出力電圧を測定してその出力電圧の測定値を求める電圧検出回路と、出力電圧の測定値が第１の上限閾値以上となると、共振抑制コイルを短絡するようスイッチ回路を制御し、一方、出力電圧の測定値が第１の上限閾値よりも低い第１の下限閾値以下となると、共振抑制コイルを開放するようスイッチ回路を制御する判定回路とをさらに有することが好ましい。

これにより、非接触給電装置は、送信コイルと受信コイル間の結合度の変動により出力電圧が過度に上昇することを抑制して、受電装置及び受電装置と接続される負荷回路が故障することを防止できる。

[0011] あるいは、非接触給電装置の受電装置の整流回路は、整流回路から出力される電圧を平滑化する平滑コンデンサを有し、受電装置は、共振抑制コイルと平滑コンデンサとの間に接続され、かつ、共振抑制コイルに生じる電圧を整流することで得られる電圧が平滑コンデンサの両端子間電圧よりも高い場合に共振抑制コイルに生じる電圧に応じた電力を平滑コンデンサへ出力する第２の整流回路をさらに有することが好ましい。

これにより、非接触給電装置は、受電装置が有する共振回路に生じる電圧が過度に上昇することを抑制できる。

[0012] また、非接触給電装置の送電装置の制御回路は、磁界検出素子により検出された磁界の強さの変動周期が長くなるように、電力供給回路から送信コイルに供給される交流電力の電圧を制御することが好ましい。

これにより、非接触給電装置は、共振回路の共振条件が、電力伝送の効率が低下する条件となっている期間を短くできるので、電力伝送効率を向上で

きる。

[0013] この場合において、送電装置の制御回路は、磁界の強さの変動周期が最小となる、電力供給回路から送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数を探索し、かつ、磁界の強さの変動周期が最小となるスイッチング周波数の交流電力が送信コイルに供給されているときに、磁界の強さの変動周期が長くなるように、電力供給回路から送信コイルに供給される交流電力の電圧を制御することが好ましい。

これにより、非接触給電装置は、磁界の強さの変動周期に占める、共振抑制コイルが短絡されているといった、共振回路の共振条件が、電力伝送の効率が低下する条件となっている期間の割合を小さくできるので、電力伝送効率をより向上できる。

[0014] あるいは、非接触給電装置の送電装置の制御回路は、磁界検出素子により検出された磁界の強さの変動周期が長くなるように、電力供給回路から送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数を制御することが好ましい。

これにより、非接触給電装置は、共振回路の共振条件が、電力伝送の効率が低下する条件となっている期間を短くできるので、電力伝送効率を向上できる。

[0015] さらに、非接触給電装置の受電装置の判定回路は、送電装置から受電装置への電力供給が開始されたとき、または、共振抑制コイルが開放されている期間の長さが所定期間よりも長い場合、出力電圧の測定値が第１の上限閾値よりも低い第２の上限閾値以上となると、共振抑制コイルを短絡するようスイッチ回路を制御し、一方、出力電圧の測定値が第２の上限閾値よりも低い第２の下限閾値以下となると、共振抑制コイルを開放するようスイッチ回路を制御することが好ましい。

これにより、非接触給電装置は、出力電圧が低い場合でも、共振抑制コイルを短絡することを可能として、送信コイルが効率良く電力伝送可能なスイッチング周波数及び電圧を探索することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は、本発明の一つの実施形態に係る非接触給電装置の概略構成図である。

[図2A]図２Ａは、磁界検出素子の取り付け位置の一例を示す図である。

[図2B]図２Ｂは、磁界検出素子の取り付け位置の一例を示す図である。

[図3A]図３Ａは、受電装置の受信コイルが開放されたときの磁界検出素子の取り付け位置と検出される磁界の強さの関係を表すシミュレーション結果を示す図である。

[図3B]図３Ｂは、受電装置の受信コイルが短絡されたときの磁界検出素子の取り付け位置と検出される磁界の強さの関係を表すシミュレーション結果を示す図である。

[図4]図４は、磁界変動周期の関係の一例を示す模式図である。

[図5]図５は、送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧制御処理の動作フローチャートである。

[図6]図６は、変形例による、受電装置の概略構成図である。

[図7]図７は、他の変形例による、送電装置の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の一つの実施形態による非接触給電装置を、図を参照しつつ説明する。この非接触給電装置では、受電側の装置（以下、単に受電装置と呼ぶ）が、受電用の受信コイルとともに、その受信コイルと電磁結合可能なように設けられた共振抑制用のコイル（以下、単に共振抑制コイルと呼ぶ）を有する。そして受信コイルを含む共振回路からの出力電圧が所定の閾値以上となると、受電装置は、共振抑制コイルを短絡して共振回路の共振条件を変化させる。一方、送電側の装置（以下、単に送電装置と呼ぶ）は、受信コイルと電磁結合して受電装置へ電力を伝送するための送信コイルに流れる電流に応じた磁界の強さを検知するための磁界検出素子を有し、磁界検出素子により検知された磁界の強さの経時変化により、共振抑制コイルが短絡または開放されたタイミングを推定する。そして送電装置は、共振抑制コイルが

開放されてから、一旦短絡されて再度開放されるまでの周期が短くなるように、かつ、その周期において、共振抑制コイルが開放されている期間の割合が大きくなるように、送信コイルに供給される交流電力の周波数及び電圧を制御する。これにより、この非接触給電装置は、送電装置と受電装置間の通信を利用することなく、受電装置の共振回路からの出力電圧を一定の範囲内に保ちつつ、電力伝送効率を向上する。

[0018] 図１は、本発明の一つの実施形態に係る非接触給電装置の概略構成図である。図１に示されるように、非接触給電装置１は、送電装置２と、送電装置２から空間を介して非接触で電力伝送される受電装置３とを有する。送電装置２は、電力供給回路１０と、送信コイル１４と、コンデンサ１５と、ゲートドライバ１６－１、１６－２と、磁界検出素子１７と、制御回路１８とを有する。一方、受電装置３は、受信コイル２１及び共振コンデンサ２２を有する共振回路２０と、整流平滑回路２３と、負荷回路２６と、電圧検出回路２７と、スイッチング素子２８と、判定回路２９と、共振抑制コイル３０と、スイッチ回路３１とを有する。非接触給電装置１は、送電側における共振を利用しないものの、いわゆる一次直列二次直列コンデンサ方式（以下、ＳＳ方式と呼ぶ）と同様の構成を有するため、定電圧出力動作することが可能となっている。

[0019] 先ず、送電装置２について説明する。

電力供給回路１０は、調節可能なスイッチング周波数、及び、調節可能な電圧を持つ交流電力を送信コイル１４へ供給する。そのために、電力供給回路１０は、電源１１と、力率改善回路１２と、４個のスイッチング素子１３－１～１３－４とを有する。

[0020] 電源１１は、所定の脈流電圧を持つ電力を供給する。そのために、電源１１は、商用の交流電源と接続され、その交流電源から供給された交流電力を整流するための全波整流回路を有する。

[0021] 力率改善回路１２は、電源１１から出力された電力の電圧を、制御回路１８からの制御に応じた電圧に変換して出力する。そのために、力率改善回路

１２は、例えば、電源１１の正極側端子から順に直列に接続されるコイルL及びダイオードDと、コイルLとダイオードDの間にドレイン端子が接続され、電源１１の負極側端子にソース端子が接続されたnチャネル型のMOSFETであるスイッチング素子SWと、ダイオードDを挟んでスイッチング素子SWと並列に接続される平滑コンデンサCを有する。またスイッチング素子SWのゲート端子は、ゲートドライバ１６－１と接続される。さらに、力率改善回路１２は、電源１１の正極側端子と負極側端子との間に直列に接続される二つの抵抗R1、R2を有する。この抵抗R1、R2は、ダイオードDと平滑コンデンサCとの間に、平滑コンデンサCと並列に接続される。そして抵抗R1と抵抗R2間の電圧が、ダイオードDから出力される電圧を表すものとして、制御回路１８により測定される。

[0022] 制御回路１８により指示されたデューティ比にしたがって、かつ、ダイオードDから出力される電流波形の軌跡が、電源１１から供給される電圧の軌跡と一致するように、ゲートドライバ１６－１がスイッチング素子SWのオン／オフを制御することにより、力率改善回路１２は、力率改善動作を実行する。そしてスイッチング素子SWがオンとなるデューティ比が高くなるほど、ダイオードDから出力される電圧は高くなる。

[0023] ダイオードDから出力される電圧は、平滑コンデンサCにより平滑化されて、４個のスイッチング素子１３－１～１３－４を介して送信コイル１４へ供給される。

[0024] なお、力率改善回路１２は、上記の構成に限られず、制御回路１８からの制御によって出力電圧を調整可能な他の構成を有していてもよい。

[0025] ４個のスイッチング素子１３－１～１３－４は、例えば、nチャネル型のMOSFETとすることができる。そして４個のスイッチング素子１３－１～１３－４のうち、スイッチング素子１３－１とスイッチング素子１３－２は、電源１１の正極側端子と負極側端子との間に、力率改善回路１２を介して直列に接続される。また本実施形態では、電源１１の正極側に、スイッチング素子１３－１が接続され、一方、電源１１の負極側に、スイッチング素子１３－

２が接続される。そしてスイッチング素子１３－１のドレイン端子は、力率改善回路１２を介して電源１１の正極側端子と接続され、スイッチング素子１３－１のソース端子は、スイッチング素子１３－２のドレイン端子と接続される。また、スイッチング素子１３－２のソース端子は、力率改善回路１２を介して電源１１の負極側端子と接続される。さらに、スイッチング素子１３－１のソース端子、及び、スイッチング素子１３－２のドレイン端子は、送信コイル１４の一端に接続され、スイッチング素子１３－２のソース端子は、スイッチング素子１３－４を介して送信コイル１４の他端に接続される。

[0026] 同様に、４個のスイッチング素子１３－１～１３－４のうち、スイッチング素子１３－３とスイッチング素子１３－４は、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－２と並列に、かつ、力率改善回路１２を介して電源１１の正極側端子と負極側端子との間に直列に接続される。また、電源１１の正極側に、スイッチング素子１３－３が接続され、一方、電源１１の負極側に、スイッチング素子１３－４が接続される。そしてスイッチング素子１３－３のドレイン端子は、力率改善回路１２を介して電源１１の正極側端子と接続され、スイッチング素子１３－３のソース端子は、スイッチング素子１３－４のドレイン端子と接続される。また、スイッチング素子１３－４のソース端子は、力率改善回路１２を介して電源１１の負極側端子と接続される。さらに、スイッチング素子１３－３のソース端子、及び、スイッチング素子１３－４のドレイン端子は、送信コイル１４の他端に接続される。

[0027] また、各スイッチング素子１３－１～１３－４のゲート端子は、ゲートドライバ１６－２を介して制御回路１８と接続される。さらに、各スイッチング素子１３－１～１３－４のゲート端子は、オンとなる電圧が印加されたときにそのスイッチング素子がオンとなることを保証するために、それぞれ、抵抗を介して自素子のソース端子と接続されてもよい。そして各スイッチング素子１３－１～１３－４は、制御回路１８からの制御信号にしたがって、調整可能なスイッチング周波数にてオン／オフが切り替えられる。本実施形

態では、スイッチング素子１３－１とスイッチング素子１３－４とがオンとなっている間、スイッチング素子１３－２とスイッチング素子１３－３とがオフとなり、逆に、スイッチング素子１３－２とスイッチング素子１３－３とがオンとなっている間、スイッチング素子１３－１とスイッチング素子１３－４とがオフとなるように、スイッチング素子１３－１とスイッチング素子１３－４の組と、スイッチング素子１３－２とスイッチング素子１３－３との組について交互にオン／オフが切り替えられる。これにより、電源１１から力率改善回路１２を介して供給された直流電力は、各スイッチング素子のスイッチング周波数を持つ交流電力に変換されて、送信コイル１４に供給される。

[0028] 送信コイル１４は、例えば、磁界検出素子１７が取り付けられた凸型コア、ポットコアあるいは平面コア及びそのようなコアに巻き付けられた巻き線を有する。そして送信コイル１４は、電力供給回路１０から供給された交流電力を、空間を介して受電装置３の共振回路２０へ伝送する。

[0029] コンデンサ１５は、送信コイル１４と直列に接続され、送信コイル１４に流れる直流電流を遮断する。なお、コンデンサ１５の静電容量は、送信コイル１４とコンデンサ１５とにより形成される共振回路の共振周波数が、電力供給回路１０から送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数の調整範囲に含まれる周波数と異なるように、すなわち、電力供給回路１０から送信コイル１４に供給される交流電力に対して送信コイル１４とコンデンサ１５とにより形成される共振回路が共振しないように設定されることが好ましい。また、コンデンサ１５は省略されてもよい。

[0030] ゲートドライバ１６－１は、制御回路１８から、力率改善回路１２のスイッチング素子SWのオン／オフを切り替える制御信号を受信し、その制御信号に応じて、スイッチング素子SWのゲート端子に印加する電圧を変化させる。すなわち、ゲートドライバ１６－１は、スイッチング素子SWをオンにする制御信号を受け取ると、スイッチング素子SWのゲート端子に、スイッチング素子SWがオンとなる相対的に高い電圧を印加する。一方、ゲートドライバ１６

－１は、スイッチング素子SWをオフにする制御信号を受け取ると、スイッチング素子SWのゲート端子に、スイッチング素子SWがオフとなる、相対的に低い電圧を印加する。これにより、ゲートドライバ１６－１は、制御回路１８により指示されたタイミングで力率改善回路１２のスイッチング素子SWのオン／オフを切り替える。

[0031] ゲートドライバ１６－２は、制御回路１８から、各スイッチング素子１３－１～１３－４のオン／オフを切り替える制御信号を受信し、その制御信号に応じて、各スイッチング素子１３－１～１３－４のゲート端子に印加する電圧を変化させる。すなわち、ゲートドライバ１６－２は、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４をオンにする制御信号を受け取ると、スイッチング素子１３－１のゲート端子及びスイッチング素子１３－４のゲート端子に、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４がオンとなる相対的に高い電圧を印加する。これにより、電源１１からの電流が、スイッチング素子１３－１、送信コイル１４及びスイッチング素子１３－４を介して流れるようになる。一方、ゲートドライバ１６－２は、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４をオフにする制御信号を受け取ると、スイッチング素子１３－１のゲート端子及びスイッチング素子１３－４のゲート端子に、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４がオフとなり、電源１１からの電流がスイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４を流れなくなる、相対的に低い電圧を印加する。ゲートドライバ１６－２は、スイッチング素子１３－２及びスイッチング素子１３－３についても同様に、ゲート端子に印加する電圧を制御する。したがって、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４がオフとなり、スイッチング素子１３－２及びスイッチング素子１３－３がオンとなると、電源１１からの電流が、スイッチング素子１３－３、送信コイル１４及びスイッチング素子１３－２を介して流れるようになる。

[0032] 磁界検出素子１７は、例えば、ホール素子あるいはホールＩＣであり、送信コイル１４に流れる電流により生じる磁界を検出する。そして磁界検出素

子１７は、検出した磁界の強さを表す信号を制御回路１８へ出力する。

[0033] 図２Ａ及び図２Ｂは、それぞれ、磁界検出素子１７の取り付け位置の一例を示す図である。図２Ａに示される例では、送信コイル１４の巻き線１４ａは、凸型コア１４ｂに巻き付けられる。そして磁界検出素子１７は、巻き線１４ａの内側、すなわち、巻き線１４ａが巻き付けられた、凸型コア１４ｂの中央の凸部において、受信コイル２１に面する方の表面に取り付けられる。

[0034] 一方、図２Ｂに示される例では、送信コイル１４の巻き線１４ａは、ポットコア１４ｃに巻き付けられる。この場合も、磁界検出素子１７は、巻き線１４ａの内側、すなわち、巻き線１４ａが巻き付けられた、ポットコア１４ｃの中央の凸部において、受信コイル２１に面する方の表面に取り付けられる。

[0035] なお、磁界検出素子１７の取り付け位置は、巻き線１４ａの内側であればよく、コアの凸部の中心位置からずれていてもよい。このように磁界検出素子１７を取り付けることで、制御回路１８は、磁界検出素子１７により検知された磁界の強さに基づいて、受電装置３の共振抑制コイルが短絡または開放されることによる磁界の変化を検知することが容易となる。

[0036] 図３Ａは、受電装置３の受信コイル２１が開放されたとき（すなわち、共振抑制コイル３０が開放されたときに対応）の磁界検出素子１７の取り付け位置と検出される磁界の強さの関係を表すシミュレーション結果を示す図であり、図３Ｂは、受電装置３の受信コイル２１が短絡されたとき（すなわち、共振抑制コイル３０が短絡されたときに対応）の磁界検出素子１７の取り付け位置と検出される磁界の強さの関係を表すシミュレーション結果を示す図である。このシミュレーションにおいて、送信コイル１４の巻き数及び受信コイル２１の巻き数をそれぞれ３２とし、送信コイル１４と受信コイル２１とは、互いの巻き線の中心が同軸となり、かつ、互いに対して30㎜離れた位置に配置されるものとした。そして送信コイル１４及び受信コイル２１のそれぞれについて、コアの底面、すなわち、送信コイル１４と受信コイル２

１とが互いに対向する方のコアの表面とは反対側のコアの面の厚さを2㎜、直径を80㎜とし、巻き線が巻き付けられるコアの凸部の厚さを16㎜、直径を60㎜とした。すなわち、コアの凸部の中心から巻き線までの距離を30㎜とした。また、共振コンデンサ２２の容量を17.14nFとし、負荷回路２６の抵抗値を6.5Ωとした。さらに、送信コイル１４に供給される交流電力の周波数及び電圧を、負荷回路２６にて200W消費されるような値とした。そして磁界検出素子１７は、送信コイル１４のコアの凸部の表面から、受信コイル２１側へ1㎜離れた位置に配置されるものとした。

[0037] 図３Ａ及び図３Ｂにおいて、横軸は、コアの凸部の表面に沿った、コアの凸部の中心からの距離を表し、縦軸は磁界の強さ（磁束密度）を表す。図３Ａに示される波形３０１は、受信コイル２１が開放されたときの、コアの凸部の中心からの距離と検出される磁界の強さの関係を表す。一方、図３Ｂに示される波形３０２は、受信コイル２１が短絡されたときの、コアの凸部の中心からの距離と検出される磁界の強さの関係を表す。波形３０１及び波形３０２に示されるように、送信コイル１４の巻き線の内側では、受信コイル２１が開放されたときと短絡されたときとで検出される磁界の強さが異なる。また、受信コイル２１が短絡されたときに検出される磁界の強さと受信コイル２１が解放されたときとに検出される磁界の強さの差は、コアの凸部の中心に近いほど大きくなる。このことから、磁界検出素子１７の取り付け位置は、送信コイル１４の巻き線が巻き付けられるコアの軸（すなわち、巻軸）方向と直交する面において巻き線の内側であればよいこと、及び、その取り付け位置は、コアの凸部の中心に近いほど、すなわち、巻軸に近いほど好ましいことが分かる。

[0038] 制御回路１８は、例えば、不揮発性のメモリ回路及び揮発性のメモリ回路と、演算回路と、他の回路と接続するためのインターフェース回路とを有する。そして制御回路１８は、磁界検出素子１７により検知された磁界の強さの経時変化に基づいて、電力供給回路１０から送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を制御する。

[0039] そのために、本実施形態では、制御回路１８は、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４の組とスイッチング素子１３－２及びスイッチング素子１３－３の組とが交互にオンとなり、かつ、スイッチング周波数に対応する１周期内でスイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４の組がオンとなっている期間とスイッチング素子１３－２及びスイッチング素子１３－３の組がオンとなっている期間とが等しくなるように、各スイッチング素子１３－１～１３－４を制御する。なお、制御回路１８は、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４の組とスイッチング素子１３－２及びスイッチング素子１３－３の組が同時にオンとなり、電源１１が短絡されることを防止するために、スイッチング素子１３－１及びスイッチング素子１３－４の組とスイッチング素子１３－２及びスイッチング素子１３－３の組のオン／オフを切り替える際に、両方のスイッチング素子の組がオフとなるデッドタイムを設けてもよい。

[0040] また、制御回路１８は、送信コイル１４への印加電圧に相当する、力率改善回路１２のスイッチング素子SWのオン／オフ制御のデューティ比と、力率改善回路１２のダイオードDからの出力電圧の変化に応じて、スイッチング素子SWのオン／オフを切り替えるタイミングを決定し、そのタイミングを表す制御信号をゲートドライバ１６－１へ出力する。

[0041] なお、制御回路１８による、スイッチング周波数及び送信コイル１４への印加電圧の制御の詳細については後述する。

[0042] 次に、受電装置３について説明する。

共振回路２０は、互いに直列に接続される受信コイル２１と共振コンデンサ２２とからなるＬＣ共振回路である。そして共振回路２０が有する受信コイル２１の一端が共振コンデンサ２２を介して整流平滑回路２３の一方の入力端子に接続される。また、受信コイル２１の他端が、整流平滑回路２３の他方の入力端子に接続される。

[0043] 受信コイル２１は、共振コンデンサ２２とともに、送電装置２の送信コイル１４に流れる交流電流と共振することで、送信コイル１４から電力を受信

する。そして受信コイル２１は、共振コンデンサ２２を介して、受信した電力を整流平滑回路２３へ出力する。なお、受信コイル２１の巻き数と、送電装置２の送信コイル１４の巻き数は同一でもよく、あるいは、異なっていてもよい。

[0044] 共振コンデンサ２２は、受信コイル２１と直列に接続される。すなわち、共振コンデンサ２２は、その一端で受信コイル２１の一端と接続され、他端で整流平滑回路２３と接続される。そして共振コンデンサ２２は、受信コイル２１とともに共振することで受信した電力を整流平滑回路２３へ出力する。

[0045] 整流平滑回路２３は、整流回路の一例であり、ブリッジ接続された４個のダイオードを有する全波整流回路２４と平滑コンデンサ２５とを有し、共振回路２０により受信され、かつ、共振回路２０から受け取った電力を整流し、かつ、平滑化して、直流電力に変換する。そして整流平滑回路２３は、その直流電力を、負荷回路２６に出力する。

[0046] 電圧検出回路２７は、整流平滑回路２３の両端子間の出力電圧を所定の周期ごとに測定する。整流平滑回路２３の両端子間の出力電圧は、共振回路２０の出力電圧と１対１に対応するので、整流平滑回路２３の両端子間の出力電圧の測定値は、間接的に共振回路２０の出力電圧の測定値となる。電圧検出回路２７は、例えば、直流電圧を検出できる公知の様々な電圧検出回路の何れかとすることができる。そして電圧検出回路２７は、その出力電圧の測定値を表す電圧検出信号を判定回路２９へ出力する。

[0047] スイッチング素子２８は、例えば、MOSFETであり、整流平滑回路２３に対して、負荷回路２６と並列に接続される抵抗R_Lと直列に接続される。スイッチング素子２８は、オンとなると整流平滑回路２３から出力される電流が抵抗R_Lを介して流れるようにし、一方、オフとなると整流平滑回路２３から出力される電流が抵抗R_Lを流れず、負荷回路２６へ流れるようにする。

[0048] 判定回路２９は、電圧検出回路２７から受け取った出力電圧の測定値が所定の上限閾値以上となっているか否か判定する。そしてその測定値が上限閾

値以上となっている場合、共振抑制コイル３０を短絡するよう、スイッチ回路３１を制御する。これにより、判定回路２９は、出力電圧の測定値が上限閾値に達すると直ちに共振回路２０の共振周波数を変更して送電装置２と受電装置３間で伝送される電力を低下させ、その結果として共振回路２０からの出力電圧を低下させることができる。なお、上限閾値は、負荷回路２６及び受電装置３が故障しない電圧の上限値またはその上限値から所定のオフセット値を減じた値とすることができる。

[0049] また、判定回路２９は、出力電圧の測定値が所定の下限閾値以下となっているか否か判定する。そしてその測定値が下限閾値以下となっている場合、共振抑制コイル３０を開放するよう、スイッチ回路３１を制御する。これにより、判定回路２９は、出力電圧の測定値が下限閾値まで低下すると直ちに共振回路２０の共振周波数を元に戻して送電装置２と受電装置３間で伝送される電力を増加させ、その結果として共振回路２０からの出力電圧を上昇させることができる。なお、下限閾値は、上限閾値よりも所定値だけ低い値、例えば、負荷回路２６の仕様により定まる、負荷回路２６が動作可能な電圧の最小値とすることができる。

[0050] さらに、判定回路２９は、共振抑制コイル３０が開放されてから、一旦短絡されて再度開放されるまでの期間が所定の期間よりも長くなると、スイッチング素子２８をオンにする。これにより、送電装置２にて、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が最適化されていない場合、抵抗R_Lが共振回路２０で接続された状態で、送電装置２は、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を最適化できる。

[0051] そのために、判定回路２９は、例えば、上限閾値及び下限閾値を記憶するメモリ回路と、出力電圧の測定値を、上限閾値及び下限閾値のそれぞれと比較する演算回路と、タイマ回路と、スイッチング素子２８及びスイッチ回路３１のオン／オフを制御するための制御回路を有する。なお、判定回路２９は、出力電圧の測定値を上限閾値及び下限閾値と比較し、その結果に応じて

スイッチング素子２８及びスイッチ回路３１のオン／オフを切り替えるための回路として、特許文献１に記載のコントロールコイルのオン／オフの制御に用いられる回路と同様の回路を有していてもよい。

[0052] 共振抑制コイル３０は、共振回路２０の受信コイル２１と電磁結合可能に設けられる。例えば、共振抑制コイル３０と受信コイル２１とは、同一のコアに対して巻き付けられる。また共振抑制コイル３０の両端は、それぞれ、スイッチ回路３１と接続される。そして共振抑制コイル３０がスイッチ回路３１により短絡されると、共振抑制コイル３０は受信コイル２１と電磁結合し、共振回路２０の共振周波数が変化する。そのため、共振回路２０からの出力電圧が過度に上昇しても、共振抑制コイル３０が短絡されることで、送電装置２から受電装置３へ伝送される電力が低下するので、共振回路２０からの出力電圧も低下する。なお、受信コイル２１の巻き数と共振抑制コイル３０の巻き数は等しくてもよく、あるいは、異なっていてもよい。

[0053] 一方、スイッチ回路３１が共振抑制コイル３０の両端を開放すると、共振抑制コイル３０は、送信コイル１４と受信コイル２１間の共振に関与しなくなり、送電装置２から受電装置３への電力伝送に影響しなくなる。

[0054] スイッチ回路３１は、例えば、リレー、あるいは、MOSFETを有し、共振抑制コイル３０の両端と接続され、判定回路２９からの制御信号に応じて共振抑制コイル３０を短絡するか、開放するかを切り替える。すなわち、スイッチ回路３１は、判定回路２９からオンとなる制御信号を受信している間、共振抑制コイル３０を短絡する。一方、スイッチ回路３１は、判定回路２９からオフとなる制御信号を受信している間、共振抑制コイル３０の両端を開放する。

[0055] 以下、非接触給電装置１の動作の詳細について説明する。

[0056] 本実施形態では、送電装置２の制御回路１８は、磁界検出素子１７により測定された磁界の強さの経時変化に基づいて、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を制御する。

[0057] ここで、共振回路２０が送信コイル１４を流れる交流電流と共振する周波

数（以下、単に共振周波数と呼ぶことがある）は、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度に依存する。したがって、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が変われば、その共振周波数も変化する。そして、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数がその共振周波数に近づくにつれて、共振回路２０からの出力電圧は高くなる。そのため、共振抑制コイル３０が開放されてから、共振抑制コイル３０が短絡され、その後、共振抑制コイル３０が再度開放されるまでの期間の長さは、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数が共振周波数に近づくほど短くなる。

[0058] さらに、共振回路２０からの出力電圧が上昇するときは、単位時間当たりの送信コイル１４に流れる電流の変位量が大きいほど、送信コイル１４に流れる電流により生じる磁界は強くなる。そして共振抑制コイル３０が開放されたときからの経過時間に応じて、平滑コンデンサ２５にチャージされている電荷量の増加が緩やかになるので、共振抑制コイル３０が開放された直後において、単位時間当たりの送信コイル１４に流れる電流の変位量は最大となる。したがって、共振抑制コイル３０が開放されてから、共振抑制コイル３０が短絡され、その後、共振抑制コイル３０が再度開放されるまでの期間において、磁界検出素子１７により検出された磁界の強度が最大となるときが、共振抑制コイル３０が開放されたタイミングに相当する。一方、共振抑制コイル３０が短絡されている間、送信コイル１４から受信コイル３０への電力伝送は停止するので、送信コイル１４に流れる電流は一定となり、したがって磁界検出素子１７により検出される磁界の強さも一定、かつ、共振抑制コイル３０が開放されているときの磁界の強さよりも小さくなる。したがって、共振抑制コイル３０が開放されてから、共振抑制コイル３０が短絡され、その後、共振抑制コイル３０が再度開放されるまでの期間において、磁界検出素子１７により検出された磁界の強度が最小となるときが、共振抑制コイル３０が短絡されたタイミングに相当する。したがって、制御回路１８は、磁界検出素子１７により検出される磁界の強さが極大値となるタイミン

グを共振抑制コイル３０が開放されたタイミングとして推定し、磁界検出素子１７により検出される磁界の強さが極小値となるタイミングを共振抑制コイル３０が短絡されるタイミングとして推定すればよい。このように、上記の期間は、磁界検出素子１７により検出された磁界の強度変動の周期と対応する。以下では、磁界検出素子１７により検出された磁界の強度変動の周期を、説明の便宜上、磁界変動周期と呼ぶ。

[0059] 図４は、磁界変動周期の一例を示す模式図である。図４において、横軸は時間を表し、縦軸は磁界の強さ（磁束密度）を表す。波形４０１は、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数と共振回路２０の共振周波数との差が相対的に大きい場合における、磁界の強度変動を表す。また、波形４０２は、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数と共振回路２０の共振周波数との差が相対的に小さい場合における、磁界の強度変動を表す。そして期間Ｔは、磁界変動周期を表す。波形４０１及び波形４０２に示されるように、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数と共振回路２０の共振周波数との差が小さいほど、磁界変動周期Ｔが短くなる。これは、磁界変動周期Ｔのうち、磁界の強さが最大となるタイミング（すなわち、共振抑制コイル３０が開放されたタイミング）から、磁界の強さが最小となるタイミング（すなわち、共振抑制コイル３０が短絡されたタイミング）までの期間Ts1の長さが、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数と共振回路２０の共振周波数との差が小さいほど短くなるためである。一方、磁界変動周期Ｔのうち、磁界の強さが最小となっている期間（すなわち、共振抑制コイル３０が短絡されている期間）Ts2の長さは、平滑コンデンサ２５の容量と負荷回路２６の抵抗値により決まるため、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数と共振回路２０の共振周波数との差に依存しない。

[0060] また、磁界変動周期Ｔは、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が高いほど、または、送信コイル１４に供給される交流電力の電圧が高いほど短くなる。これは、結合度または送信コイル１４に供給される交流電力の電

圧が高いほど、共振回路２０からの出力電圧も高くなるためである。

[0061] 図５は、制御回路１８による、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧制御処理の動作フローチャートである。制御回路１８は、共振回路２０からの出力電圧を一定の範囲内に保つために、受電装置３への電力供給の開始時、あるいは、一定期間ごとに、下記の動作フローチャートに従って、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を制御する。

[0062] 制御回路１８は、電力供給回路１０を制御して、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数を変化させながら、磁界変動周期Ｔが最短となるスイッチング周波数を探索する（ステップＳ１０１）。その際、制御回路１８は、スイッチング周波数ごとに、磁界検出素子１７により検出された磁界の強さが最大となるタイミング及び最小となるタイミングを検出することで、磁界変動周期Ｔを求めればよい。なお、スイッチング周波数を調整する範囲は、例えば、送信コイル１４と受信コイル２１間の想定される結合度の取り得る値の範囲に応じて、予め設定されればよい。また、スイッチング周波数の初期値は、その調整範囲内の任意の周波数であればよい。

[0063] 磁界変動周期Ｔが最短となるスイッチング周波数が検出されると、制御回路１８は、そのスイッチング周波数の交流電力が送信コイル１４に供給されるように、電力供給回路１０を制御する（ステップＳ１０２）。これにより、制御回路１８は、電力供給回路１０に、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度に応じた、共振回路２０の共振周波数と一致するスイッチング周波数を持つ交流電力を送信コイル１４に供給させることができる。

[0064] 次に、制御回路１８は、電力供給回路１０を制御して、送信コイル１４に印加される交流電力の電圧を変化させながら、磁界変動周期Ｔが最長となる、その交流電力の電圧を探索する（ステップＳ１０３）。この場合も、制御回路１８は、送信コイル１４に印加される交流電力の電圧ごとに、磁界検出素子１７により検出された磁界の強さが最大となるタイミング及び最小となるタイミングを検出することで、磁界変動周期Ｔを求めればよい。なお、電

圧を調整する範囲は、例えば、スイッチング周波数ごとに、そのスイッチング周波数の交流電力が送信コイル１４に供給されたときに、受電装置３における、出力電圧の測定値が下限閾値以上となるように予め設定されればよい。また、電圧の初期値は、その調整範囲内の任意の電圧であればよい。

[0065] 磁界変動周期Ｔが最長となる電圧が検出されると、制御回路１８は、その電圧の交流電力が送信コイル１４に供給されるように、電力供給回路１０を制御する（ステップＳ１０４）。これにより、制御回路１８は、磁界変動周期Ｔにおける、共振抑制コイル３０が開放されている期間Ts1の割合を最大化することができる。そのため、制御回路１８は、共振抑制コイル３０の短絡による電力伝送効率の低下を抑制できる。

ステップＳ１０４の後、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が最適化されるので、制御回路１８は、スイッチング周波数及び電圧制御処理を終了する。

[0066] なお、上記のように、磁界変動周期Ｔは、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度、及び、その結合度に応じた共振回路２０の共振周波数と送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数の差に応じて変化する。すなわち、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が最適化された後に、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が小さくなると、共振周波数と送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数との差が大きくなる上、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が低いほど、共振回路２０からの出力電圧も低くなるので、磁界変動周期Ｔが長くなる。一方、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が最適化された後に、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が大きくなると、共振回路２０の出力電圧が上昇して磁界変動周期Ｔが短くなることがある。

[0067] そこで、制御回路１８は、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が最適化された後も、継続的に磁界変動周期Ｔを測定することが好ましい。そして制御回路１８は、磁界変動周期Ｔが、第１の期

間閾値よりも長くなるか、あるいは、第２の期間閾値（ただし、第１の期間閾値＞第２の期間閾値）よりも短くなると、図５に示される動作フローチャートに従ってスイッチング周波数及び電圧制御処理を再度実行してもよい。これにより、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が最適化された後に、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が変化しても、制御回路１８は、その結合度の変化に応じて、送信コイル１４に印加される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を最適化することができる。なお、第１の期間閾値は、例えば、スイッチング周波数及び電圧制御処理の実行直後の磁界変動周期Ｔの数倍、あるいは、送信コイル１４と受信コイル２１間の想定される結合度の値の範囲においてスイッチング周波数が最適化された場合の磁界変動周期Ｔの最大値に所定のオフセット値を加えた値とすることができる。また、第２の期間閾値は、例えば、スイッチング周波数及び電圧制御処理の実行直後の磁界変動周期Ｔに1未満の係数（例えば、0.7～0.9）を乗じた値とすることができる。

[0068] 以上に説明してきたように、この非接触給電装置は、受電装置の共振回路からの出力電圧が上限閾値上になると、共振回路の受信コイルと電磁結合可能な共振抑制コイルを短絡することで共振回路の共振周波数を変化させて伝送される電力を低下させる。一方、送電装置は、送信コイルに流れる電流による磁界の強さの経時変化に基づいて、共振抑制コイルが短絡されるタイミング及び開放されるタイミングを検出することで磁界変動周期を求め、その磁界変動周期の変化に応じて送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧を制御する。そのため、この非接触給電装置は、送電装置と受電装置間の通信を利用することなく、共振回路からの出力電圧が過度に上昇して受電装置または負荷回路が故障することを防止できるとともに、受電装置の共振回路からの出力電圧を一定の範囲内に保ちつつ、電力伝送効率を向上することができる。

[0069] なお、送信コイル１４に供給される交流電力の電圧が低過ぎる場合のように、受電装置３において、出力電圧の測定値が、共振抑制コイル３０を短絡

する上限閾値に達しないことがある。このような場合、制御回路１８は、図５に示される動作フローチャートに従ってスイッチング周波数及び電圧制御処理を実行しても、共振抑制コイル３０が短絡されないため、磁界変動周期Ｔが無限大となって最適なスイッチング周波数及び電圧を求められないことがある。

[0070] そこで、変形例によれば、受電装置３の判定回路２９は、上記の上限閾値及び下限閾値よりも低い、第２の上限閾値及び第２の下限閾値を記憶してもよい。そして判定回路２９は、電力伝送が開始されたとき、または、磁界変動周期Ｔが第１の期間閾値よりも長くなってスイッチング周波数及び電圧制御処理が再度実行される場合、すなわち、共振抑制コイル３０が開放されている期間の長さが所定長以上となる場合には、出力電圧の測定値が第２の上限閾値以上になると共振抑制コイル３０が短絡されるようにスイッチ回路３１を制御し、出力電圧の測定値が第２の下限閾値以下になると共振抑制コイル３０が開放されるようにスイッチ回路３１を制御してもよい。またこの変形例では、判定回路２９は、第２の上限閾値及び第２の下限閾値が用いられる間に限り、すなわち、スイッチング周波数及び電圧制御処理が実行されている間に限り、スイッチング素子２８をオンにしてもよい。

[0071] なお、判定回路２９は、例えば、第２の上限閾値及び第２の下限閾値が用いられている場合において、出力電圧の測定値が第２の上限閾値よりも高く、かつ、上限閾値よりも低い切り替え閾値を超えると、第２の上限閾値及び第２の下限閾値の代わりに、上限閾値及び下限閾値を使用するようにしてもよい。これは、送信コイル１４に対して最適なスイッチング周波数及び電圧を持つ交流電力の供給が開始されると、受電装置３が受電する電力が大きくなり、共振回路２０からの出力電圧が高くなるためである。

[0072] あるいは、判定回路２９は、第２の上限閾値及び第２の下限閾値の使用が開始されてから、所定の期間が経過すると、第２の上限閾値及び第２の下限閾値の代わりに、上限閾値及び下限閾値を使用するようにしてもよい。この場合、所定の期間は、例えば、スイッチング周波数及び電圧制御処理の想定

される所要時間の最大値と等しい期間とすることができる。

[0073] なお、上記の実施形態または変形例において、抵抗R_L及びスイッチング素子２８は省略されてもよい。これにより、非接触給電装置は、スイッチング周波数及び電圧制御処理が実行されている間も、負荷回路２６への電力供給を継続できる。

[0074] また他の変形例によれば、共振抑制コイル３０は、整流回路を介して平滑コンデンサ２５と接続されてもよい。

[0075] 図６は、この変形例による、受電装置の概略構成図である。この変形例による受電装置４は、図１に示される受電装置３と比較して、電圧検出回路２７、スイッチング素子２８、判定回路２９及びスイッチ回路３１の代わりに、整流回路４１を有する点で相違する。そこで、以下では、整流回路４１及びその関連部分について説明する。受電装置４のその他の構成要素については、上記の実施形態における対応する構成要素の説明を参照されたい。

[0076] 共振抑制コイル３０の両端は、それぞれ、整流回路４１の二つの入力端子と接続される。また、共振抑制コイル３０の巻き数n_sが受信コイル２１の巻き数n_mよりも少なくなるように、共振抑制コイル３０の巻き数n_sは設定される。さらに、共振抑制コイル３０の巻き数n_sに対する受信コイル２１の巻き数n_mの比(n_m/n_s)は、共振抑制コイル３０の想定される電圧波高最大値が、負荷回路２６の仕様に応じて設定される、負荷回路２６の動作電圧、すなわち、負荷回路２６が動作しているときの平滑コンデンサ２５からの出力電圧以下となるように設定されることが好ましい。これにより、例えば、非接触給電装置１が電力伝送を開始したときに、共振回路２０の共振周波数と略一致するスイッチング周波数を持つ交流電力が送信コイル１４に供給されるといった場合でも、伝送された電力の一部が共振抑制コイル３０から整流回路４１を介して平滑コンデンサ２５へ流れるので、共振回路２０に過度な電圧が掛かることが抑制される。一方、共振回路２０から全波整流回路２４及び平滑コンデンサ２５を介して負荷回路２６へ出力される電力の電圧がある程度の大きさとなる場合には、平滑コンデンサ２５の両端子間電圧の方が、共振抑制コ

イル３０の両端子間に掛かる電圧による、整流回路４１の二つの出力端子間の電圧よりも高くなるので、共振抑制コイル３０から平滑コンデンサ２５へは電流は流れず、共振抑制コイル３０は、共振回路２０の共振、すなわち、電力伝送に影響しない。

[0077] 整流回路４１は、例えば、ブリッジ接続された４個のダイオードを有する全波整流回路とすることができる。なお、整流回路４１は、他の形式の整流回路であってもよい。整流回路４１の入力側の二つの端子の一方は、共振抑制コイル３０の一端と接続され、その二つの端子の他方は、共振抑制コイル３０の他端と接続される。また、整流回路４１の出力側の二つの端子の一方は、平滑コンデンサ２５の一端と接続され、出力側の二つの端子の他方は、平滑コンデンサ２５の他端と接続される。そして整流回路４１は、共振抑制コイル３０の両端子間に掛かる電圧に応じた、整流回路４１の出力側の二つの端子間の電圧が平滑コンデンサ２５の両端子間電圧よりも高い場合に、共振抑制コイル３０から出力された電力を平滑コンデンサ２５へ出力する。

[0078] この変形例において、共振抑制コイル３０から平滑コンデンサ２５へ電力が出力される期間は、上記の実施形態における、共振抑制コイル３０が短絡されている期間に対応し、その期間において、磁界検出素子１７により検出される磁界の強度はほぼ一定である。一方、共振抑制コイル３０から平滑コンデンサ２５へ電力が出力されなくなると、上記の実施形態における、共振抑制コイル３０が開放されたときと同様に、磁界検出素子１７により検出される磁界の強度は急激に上昇してその強度は最大となる。したがって、送電装置２の制御回路１８は、上記の実施形態と同様に、磁界検出素子１７により検出された磁界の強さの磁界変動周期に基づいて、図５に示される動作フローチャートに従ってスイッチング周波数及び電圧制御処理を実行すればよい。

[0079] この変形例によれば、非接触給電装置は、平滑コンデンサに電荷が溜まっておらず、かつ、受電装置の共振回路の共振周波数と略一致するスイッチング周波数を持つ交流電力が送信コイルに供給されるような場合でも、共振回

路に過度に高い電圧が掛かることを防止できる。

[0080] なお、図６に示される変形例においても、受電装置４は、電圧検出回路２７、判定回路２９及びスイッチ回路３１を有していてもよい。そして判定回路２９は、電圧検出回路２７による出力電圧の測定値が上限閾値以上となると、スイッチ回路３１をオンにして共振抑制コイル３０を短絡し、一方、出力電圧の測定値が下限閾値以下となると、スイッチ回路３１をオフにして共振抑制コイル３０を開放してもよい。

[0081] また、エネルギー伝送効率を向上するためには、送電装置２の電力供給回路１０及び送信コイル１４が継続してソフトスイッチング（誘導性）動作することが好ましい。電力供給回路１０及び送信コイル１４がソフトスイッチング動作するためには、送信コイル１４を流れる電流の位相が印加される電圧の位相よりも遅れることが好ましい。

[0082] そこで、さらに他の変形例によれば、送電装置は、送信コイル１４に流れる電流の位相を調整するための位相制御回路をさらに有していてもよい。

[0083] 図７は、この変形例による、送電装置の概略構成図である。なお、簡単化のために、図７では、電力供給回路１０の詳細、磁界検出素子１７及び各ゲートドライバの図示は省略される。この変形例による送電装置５は、図１に示される送電装置２と比較して、位相制御回路５１を有する点で相違する。そこで、以下では、位相制御回路５１及びその関連部分について説明する。送電装置５のその他の構成要素については、上記の実施形態における対応する構成要素の説明を参照されたい。

[0084] 位相制御回路５１は、送信コイル１４の両端のそれぞれにおいて、一端が送信コイル１４（またはコンデンサ１５）と接続され、他端が接地されるＬＣ直列回路５１ａ、５１ｂを有する。これにより、位相制御回路５１は、送信コイル１４に印加される電圧の位相に対して送信コイル１４に流れる電流の位相を遅らせることができる。そのため、送電装置５は、電力供給回路１０及び送信コイル１４にソフトスイッチング動作させることができる。

[0085] なお、位相制御回路５１は、ＬＣ直列回路５１ａ、５１ｂのそれぞれにつ

いて、互いに並列に接続されるｎ個（ｎは２以上の整数）のコンデンサと、ｎ個のコンデンサのうちの(n-1)個のコンデンサのそれぞれと直列に接続される、MOSFETといったスイッチング素子をさらに有していてもよい。そして送電装置５は、送信コイル１４に流れる電流を測定する電流測定回路をさらに有していてもよい。この場合、制御回路１８は、電流測定回路により測定された、送信コイル１４に流れる電流の波高値が所定の閾値よりも大きくなると、ＬＣ直列回路５１ａ、５１ｂのそれぞれが有するスイッチング素子のオン／オフを切り替えることで、送信コイル１４に印加される電圧の位相に対する送信コイル１４に流れる電流の位相の遅れ量を制御できる。そのため、送信コイル１４と受信コイル２１間の結合度が変化し、その変化に伴って、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧が変化しても、送電装置５は、電力供給回路１０及び送信コイル１４によるソフトスイッチング動作を継続させることができる。

[0086] また、上記の実施形態または各変形例において、送電装置の制御回路１８は、磁界検出素子１７により検出された磁界の強さの経時変化に基づいて、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧の何れか一方のみを制御してもよい。例えば、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数が、送信コイル１４と受信コイル２１間の想定される結合度の最小値に対して最適化された周波数に設定されていればよい。この場合、結合度がその想定される最小値よりも高く、その結果として送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数が最適でないとしても、送信コイル１４から受信コイル２１へ伝送される電力量は、結合度が最小のときよりも大きくなり得る。そのため、制御回路１８は、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数を変更せず、送信コイル１４に供給される交流電力の電圧を、磁界変動周期Ｔが長くなるように制御することで、電力伝送効率を向上できる。同様に、送信コイル１４に供給される交流電力の電圧を、送信コイル１４と受信コイル２１間の想定される結合度の取り得る範囲内の何れかの値において最適化された電圧に設定されてもよい

。この場合には、制御回路１８は、送信コイル１４に供給される交流電力の電圧を変更せず、送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数を、磁界変動周期Ｔが長くなるように制御する。これにより、そのスイッチング周波数は最適な周波数では無いものの、磁界変動周期Ｔにおける、共振抑制コイル３０が短絡されている期間の割合を小さくできるので、制御回路１８は、電力伝送効率を向上できる。

[0087] さらに他の変形例によれば、送電装置２において、送信コイル１４に交流電力を供給する電力供給回路は、スイッチング周波数及び送信コイル１４に印加する電圧を可変に調節できる回路であれば、上記の実施形態とは異なる回路構成を持っていてもよい。さらに、上記のように、スイッチング周波数と送信コイル１４に印加する電圧の何れか一方のみが制御される場合には、電力供給回路は、その一方のみを可変に調節できる回路であればよい。

[0088] また、上記の実施形態または各変形例による非接触給電装置は、ＳＳ方式に従って動作してもよい。すなわち、送電装置２の送信コイル１４とコンデンサ１５とにより構成される共振回路は、電力供給回路から送信コイル１４に供給される交流電力のスイッチング周波数の調整範囲内の何れかの周波数において共振するように、送信コイル１４のインダクタンス及びコンデンサ１５の静電容量が設定されてもよい。

[0089] このように、当業者は、本発明の範囲内で、実施される形態に合わせて様々な変更を行うことができる。

符号の説明

[0090] １　非接触給電装置

２、５　送電装置

１０　電力供給回路

１１　電源

１２　力率改善回路

１３－１～１３－４　スイッチング素子

１４　送信コイル

１４ａ　巻き線

１４ｂ　凸型コア

１４ｃ　ポットコア

１５　コンデンサ

１６－１、１６－２　ゲートドライバ

１７　磁界検出素子

１８　制御回路

３、４　受電装置

２０　共振回路

２１　受信コイル

２２　コンデンサ

２３　整流平滑回路

２４　全波整流回路

２５　平滑コンデンサ

２６　負荷回路

２７　電圧検出回路

２８　スイッチング素子

２９　判定回路

３０　共振抑制コイル

３１　スイッチ回路

４１　整流回路

５１　位相制御回路

５１ａ、５１ｂ　ＬＣ直列回路

請求の範囲

[請求項1] 送電装置と、前記送電装置から非接触で電力伝送される受電装置とを有する非接触給電装置であって、

前記送電装置は、

前記受電装置へ電力を供給する送信コイルと、

前記送信コイルに対して交流電力を供給し、かつ、前記送信コイルに供給される交流電力のスイッチング周波数及び電圧の少なくとも一方を調整可能な電力供給回路と、

前記送信コイルから生じる磁界の強さを検出する磁界検出素子と、

前記磁界検出素子により検出された磁界の強さの経時変化に基づいて、前記電力供給回路から前記送信コイルに供給される前記交流電力のスイッチング周波数及び電圧の少なくとも一方を制御する制御回路とを有し、

前記受電装置は、

前記送電装置からの電力を受信する受信コイルと、前記受信コイルと直列に接続される共振コンデンサとを有する共振回路と、

前記共振回路を介して受信した電力を整流する整流回路と、

前記受信コイルと電磁結合可能に配置される共振抑制コイルと、

を有する非接触給電装置。

[請求項2] 前記磁界検出素子は、前記送信コイルの巻き線の巻軸と直交する面において当該巻き線の内側に設けられる、請求項１に記載の非接触給電装置。

[請求項3] 前記受電装置は、

前記共振抑制コイルと接続され、前記共振抑制コイルの短絡または開放を切り替え可能なスイッチ回路と、

前記整流回路から出力される電力の出力電圧を測定して当該出力電圧の測定値を求める電圧検出回路と、

前記出力電圧の測定値が第１の上限閾値以上となると、前記共振

抑制コイルを短絡するよう前記スイッチ回路を制御し、一方、前記出力電圧の測定値が前記第１の上限閾値よりも低い第１の下限閾値以下となると、前記共振抑制コイルを開放するよう前記スイッチ回路を制御する判定回路と、

をさらに有する、請求項１または２に記載の非接触給電装置。

[請求項4] 前記受電装置の前記整流回路は、前記整流回路から出力される電圧を平滑化する平滑コンデンサを有し、

前記受電装置は、

前記共振抑制コイルと前記平滑コンデンサとの間に接続され、かつ、前記共振抑制コイルに生じる電圧を整流することで得られる電圧が前記平滑コンデンサの両端子間電圧よりも高い場合に前記共振抑制コイルに生じる電圧に応じた電力を前記平滑コンデンサへ出力する第２の整流回路をさらに有する、請求項１～３の何れか一項に記載の非接触給電装置。

[請求項5] 前記送電装置の前記制御回路は、前記磁界の強さの変動周期が長くなるように、前記電力供給回路から前記送信コイルに供給される前記交流電力の電圧を制御する、請求項３または４に記載の非接触給電装置。

[請求項6] 前記送電装置の前記制御回路は、前記磁界の強さの変動周期が最小となる、前記電力供給回路から前記送信コイルに供給される前記交流電力のスイッチング周波数を探索し、かつ、前記磁界の強さの変動周期が最小となる前記スイッチング周波数の交流電力が前記送信コイルに供給されているときに、前記磁界の強さの変動周期が長くなるように、前記電力供給回路から前記送信コイルに供給される前記交流電力の電圧を制御する、請求項５に記載の非接触給電装置。

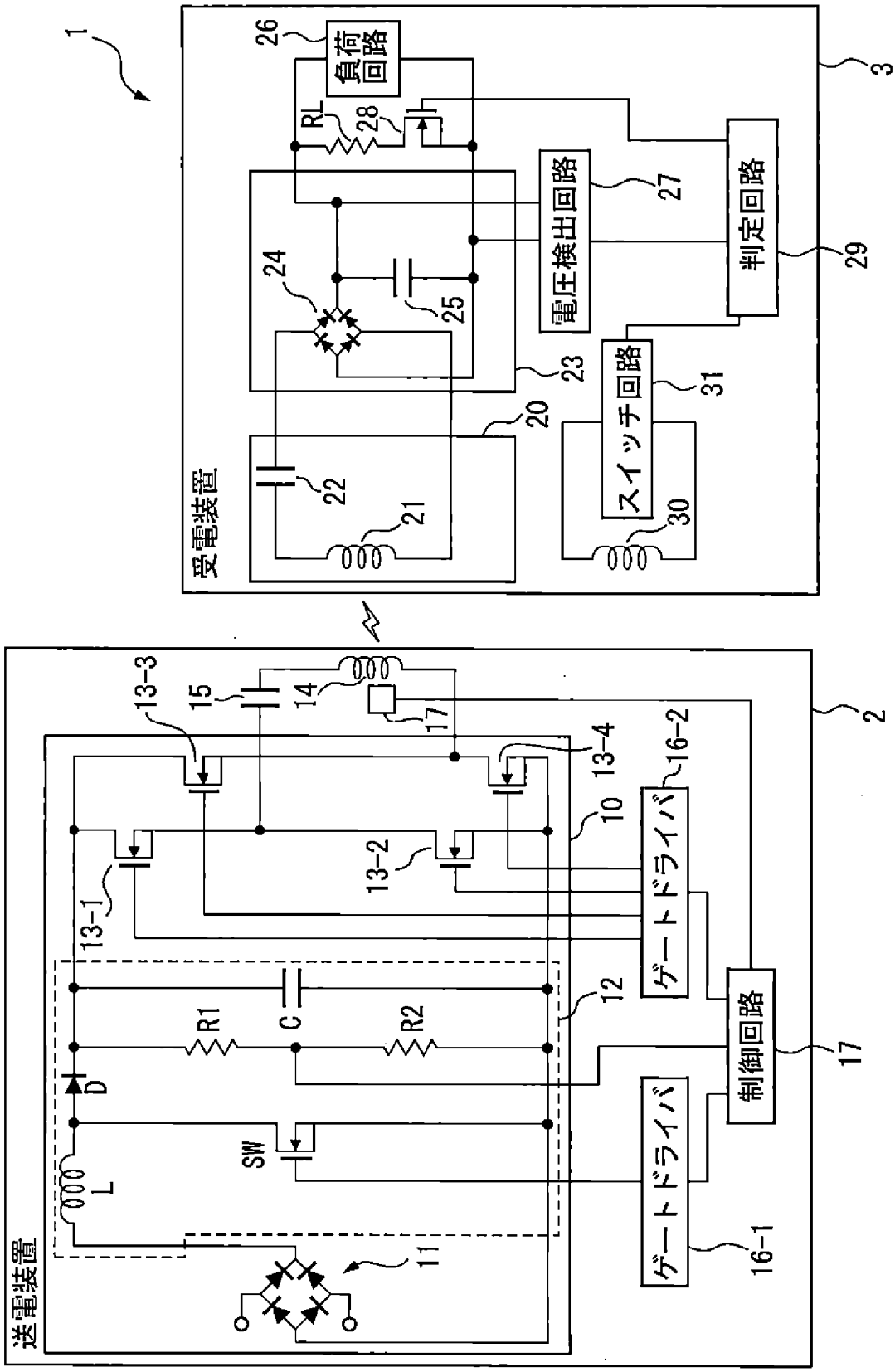
[請求項7] 前記送電装置の前記制御回路は、前記磁界の強さの変動周期が長くなるように、前記電力供給回路から前記送信コイルに供給される前記交流電力のスイッチング周波数を制御する、請求項３または４に記載

の非接触給電装置。

[請求項8] 前記受電装置の前記判定回路は、前記送電装置から前記受電装置への電力供給が開始されたとき、または、前記共振抑制コイルが開放されている期間の長さが所定期間よりも長い場合、前記出力電圧の測定値が前記第１の上限閾値よりも低い第２の上限閾値以上となると、前記共振抑制コイルを短絡するよう前記スイッチ回路を制御し、一方、前記出力電圧の測定値が前記第２の上限閾値よりも低い第２の下限閾値以下となると、前記共振抑制コイルを開放するよう前記スイッチ回路を制御する、請求項３に記載の非接触給電装置。

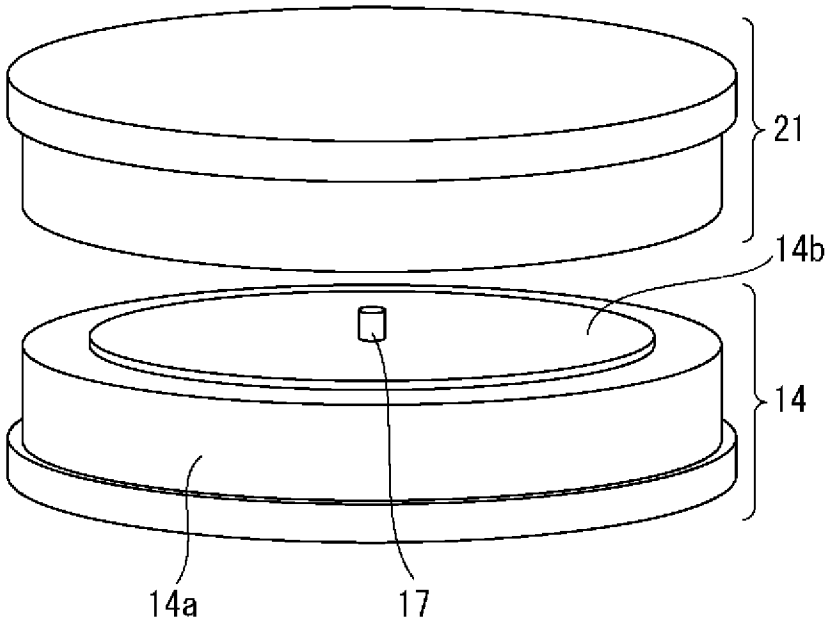
[図1]

図1


1
2
3
送電装置
受電装置
負荷回路
26
RL
28
電圧検出回路
27
判定回路
29
24
25
23
20
22
21
スイッチ回路
31
30
13-3
15
14
17
13-4
16-2
10
13-2
13-1
ゲートドライバ
12
R1
C
R2
制御回路
17
D
SW
L
ゲートドライバ
16-1
11

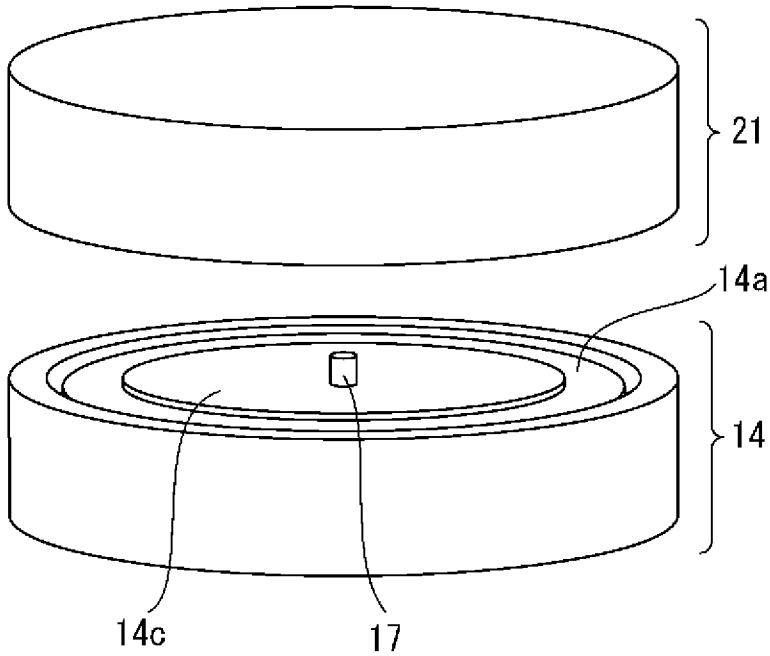
[図2A]

図2A



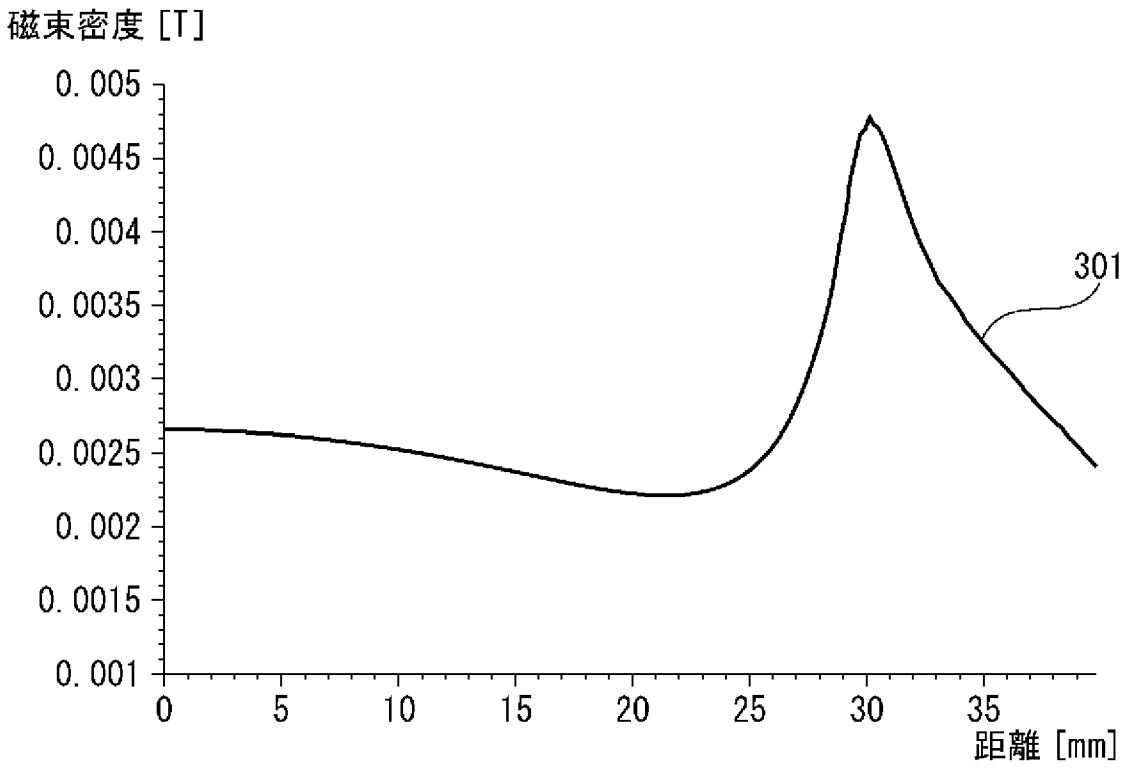
[図2B]

図2B



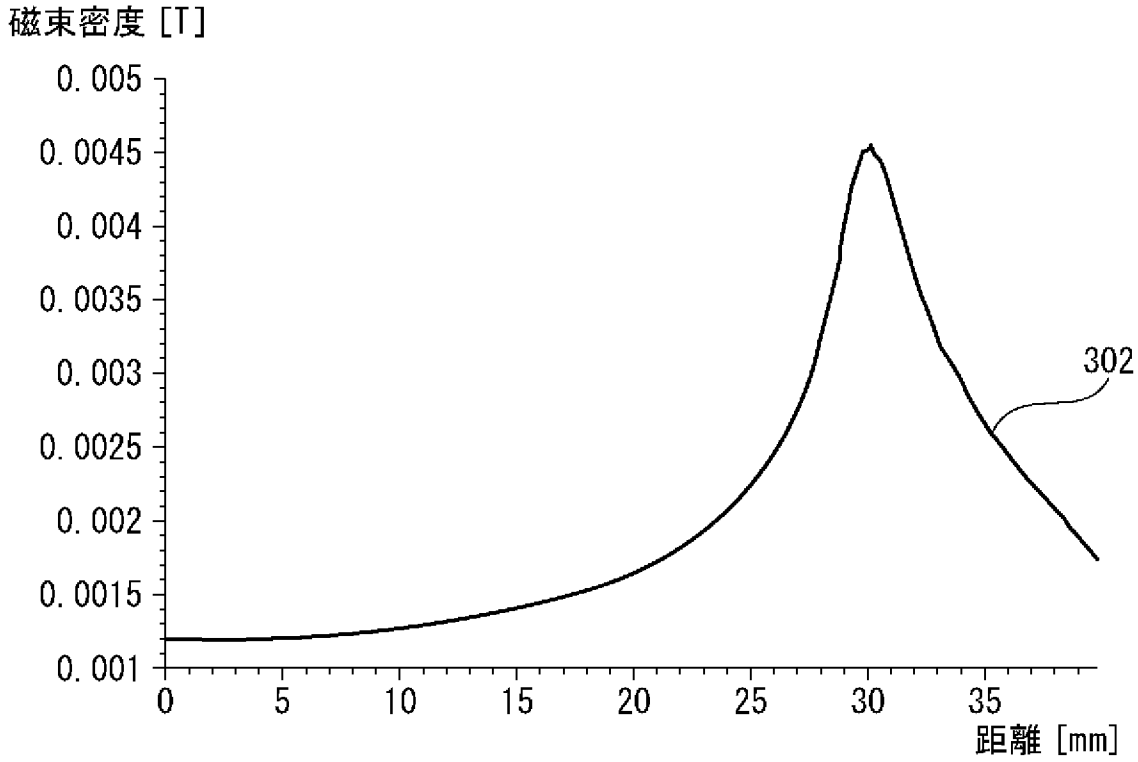
[図3A]

図3A


磁束密度 [T]
0.005
0.0045
0.004
0.0035
0.003
0.0025
0.002
0.0015
0.001
0
5
10
15
20
25
30
35
距離 [mm]
301

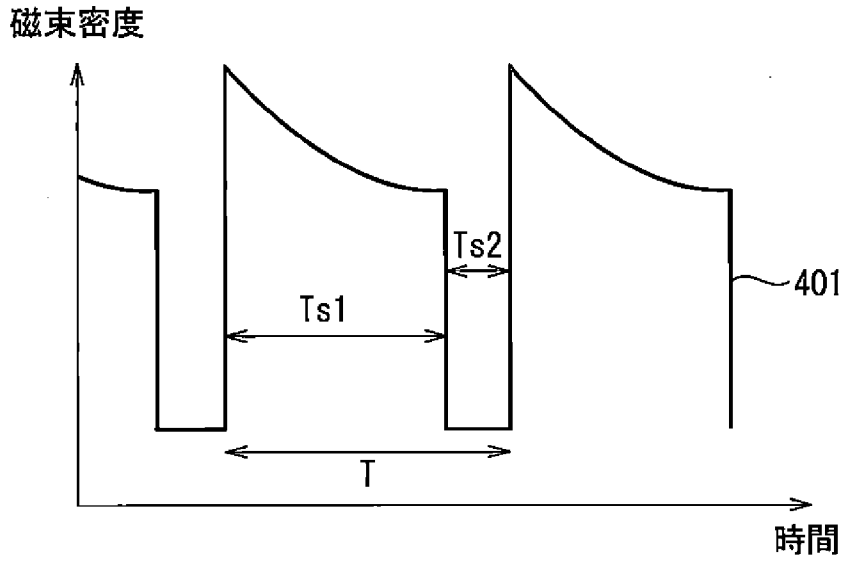
[図3B]

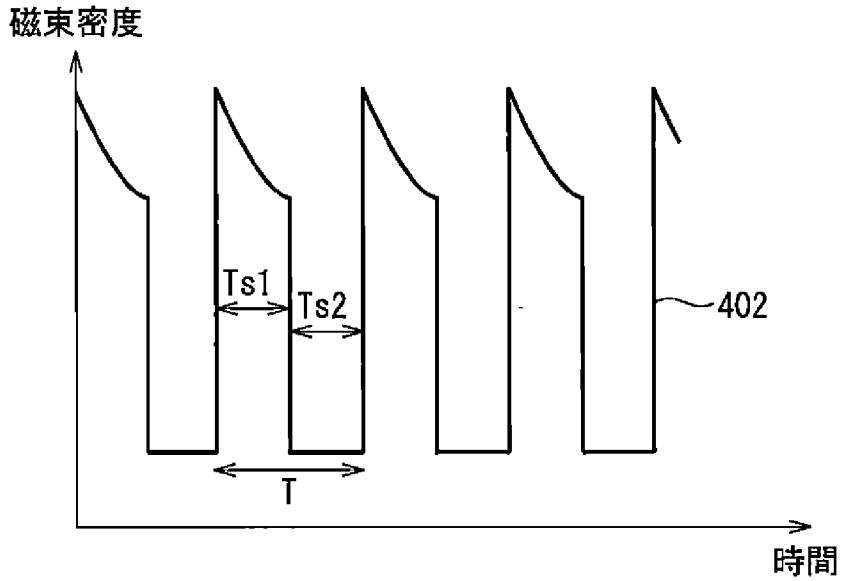
図3B


磁束密度 [T]
0.005
0.0045
0.004
0.0035
0.003
0.0025
0.002
0.0015
0.001
0
5
10
15
20
25
30
35
距離 [mm]
302

[図4]

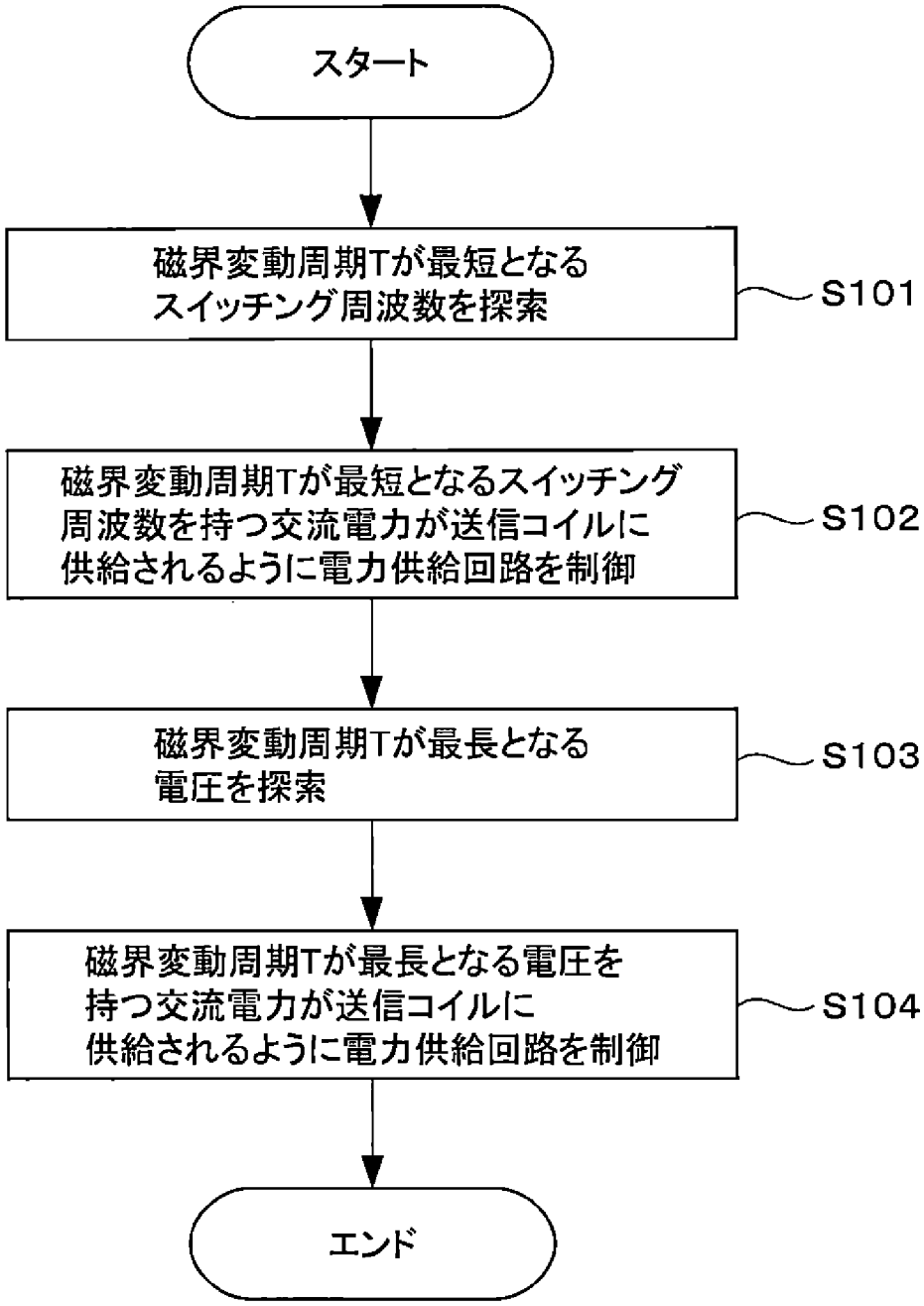
図4





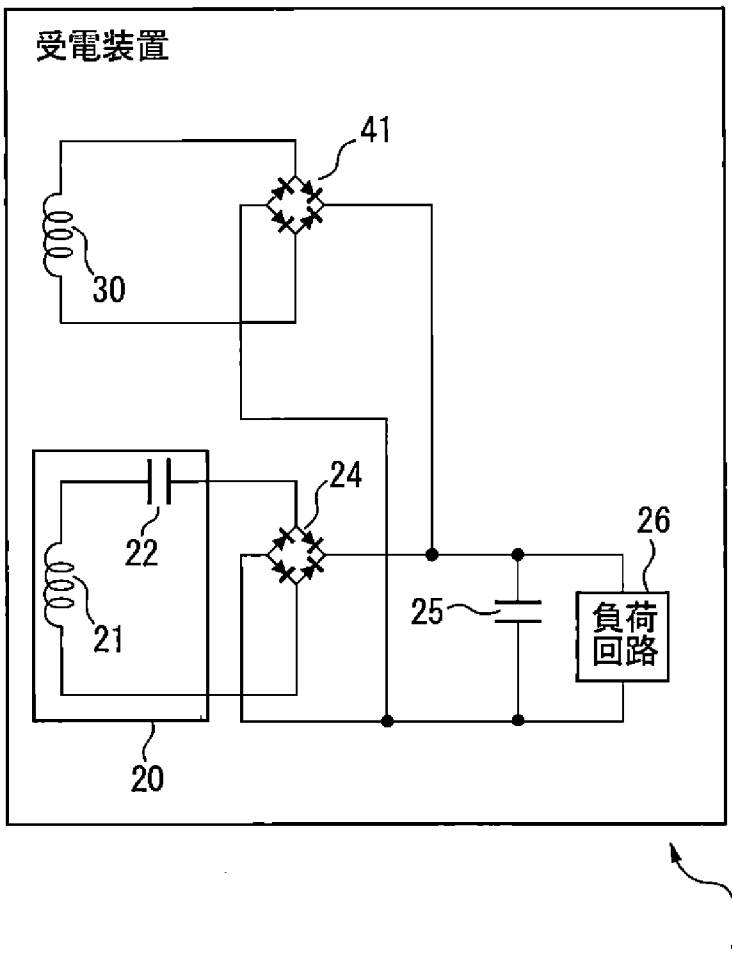
[図5]

図5


スタート
磁界変動周期Tが最短となる
スイッチング周波数を探索
S101
磁界変動周期Tが最短となるスイッチング
周波数を持つ交流電力が送信コイルに
供給されるように電力供給回路を制御
S102
磁界変動周期Tが最長となる
電圧を探索
S103
磁界変動周期Tが最長となる電圧を
持つ交流電力が送信コイルに
供給されるように電力供給回路を制御
S104
エンド

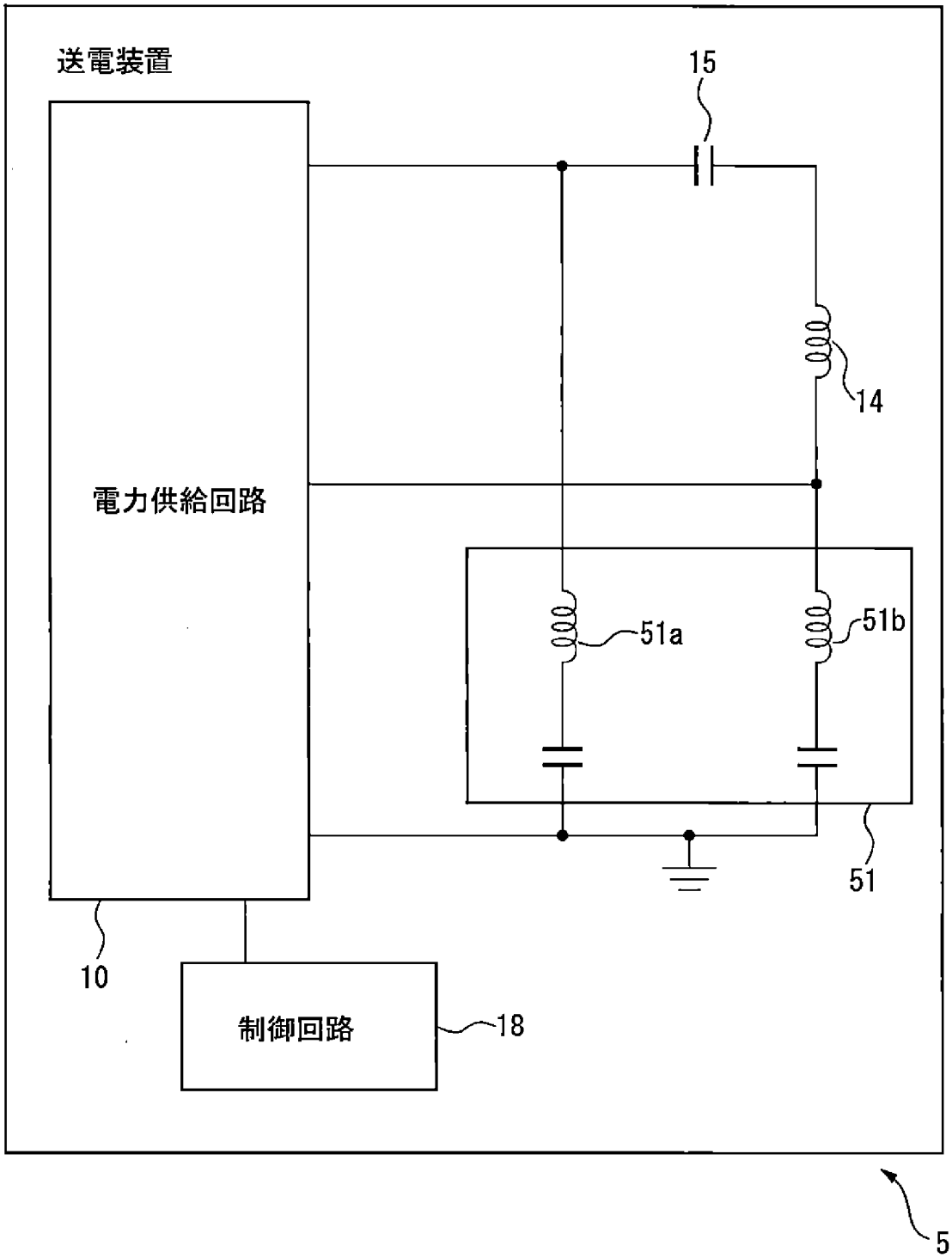
[図6]

図6



[図7]

図7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/040757

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H02J50/12(2016.01)i, H02J7/00(2006.01)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)
Int. Cl. H02J50/12, H02J7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
A	JP 2014-217120 A (TOSHIBA CORP.) 17 November 2014, paragraphs [0044]-[0048], fig. 6 (Family: none)	1-8
A	JP 2017-229207 A (DAIHEN CORP.) 28 December 2017, paragraphs [0019]-[0039], fig. 1 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29.11.2019	10.12.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０４０７５７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02J50/12(2016.01)i, H02J7/00(2006.01)i

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.　H02J50/12, H02J7/00

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
A	JP 2014-217120 A (株式会社東芝) 2014.11.17, 段落［００４４］－［００４８］, 図６（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2017-229207 A (株式会社ダイヘン) 2017.12.28, 段落［００１９］－［００３９］, 図１（ファミリーなし）	1-8

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　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の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	国際調査報告の発送日
２９．１１．２０１９	１０．１２．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｔ　４４５３
下林　義明
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６８