

(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
2012年8月30日(30.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/115117 A1

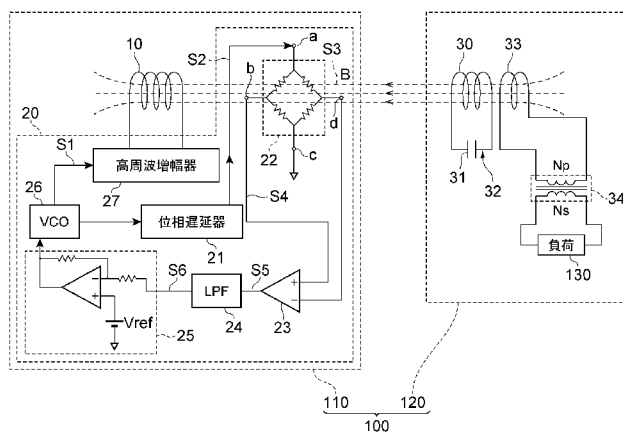
- (51) 国際特許分類:
H02J 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054166
- (22) 国際出願日: 2012年2月21日(21.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
61/445193 2011年2月22日(22.02.2011) US
13/273723 2011年10月14日(14.10.2011) US
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): TDK株式会社(TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 浦野 高志 (URANO Takashi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: WIRELESS ELECTRIC POWER SUPPLY DEVICE, WIRELESS ELECTRICITY-RECEIVING DEVICE AND SYSTEM FOR WIRELESS TRANSMISSION OF ELECTRIC POWER

(54) 発明の名称: ワイヤレス給電装置、ワイヤレス受電装置およびワイヤレス電力伝送システム

[図2]



21 Phase-delay device
27 High frequency amplifier
130 Load

indicating a phase difference according to the phase difference between the output voltage and the comparative voltage; and alternating electrical current generating circuits (26), (27) for generating an output alternating voltage having a frequency based on the voltage indicating a phase difference, and for generating an alternating electrical current having a frequency according to the frequency of the output alternating voltage.

(57) 要約:

(57) Abstract: A wireless electric power supply device (110) related to one embodiment of the present invention is a wireless electric power supply device for supplying electric power without making contact with a wireless electricity-receiving device (120) having a electricity-receiving coil (30). The wireless electric power supply device comprises an electric power supply coil (10), and a control circuit (20) for supplying an alternating electric current to the electric power supply coil (10) and thereby causing electric power to be supplied from the electric power supply coil (10) to the electricity-receiving coil (30) on the basis of a magnetic coupling of the electric power supply coil (10) and the electricity-receiving coil (30), the control circuit also relating the frequency of the alternating electric current and the frequency of an electric current flowing in the electricity-receiving coil. The control circuit (20) has: a phase-delay device (21) (phase delay circuit) for generating a delayed alternating voltage in which the phase of the output alternating electric current is delayed; a magnetic sensor (22) for detecting a magnetic field from the electricity-receiving coil (30), biased by the delayed alternating voltage; phase-detection circuits (23), (24), (25) for generating, from an output voltage and comparative voltage from the magnetic sensor (22), a voltage indicating a phase difference according to the phase difference between the output voltage and the comparative voltage; and alternating electrical current generating circuits (26), (27) for generating an output alternating voltage having a frequency based on the voltage indicating a phase difference, and for generating an alternating electrical current having a frequency according to the frequency of the output alternating voltage.

[続葉有]

WO 2012/115117 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

本発明の一実施形態に係るワイヤレス給電装置 110 は、受電コイル 30 を有するワイヤレス受電装置 120 に非接触で電力供給を行うワイヤレス給電装置であって、給電コイル 10 と、給電コイル 10 に交流電流を供給することによって、給電コイル 10 と受電コイル 30 との磁気結合に基づき、給電コイル 10 から受電コイル 30 に電力供給を行わせる制御回路であって、交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とを関連付ける当該制御回路 20 とを備える。この制御回路 20 は、出力交流電圧の位相を遅延させた遅延交流電圧を生成する位相遅延器（位相遅延回路） 21 と、遅延交流電圧によってバイアスされ、受電コイル 30 による磁場を検出する磁気センサ 22 と、磁気センサ 22 からの出力電圧と比較電圧とから、出力電圧と比較電圧との位相差に応じた位相差指示電圧を生成する位相検出回路 23、24、25 と、位相差指示電圧に基づいた周波数を有する出力交流電圧を生成し、出力交流電圧の周波数に応じた周波数を有する交流電流を生成する交流電流生成回路 26、27 とを有する。

明 細 書

発明の名称：

ワイヤレス給電装置、ワイヤレス受電装置およびワイヤレス電力伝送システム

技術分野

[0001] 本発明は、非接触で電力伝送を行うためのワイヤレス給電装置、ワイヤレス受電装置、及び、ワイヤレス電力伝送システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、磁気結合（電磁結合）の一種である電磁誘導作用を利用して、１次側巻線（給電コイル）から二次側巻線（受電コイル）へ非接触で電力伝送を行う無接点電力伝送装置（ワイヤレス電力伝送システム）が開示されている。この無接点電力伝送装置では、発振回路の出力に基づいて１次側巻線を交流駆動する。発振回路は、発振周波数を可変できる可変周波数発振回路である。この無接点電力伝送装置は、電源から１次側巻線に供給される入力電力を検出し、入力電力が最大となる発振周波数を探して、その発振周波数で発振回路を動作させる。これにより、部品のばらつきやコイルの位置ずれによる電力伝送効率の低下を回避し、伝送効率を向上させることができるとしている。

[0003] より具体的には、特許文献１に開示の無接点電力伝送装置は、入力電力を検出するために、入力電圧を検出する電圧検出回路と、入力電流を検出する電流検出回路と、電圧検出回路の出力と電流検出回路の出力との積を演算する乗算回路とを備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１０－２２０７６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献 1 に開示の無接点電力伝送装置では、電圧検出回路及び電流検出回路のためのピークホールド回路や、乗算回路等の部品点数が増加し、制御回路やシステムが複雑になるという問題がある。

[0006] そこで、本発明は、複雑な構成の制御回路を用いることなく、効率的な電力伝送を行うことが可能なワイヤレス給電装置、ワイヤレス受電装置、及び、ワイヤレス電力伝送システム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

[0007] 本願発明者らは、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、これらのコイルの中心位置がずれた場合、相互インダクタンスが変化することにより、受電コイルに流れる交流電流の周波数が、給電コイルに流す交流電流の周波数に対してずれ、その結果、電力伝送効率が低下することに着目する。そして、本願発明者らは、この電力伝送効率の低下を抑制するために、給電コイルの交流電流の周波数を、変化した受電コイルの交流電流の周波数に常に追尾させることを考案する。

[0008] 本発明のワイヤレス給電装置は、受電コイルを有するワイヤレス受電装置に非接触で電力供給を行うワイヤレス給電装置であって、給電コイルと、給電コイルに交流電流を供給することによって、給電コイルと受電コイルとの磁気結合に基づき、給電コイルから受電コイルに電力供給を行わせる制御回路であって、交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とを関連付ける当該制御回路とを備える。この制御回路は、出力交流電圧の位相を遅延させた遅延交流電圧を生成する位相遅延回路と、遅延交流電圧によってバイアスされ、受電コイルによる磁場を検出する磁気センサと、磁気センサからの出力電圧と比較電圧とから、出力電圧と比較電圧との位相差に応じた位相差指示電圧を生成する位相検出回路と、位相差指示電圧に基づいた周波数を有する出力交流電圧を生成し、出力交流電圧の周波数に応じた周波数を有する交流電流を生成する交流電流生成回路とを有する。

[0009] 例えば、「交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とを関連

付ける」とは、交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とを略一致させることである。なお、交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とは完全に一致せずとも、例えば、 $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致させれば、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。これより、「交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とを関連付ける」とは、交流電流の周波数と受電コイルに流れる電流の周波数とを $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致させることも含むものとする。

[0010] このワイヤレス給電装置によれば、制御回路における位相遅延回路と磁気センサとは、所謂AND回路として機能し、受電コイルによる磁場（すなわち、受電コイルに流れる電流）と、遅延交流電圧（すなわち、電圧制御発振器の出力交流電圧）とのAND演算を行うこととなる。そして、このAND回路と位相検出回路とによって、受電コイルに流れる電流と交流電流生成回路の出力交流電圧との位相差に応じた位相差指示電圧を生成することとなる。したがって、これらの回路と交流電流生成回路とのフィードバック制御によって、交流電流生成回路の出力交流電圧の周波数（すなわち、給電コイルに供給する交流電流の周波数）と、受電コイルに流れる電流の周波数とを関連付けることができる。

[0011] このように、このワイヤレス給電装置によれば、位相遅延回路と、磁気センサと、位相検出回路と、交流電流生成回路とからなる簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイルに供給する交流電流の周波数を、受電コイルに流れる電流の周波数に常に追尾させることができる。したがって、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

[0012] なお、位相遅延回路は、出力交流電圧の位相を 30° 以上 360° 未満だけ遅延させた遅延交流電圧を生成する。

[0013] 上記した磁気センサは、非感磁方向が給電コイルによって生じる磁場ベクトル（磁力線）に対して $\pm 10^\circ$ の範囲内の角度をなすように配置されていてもよい。これにより、磁気センサは、給電コイルによる不要な磁場を検出

することなく、受電コイルによる磁場を正確に検出することが可能となる。

[0014] また、上記したワイヤレス給電装置は、断面略U字状をなしており、磁気センサにおける受電コイルに対向する受電コイル側対向面を除いて、給電コイルに対抗する給電コイル側対向面と、受電コイル側対向面及び給電コイル側対向面に交差する4つの側面との5面を磁気シールドする磁気シールド部材を備えてもよい。これによれば、給電コイルによる不要な磁場をシールドし、磁気センサは、受電コイルによる磁場を正確に検出することが可能となる。

[0015] 上記した制御回路は、複数の磁気センサと、複数の磁気センサからの出力信号を加算する加算器とを更に備え、上記した位相検出回路は、加算器からの出力電圧と比較電圧とから、出力電圧と比較電圧との位相差に応じた位相差指示電圧を生成してもよい。

[0016] この構成によれば、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、受電コイルによる磁場（受電コイルに流れる電流）を効率的に検出することが可能となる。すなわち、給電コイルの巻回中心軸と受電コイルの巻回中心軸とが一致し（受電コイルが給電コイルに対して真上に位置し）、給電コイルと受電コイルとが互いに平行である場合のみならず、受電コイルが給電コイルに対して斜めにずれた場合（相対的に横方向にずれると共に、非平行となる場合）にも、受電コイルによる磁場（受電コイルに流れる電流）を効率的に検出することが可能となる。

[0017] 上記した位相検出回路は、磁気センサからの出力電圧と比較電圧とを比較し、出力電圧と比較電圧との位相差に応じたパルス幅を有するパルス電圧を生成するコンパレータと、パルス電圧を平滑化して位相差指示電圧を生成するローパスフィルタとを有してもよい。

[0018] 上記した交流電流生成回路は、位相差指示電圧に基づいた周波数を有する出力交流電圧を生成する電圧制御発振器と、出力交流電圧の周波数に応じた周波数を有する交流電流を生成する高周波増幅器とを有していてもよい。

[0019] 本発明のワイヤレス電力伝送システムは、上記したワイヤレス給電装置と

ワイヤレス受電装置との間で非接触で電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システムであって、ワイヤレス給電装置における給電コイルとワイヤレス受電装置における受電コイルとの磁気結合に基づき、給電コイルから受電コイルに電力伝送を行う。

[0020] このワイヤレス電力伝送システムによれば、上記したワイヤレス給電装置から非接触で電力取得を行うので、簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイルに供給する交流電流の周波数を、受電コイルに流れる電流の周波数に常に追尾させることができる。したがって、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

[0021] 本発明の別のワイヤレス給電装置は、受電コイルと受電コンデンサとを含む受電共振回路を有するワイヤレス受電装置に非接触で電力供給を行うワイヤレス給電装置であって、上記したワイヤレス給電装置において、給電コイルと給電コンデンサとを含み、給電コイルと受電コイルとの磁場共振現象に基づき、給電コイルから受電コイルに電力供給を行うための給電共振回路を更に有する。給電共振回路の共振周波数は、受電共振回路の共振周波数と関連付けられており、上記した制御回路は、交流電流の周波数と受電共振回路の共振電流の周波数とを関連付ける。

[0022] ここで、「給電コイルと受電コイルとの磁場共振現象」とは、給電コイルによって発生する交流磁場に基づく受電共振回路の共振現象を意味する。この磁場共振現象も磁気結合（電磁結合）の一種である。給電コイルに交流電流を供給すると、給電コイルによって交流磁場が発生する。これによって、給電コイルと受電コイルとが磁場結合し、受電共振回路が共振する。その際、例えば、交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数（すなわち、受電コイルに流れる電流の周波数）とを関連付ければ、伝送電力の力率を1とすることができ、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。

[0023] 例えば、「交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数とを関連付ける」とは、交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数とを略一致させるこ

とである。なお、交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数とは完全に一致せずとも、例えば、 $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致させれば、伝送電力の力率を高めることができ、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。これより、「交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数とを関連付ける」とは、交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数とを $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致させることも含むものとする。

[0024] また、例えば、「給電共振回路の共振周波数は受電共振回路の共振周波数と関連付けられている」とは、給電共振回路の共振周波数が受電共振回路の共振周波数に略一致していることである。なお、給電共振回路の共振周波数は受電共振回路の共振周波数に完全に一致せずとも、例えば、 $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致していれば、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。これより、「給電共振回路の共振周波数は受電共振回路の共振周波数と関連付けられている」とは、給電共振回路の共振周波数が受電共振回路の共振周波数と $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致していることも含むものとする。

[0025] この別のワイヤレス給電装置でも、簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイルに供給する交流電流の周波数を、受電共振回路の共振周波数に常に追尾させることができる。したがって、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

[0026] 本発明の更に別のワイヤレス給電装置は、受電コイルと受電コンデンサを含む受電共振回路を有するワイヤレス受電装置に非接触で電力供給を行うワイヤレス給電装置であって、上記したワイヤレス給電装置において、上記した給電コイルは、実質的に共振回路を構成せず、上記した制御回路は、給電コイルに交流電流を供給することによって、給電コイルと受電コイルとの磁場共振現象に基づき、給電コイルから受電コイルに電力供給を行わせる制御回路であって、交流電流の周波数と受電共振回路の共振電流の周波数とを関連付ける。

[0027] ここで、「実質的に共振回路を構成しない」とは、受電共振回路の共振周波数を共振周波数とする共振回路を形成しないことを意味するものであり、給電コイルが何らかの回路要素と偶発的に共振することまでも排除する意味ではない。例えば、「実質的に共振回路を構成しない」とは、受電共振回路の共振周波数を共振周波数とする共振回路を形成するために、給電コイルに対して直列又は並列にコンデンサを設けることを行わないことを意味するものである。

[0028] この更に別のワイヤレス給電装置では、「給電コイルと受電コイルとの磁場共振現象」において、例えば、交流電流の周波数と受電共振回路の共振周波数（すなわち、受電コイルに流れる電流の周波数）とを関連付ければ、給電コイル自体が共振しなくても、伝送電力の力率を 1 とすることができ、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。

[0029] この更に別のワイヤレス給電装置でも、簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイルに供給する交流電流の周波数を、受電共振回路の共振周波数に常に追尾させることができる。したがって、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

[0030] ところで、本願発明者らは、給電共振回路と受電共振回路との 2 つの共振回路を備えるシステムでは、伝送電力の力率が 1 となる周波数が 2 つ存在することを発見した。これにより、このようなワイヤレス電力伝送システムでは、伝送電力の力率を 1 とする制御を行う場合に、誤動作の虞がある。

[0031] しかしながら、この更に別のワイヤレス給電装置によれば、給電コイルが実質的に共振回路を構成しないので、伝送電力の力率が 1 となる周波数は 1 つとなる。したがって、伝送電力の力率を 1 とする制御を行う場合に、すなわち、制御回路によって、給電コイルに供給する交流電流の周波数と受電共振回路の共振電流の周波数とを関連付ける制御において、誤動作を防止することができる。

[0032] 本発明のワイヤレス受電装置は、上記した別のワイヤレス給電装置、又は

、更に別のワイヤレス給電装置から非接触で電力取得を行うワイヤレス受電装置であって、受電コイルと受電コンデンサとを含み、ワイヤレス給電装置における給電コイルと受電コイルとの磁場共振現象に基づき、受電コイルによって給電コイルから電力取得を行うための受電共振回路と、受電コイルから非接触で電力供給を受ける受電ロードコイルと、受電ロードコイルと負荷との間に配置され、受電ロードコイルに接続される一次側のインピーダンスが負荷に接続される二次側のインピーダンスよりも高いインピーダンス変換器とを備える。

[0033] このワイヤレス受電装置によれば、上記した別のワイヤレス給電装置又は更に別のワイヤレス給電装置から非接触で電力取得を行うので、簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイルに供給する交流電流の周波数を、受電コイルに流れる電流の周波数に常に追尾させることができる。したがって、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

[0034] ところで、負荷の影響により、受電共振回路の共振状態が変化することを抑制するために、受電共振回路における受電コイルは、受電ロードコイルとの電磁結合を介して負荷に接続されることが好ましい。また、電力伝送効率の観点によれば、受電共振回路における受電コイルと受電ロードコイルとの結合度合い（結合係数）は高いことが好ましい。しかしながら、受電コイルと受電ロードコイルとの結合度合いが高い場合、負荷のインピーダンスが低いと、受電共振回路のQ値が低下してしまい、受電共振回路の共振電流が低下してしまう。その結果、電力伝送効率が低下してしまう。

[0035] しかしながら、このワイヤレス受電装置によれば、受電ロードコイルと負荷との間にインピーダンス変換器が配置され、インピーダンス変換器における受電ロードコイル側のインピーダンスが高いので、受電コイルと受電ロードコイルとの結合度合いを高めても、かつ、負荷のインピーダンスが低くても、受電共振回路のQ値が低下することを抑制することができ、受電共振回路の共振電流が低下することを抑制することができる。その結果、ワイヤレ

ス給電装置からの電力伝送効率の低下を抑制することができる。

[0036] 特に、負荷の影響による電力伝送効率の低下は、給電コイルと受電コイルとの間の距離が大きくなるほど顕著に現れるが、このワイヤレス受電装置によれば、給電コイルと受電コイルとの間の距離が大きい場合に、電力伝送効率の低下の抑制効果大きい。

[0037] 本発明の別のワイヤレス電力伝送システムは、上記した別のワイヤレス給電装置又は更に別のワイヤレス給電装置と上記したワイヤレス受電装置との間で非接触で電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システムであって、ワイヤレス給電装置における給電コイルとワイヤレス受電装置における受電コイルとの磁場共振現象に基づき、給電コイルから受電コイルに電力伝送を行う。

[0038] この別のワイヤレス電力伝送システムによれば、上記した別のワイヤレス給電装置又は更に別のワイヤレス給電装置から非接触で電力取得を行うので、簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイルに供給する交流電流の周波数を、受電コイルに流れる電流の周波数に常に追尾させることができる。したがって、給電コイルと受電コイルとの間の距離や、給電コイルと受電コイルとの中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

発明の効果

[0039] 本発明によれば、複雑な構成の制御回路を用いることなく、効率的な電力伝送を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]図1は、図2に示す給電コイル、磁気センサ、受電コイル、及び、受電ロードコイルの物理的な構造を示す断面図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム、ワイヤレス給電装置、及び、ワイヤレス受電装置の電氣的な構成を示す図である。

[図3]図3は、図2に示すワイヤレス給電装置の各部信号波形を示す図である。

[図4]図4は、図2に示す磁気センサの物理的な形状の一例を示す図である。

[図5]図5は、図2に示す磁気センサの電氣的な等価回路の一例を示す図である。

[図6]図6は、図2に示す磁気センサの一例としてGaAsホール素子の磁束密度－ホール電圧特性を示す図である。

[図7]図7は、給電コイルに対する磁気センサの配置例を示す図である。

[図8]図8は、給電コイルに対する磁気センサの配置変形例を示す図である。

[図9]図9は、本発明の第3の実施形態に係るワイヤレス給電装置の構成を示す図である。

[図10]図10は、図11に示す給電コイル、磁気センサ、受電コイル、及び、受電ロードコイルの物理的な構造を示す断面図である。

[図11]図11は、本発明の第2の実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム、ワイヤレス給電装置、及び、ワイヤレス受電装置の電氣的な構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0041] 以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。
なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[第1の実施形態]

[0042] 図2は、本発明の第1の実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの電氣的な構成を示す図である。図2に示すワイヤレス電力伝送システム100は、ワイヤレス給電装置110とワイヤレス受電装置120とを備え、ワイヤレス給電装置110からワイヤレス受電装置120へ非接触で電力伝送を行うものである。

[0043] ワイヤレス給電装置110は、給電コイル10と、制御回路20とを有する。一方、ワイヤレス受電装置120は、受電コイル30と受電コンデンサ31とからなる受電共振回路32を有する。

[0044] ワイヤレス給電装置110では、制御回路20が、給電コイル10に交流

電流（例えば、方形波または正弦波の電流）を供給することによって、給電コイル１０と受電コイル３０との磁場共振現象に基づき、給電コイル１０から受電コイル３０に電力供給が行われる。ここで、「給電コイル１０と受電コイル３０との磁場共振現象」とは、給電コイル１０によって発生する交流磁場に基づく受電共振回路３２の共振現象を意味する。給電コイル１０に交流電流を供給すると、給電コイル１０によって交流磁場が発生する。これによって、給電コイル１０と受電コイル３０とが磁場結合し、受電共振回路３２が共振する。その際、制御回路２０は、受電共振回路３２の共振電流の周波数情報（すなわち、受電コイル３０に流れる電流の周波数情報）を検出し、交流電流の周波数を受電共振回路３２の共振電流の周波数に一致させる。すると、給電コイル１０自体が共振しなくても、伝送電力の力率を１とすることができ、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。

[0045] このように、ワイヤレス給電装置１１０では、給電コイル１０は、実質的に共振回路を構成しない。ここで、「実質的に共振回路を構成しない」とは、受電共振回路３２の共振周波数を共振周波数とする共振回路を形成しないことを意味するものであり、給電コイル１０が何らかの回路要素と偶発的に共振することまでも排除する意味ではない。例えば、「実質的に共振回路を構成しない」とは、受電共振回路３２の共振周波数を共振周波数とする共振回路を形成するために、給電コイル１０に対して直列又は並列にコンデンサを設けることを行わないことを意味するものである。

[0046] ワイヤレス給電装置１１０では、給電コイル１０と受電コイル３０との磁場結合が強くなればなるほど受電共振回路３２の共振周波数に影響が及ぶ。すなわち、給電コイル１０と受電コイル３０とを十分に磁場結合できる程度に近づけた状態での受電共振回路３２の共振周波数は、給電コイル１０と受電コイル３０との磁場結合を無視できるほど両者が十分に離れた状態における受電共振回路３２単独での共振周波数に対してずれていく。受電共振回路３２の共振周波数近傍の周波数の交流電流を給電コイル１０に供給することにより、磁場共振型のワイヤレス給電が実現可能となる。

[0047] 次に、ワイヤレス受電装置 120 では、受電コイル 30 と電磁結合（電磁誘導による結合）する受電ロードコイル 33 を介して、負荷 130 に接続される。これにより、負荷 130 に起因する受電共振回路の Q 値の低下を抑制することができる。ここで、電力の伝送効率の観点によれば、受電コイル 30 と受電ロードコイル 33 との結合度合いは高いことが望ましく、例えば、受電コイル 30 と受電ロードコイル 33 との結合係数は 0.9 以上に設定される。

[0048] 更に、受電ロードコイル 33 は、出力トランス（インピーダンス変換器）34 を介して、負荷 130 に接続される。出力トランス 34 の一次側は受電ロードコイル 33 に接続されており、二次側は負荷 130 に接続されている。出力トランス 34 の一次側巻線 N_p の巻数は、二次側巻線 N_s の巻数より大きい。これにより、出力トランス 34 の一次側は高インピーダンスであり、出力トランス 34 の二次側は低インピーダンスである。

[0049] 次に、図 2 に加えて図 3 を参照しながら、ワイヤレス給電装置 110 における制御回路 20 について詳細に説明する。図 3 は、図 2 に示すワイヤレス給電装置の各部信号 $S_1 \sim S_6$ の波形を示す図である。図 3 A ~ 図 3 C では、VCO が発生する駆動周波数（すなわち、給電コイルに供給する交流電流の周波数） $F(D)$ と、受電共振回路の共振周波数（すなわち、受電コイルに流れる電流の周波数） $F(R)$ との関係がそれぞれ異なり、図 3 A には $F(D) < F(R)$ の場合の各部信号波形が示されており、図 3 B には $F(D) = F(R)$ の場合の各部信号波形が示されており、図 3 C には $F(D) > F(R)$ の場合の各部信号波形が示されている。

[0050] 制御回路 20 は、位相遅延器（位相遅延回路）21 と、磁気センサ 22 と、コンパレータ 23 と、ローパスフィルタ（LPF）24 と、誤差増幅器 25 と、電圧制御発振器（VCO）26 と、高周波増幅器 27 とを有する。なお、本実施形態では、コンパレータ 23 と、LPF 24 と、誤差増幅器 25 とが位相検出回路を構成し、VCO 26 と高周波増幅器 27 とが交流電流生成回路を構成する。

- [0051] 位相遅延器 21 は、VCO26 からの交流電圧 S1 の位相を 90° 遅延させた遅延交流電圧 S2 を生成し、この遅延交流電圧 S2 を磁気センサ 22 に供給する。なお、VCO26 からの交流電圧 S1 の位相に対する遅延交流電圧 S2 の位相の遅延量は 90° であることが好ましいが、 30° 以上 360° 未満であってもよい。
- [0052] 磁気センサ 22 は、受電コイル 30 による磁場 (B) S3 を検出することによって、受電共振回路 32 の共振電流の周波数情報 (すなわち、受電コイル 30 に流れる電流の周波数情報) を検出する。磁気センサ 22 としては、ホール素子、MR 素子、GMR 素子、TMR 素子などが適用可能である。以下の説明では、磁気センサ 22 としてホール素子を使用した場合を例示する。
- [0053] 磁気センサ 22 は、遅延交流電圧 S2 によってバイアスされる。これにより、磁気センサ 22 は、遅延交流電圧 S2 と交流磁場 S3 との AND 演算結果に相当する出力電圧 S4 を生成することとなる。磁気センサ 22 は VCO26 からの交流電圧で駆動されるため、出力電圧 S4 は正弦波となり、その振幅は最大となっている。
- [0054] コンパレータ 23 は、磁気センサ 22 からの出力電圧 S4 と比較電圧とを比較する。本実施形態では、比較電圧として出力電圧 S4 の反転電圧を用いる。これにより、出力電圧 S4 における正のタイミング期間に応じたパルス電圧 S5 を生成する (波形整形)。
- [0055] これらの位相遅延器 21 と磁気センサ 22 とは、所謂 AND 回路として機能し、受電コイル 30 による磁場 (すなわち、受電コイル 30 に流れる電流) S3 と、遅延交流電圧 (すなわち、VCO26 の出力交流電圧) S2 との AND 演算を行うこととなる。そして、この AND 回路とコンパレータ 23 とによって、受電コイル 30 に流れる電流と VCO26 の出力交流電圧との位相差に応じたパルス電圧を生成することとなる。
- [0056] LPF24 は、コンパレータ 23 からのパルス電圧 S5 を平均化し、平均化されたパルス電圧を誤差増幅器 25 へ出力する。誤差増幅器 25 は、平均

化されたパルス電圧 S_6 と基準電圧 V_{ref} との誤差を増幅し、 $VCO26$ へ出力する。 $VCO26$ は、誤差増幅器 25 からの電圧を制御電圧（位相差指示電圧）として、この電圧に応じた周波数を有する交流電圧を生成する。なお、 $VCO26$ の制御電圧に対する電圧 S_6 のレベルに応じて、誤差増幅器 25 は必ずしも備えなくてもよい。

[0057] このように、位相遅延器 21 と、磁気センサ 22 と、コンパレータ 23 と、LPF 24 と、誤差増幅器 25 と、 $VCO26$ とのフィードバック制御によって、 $VCO26$ の出力交流電圧の周波数を、受電コイル 30 による磁場の位相周波数（受電コイル 30 に流れる電流の位相周波数）に一致させることができる。

[0058] 詳説すれば、図 3 A に示すように $F(D) < F(R)$ の場合、 $VCO26$ の出力交流電圧 S_1 の位相が受電コイル 30 による磁場（受電コイル 30 に流れる電流） S_3 の位相よりも進んでいるために、パルス電圧 S_5 のパルス幅は図 3 B に示す $F(D) = F(R)$ の平衡状態よりも小さくなり、平均化電圧 S_6 が低下する。この場合、 S_1 と S_3 の位相差がゼロとなるように、すなわち、 S_6 が基準電圧 V_{ref} と等しくなるようにフィードバックがかかり、図 3 B の状態となって平衡する。

[0059] 一方、図 3 C に示すように $F(D) > F(R)$ の場合、 $VCO26$ の出力交流電圧 S_1 と受電コイル 30 による磁場（受電コイル 30 に流れる電流） S_3 との位相関係が図 3 A に示す $F(D) < F(R)$ の状態と逆になり、 S_1 の位相が S_3 の位相よりも遅れているために、パルス電圧 S_5 のパルス幅は図 3 B に示す $F(D) = F(R)$ の平衡状態よりも大きくなり、平均化電圧 S_6 が上昇する。この場合にも、上記同様に、 S_1 と S_3 の位相差がゼロとなるように、すなわち、 S_6 が基準電圧 V_{ref} と等しくなるようにフィードバックがかかり、図 3 B の状態となって平衡する。

[0060] このようにして、回路が正常動作時には、図 3 B に示す $F(D) = F(R)$ の理想的な状態、すなわち、 $VCO26$ の出力交流電圧 S_1 の位相が受電コイル 30 による磁場（受電コイル 30 に流れる電流） S_3 の位相とが一致

した状態に常に自動チューニングされ、この平衡状態が維持されることとなる。

[0061] 高周波増幅器 27 は、VCO 26 の出力交流電圧 S1 に応じて、受電コイル 30 に流れる電流の位相周波数（受電共振回路 32 の共振電流の位相周波数）に一致した位相周波数を有する交流電流を、給電コイル 10 に供給する。

[0062] 次に、磁気センサ 22 について詳細に説明する。図 4 は、磁気センサの物理的な形状の一例を示す図であり、図 5 は、磁気センサの電氣的な等価回路の一例を示す図である。また、図 6 は、磁気センサの一例として GaAs ホール素子の磁束密度－ホール電圧特性を示す図である。

[0063] 図 4 に示すように、磁気センサ 22 は、感磁方向（紙面垂直方向）D1 の磁場に感磁し、不感磁方向（紙面水平方向）D2 の磁場に対しては不感（出力ゼロ）の特性を持つ。図 5 に示すように、磁気センサ 22 では、端子 a から端子 c に向けてバイアス電流 I_c を流すと動作状態となり、端子 b－端子 d との間にホール電圧 $V(H)$ が発生する。図 6 に示すように、磁気センサ 22 では、バイアス電流 I_c が 0 mA の時には感磁方向 D1 に磁場がいくら印加されてもホール電圧 $V(H)$ はゼロであり、バイアス電圧の印加によってバイアス電流 I_c が流れると、磁気センサ 22 を貫通する感磁方向 D1 の磁束密度 B (mT) に比例してリニアな出力が得られる。

[0064] 図 1 は、図 2 に示す給電コイル 10、磁気センサ 22、受電コイル 30、及び、受電ロードコイル 33 の物理的な構造を示す断面図である。なお、図 1 には、これらのコイルの周辺回路要素が電氣的に示されている。

[0065] 給電コイル 10 と受電コイル 30 とは、互いに対向して設けられており、受電ロードコイル 33 は、受電コイル 30 の外周を巻回している。そして、磁気センサ 22 は、給電コイル 10 と受電コイル 30 との間において、給電コイル 10 に隣接して給電コイル 10 の円周上に配置されている。

[0066] 磁気センサ 22 は、図 7 A に示すように、不感磁方向 D2 が給電コイル 10 によって生じる磁場ベクトル（磁力線） H に対して $\pm 10^\circ$ の角度の範囲

にあるように配置されている。換言すれば、磁気センサ 22 は、感磁方向 D1 が磁場ベクトル H に対して $90^\circ \pm 10^\circ$ の角度の範囲にあるように配置されている。これにより、磁気センサ 22 は、給電コイル 10 の磁場の影響を受けることなく、受電コイル 30 による磁場を正確に検出することができる。なお、磁気センサ 22 の不感磁方向 D2 は、磁場ベクトル H に対して $\pm 5^\circ$ の角度の範囲にあることが好ましく、磁場ベクトル H に平行であることが更に好ましい。

[0067] 図 7 A に示すように、磁気センサ 22 は、給電コイル 10 の巻線の上に配置される。しかしながら、図 7 B に示すように、磁気センサ 22 は、不感磁方向 D2 が磁場ベクトル H に対して $\pm 10^\circ$ の角度の範囲にあるように、磁場ベクトル H に沿って、給電コイル 10 の巻線の周りを周回するように傾けて配置されてもよい。換言すれば、磁気センサ 22 は、感磁方向 D1 が磁場ベクトル H に対して $90^\circ \pm 10^\circ$ の角度の範囲にあるように、磁場ベクトル H に沿って、給電コイル 10 の巻線の周りを周回するように傾けて配置されてもよい。

[0068] この第 1 の実施形態のワイヤレス給電装置 110、ワイヤレス受電装置 120、及び、ワイヤレス電力伝送システム 100 によれば、上述したように、制御回路 20 における位相遅延器 21 と磁気センサ 22 とは、所謂 AND 回路として機能し、受電コイル 30 による磁場（すなわち、受電コイル 30 に流れる電流）と、遅延交流電圧（すなわち、VCO26 の出力交流電圧）との AND 演算を行うこととなる。そして、この AND 回路とコンパレータ 23 とによって、受電コイル 30 に流れる電流と VCO26 の出力交流電圧との位相差に応じたパルス電圧を生成することとなる。したがって、これらの回路と、LPF24 と、誤差増幅器 25 と、VCO26 とのフィードバック制御によって、VCO26 の出力交流電圧の周波数（すなわち、給電コイル 10 に供給する交流電流の周波数）を、受電コイル 30 に流れる電流の周波数に一致させることができる。

[0069] このように、この第 1 の実施形態のワイヤレス給電装置 110、ワイヤレ

ス受電装置 120、及び、ワイヤレス電力伝送システム 100 によれば、位相遅延器 21 と、磁気センサ 22 と、コンパレータ 23 と、LPF 24 と、誤差増幅器 25 と、VCO 26 と、高周波増幅器 27 とからなる簡易な制御回路構成を用いるだけで、給電コイル 10 に供給する交流電流の周波数を、受電コイル 30 に流れる電流の周波数に常に追尾させ、自動的にチューニングすることができる。したがって、給電コイル 10 と受電コイル 30 との間の距離や、給電コイル 10 と受電コイル 30 との中心位置がずれた場合であっても、常に効率的な電力伝送を行うことができる。

[0070] また、この第 1 の実施形態のワイヤレス給電装置 110 によれば、磁気センサ 22 は、非感磁方向が給電コイルによって生じる磁場ベクトル（磁力線）に対して $\pm 10^\circ$ の範囲内の角度をなすように、配置されているので、給電コイル 10 による不要な磁場を検出することなく、受電コイル 30 による磁場を正確に検出することが可能となる。

[0071] ところで、本願発明者らは、後述する第 2 の実施形態のように、給電共振回路と受電共振回路との 2 つの共振回路を備えるシステムでは、伝送電力の力率が 1 となる周波数が 2 つ存在することを発見した。これにより、このようなワイヤレス電力伝送システムでは、伝送電力の力率を 1 とする制御を行う場合に、誤動作の虞がある。

[0072] しかしながら、この第 1 の実施形態のワイヤレス給電装置 110 によれば、給電コイル 10 が実質的に共振回路を構成しないので、伝送電力の力率が 1 となる周波数は 1 つとなる。したがって、伝送電力の力率を 1 とする制御を行う場合に、すなわち、制御回路 20 によって、給電コイル 10 に供給する交流電流の周波数と受電共振回路 32 の共振電流の周波数とを関連付ける制御において、誤動作を防止することができる。

[0073] ところで、電力の伝送効率の観点によれば、ワイヤレス受電装置 120 における受電コイル 30 と受電ロードコイル 33 との結合度合い（結合係数）は高いことが好ましい。しかしながら、受電コイル 30 と受電ロードコイル 33 との結合度合いを高めた場合、負荷 130 のインピーダンスが低いと、

負荷 130 の影響により受電共振回路 32 の Q 値が低下してしまい、受電共振回路 32 の共振状態が悪化してしまう。そのため、受電共振回路 32 の共振電流が低下してしまい（受電共振回路 32 を流れる電流の電流値が小さくなってしまい）、磁場共振状態が弱くなり、ワイヤレス給電装置 110 からワイヤレス受電装置 120 への電力伝送効率が低下してしまう。

[0074] しかしながら、この第 1 の実施形態のワイヤレス受電装置 120 によれば、受電ロードコイル 33 と負荷 130 との間に出力トランス 34 が配置され、出力トランス 34 における受電ロードコイル 33 側のインピーダンスが高い場合、受電コイル 30 と受電ロードコイル 33 との結合度合いを高めても、かつ、負荷 130 のインピーダンスが低くても、受電共振回路 32 の Q 値が低下することを抑制することができ、受電共振回路 32 の共振電流が低下することを抑制することができる。その結果、ワイヤレス給電装置 110 からワイヤレス受電装置 120 への電力伝送効率の低下を抑制することができる。なお、出力トランス 34 のインピーダンス比（出力トランス 34 の二次側インピーダンスに対する一次側インピーダンスの比は 1 より大きければよく、例えば、出力トランス 34 から負荷 130 側をみたときのインピーダンスが数十 Ω 以下の場合には、インピーダンス比は 5 以上にするのが好ましい）。

[0075] 特に、負荷の影響による電力伝送効率の低下は、給電コイル 10 と受電コイル 30 との間の距離が大きくなるほど顕著に現れるが、このワイヤレス受電装置 120 によれば、給電コイル 10 と受電コイル 30 との間の距離が大きい場合に、電力伝送効率の低下の抑制効果が大きい。

[第 2 の実施形態]

[0076] 第 1 の実施形態では、ワイヤレス給電装置 110 側が非共振であるワイヤレス電力伝送システム 100 を例示したが、本発明は、給電共振回路と受電共振回路との 2 つの共振回路を備えるワイヤレス電力伝送システムを権利範囲から除くものではない。

[0077] 図 11 は、本発明の第 2 の実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムに

おけるワイヤレス給電装置の電氣的な構成を示す図であり、図10は、図11に示す給電コイル10、磁気センサ22、受電コイル30、及び、受電ロードコイル33の物理的な構造を模式的に示す断面図である。なお、図10には、これらのコイルの周辺回路要素が電氣的に示されている。

[0078] 第2の実施形態のワイヤレス電力伝送システム100Aは、ワイヤレス給電装置110に代えてワイヤレス給電装置110Aを備え、ワイヤレス給電装置110Aは、給電コイル10に代えて、給電コイル10と給電コンデンサ11とからなる給電共振回路12を備えてもよい。また、給電エキサイトコイルを介して共振させてもよい。これらの場合、給電共振回路の共振周波数と受電共振回路の共振周波数とは略一致させる。

[0079] この第2の実施形態のワイヤレス給電装置110A、及び、ワイヤレス電力伝送システム100Aでも、第1の実施形態のワイヤレス給電装置110、ワイヤレス電力伝送システム100と同様の利点を得ることができる。

[第3の実施形態]

[0080] 第2の実施形態では、磁気センサ22を1つだけ備えるワイヤレス給電装置110Aを例示したが、磁気センサ22を複数備えてもよい。

[0081] 図9は、本発明の第3の実施形態に係るワイヤレス給電装置におけるワイヤレス給電装置の電氣的な構成を示す図である。このように、ワイヤレス給電装置110Bは、ワイヤレス給電装置110Aにおいて制御回路20に代えて制御回路20Bを備えている点で第2の実施形態と異なる。制御回路20Bは、制御回路20において磁気センサ22に代えて8つの磁気センサ22を備え、更に加算器28を備えていてもよい。

[0082] 磁気センサ22は、給電コイル10の巻回周上において、それぞれ45°ずつずれて、等間隔に配置されている。磁気センサ22は、それぞれ加算器28に接続されている。加算器28は、8つの磁気センサ22の出力電圧を加算し、コンパレータ23へ出力する。ワイヤレス給電装置110Bのその他の構成はワイヤレス給電装置110Aと同一である。

[0083] この第3の実施形態のワイヤレス給電装置110Bでも、第2の実施形態

のワイヤレス給電装置 110A と同様の利点を得ることができる。

[0084] 更に、第3の実施形態のワイヤレス給電装置 110B によれば、給電コイル 10 と受電コイル 30 との中心位置がずれた場合であっても、受電コイル 30 による磁場（受電コイル 30 に流れる電流）を効率的に検出することが可能となる。すなわち、給電コイル 10 の巻回中心軸と受電コイル 30 の巻回中心軸とが一致し（受電コイル 30 が給電コイル 10 に対して真上に位置し）、給電コイル 10 と受電コイル 30 とが互いに平行である場合のみならず、受電コイル 30 が給電コイル 10 に対して斜めにずれた場合（相対的に横方向にずれると共に、非平行となる場合）にも、受電コイル 30 による磁場（受電コイル 30 に流れる電流）を効率的に検出することが可能となる。

[0085] なお、本発明は上記した本実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。例えば、本実施形態では、少なくともワイヤレス受電装置が受電コイル 30 と受電コンデンサ 31 とからなる受電共振回路 32 を有し、給電コイル 10 と受電コイル 30 との磁場共振現象に基づき、給電コイル 10 から受電コイル 30 に電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システムを例示したが、本発明の特徴は、ワイヤレス給電装置及びワイヤレス受電装置が共振回路を備えず、給電コイル 10 と受電コイル 30 との電磁誘導作用に基づき、給電コイル 10 から受電コイル 30 に電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システムにも適用可能である。この場合、制御回路は、受電共振回路 32 の共振電流の周波数に代えて受電コイル 30 に流れる電流の周波数に、交流電流の周波数を一致させればよい。

[0086] また、本実施の形態では、制御回路 20 は、給電コイル 10 に供給する交流電流の周波数と受電側共振回路 32 の共振電流の周波数とを一致させるように制御しているが、交流電流の周波数と受電共振回路 32 の共振周波数とは完全に一致せずとも、例えば、 $\pm 20\%$ 程度の誤差範囲内で略一致させれば（関連付ければ）、伝送電力の力率を高めることができ、高効率な電力伝送を行うことが可能となる。

[0087] また、本実施の形態では、制御回路 20 は、受電側共振回路 32 の共振電

流の周波数に一致した周波数を有する交流電流を、給電コイル 10 に供給するようにして、受電側共振回路 32 の共振電流の周波数と、給電コイル 10 に供給する交流電流の周波数とを一致させるように制御しているが、制御回路 20 は、受電側共振回路 32 の共振電流の周波数に略一致させるように、例えば、給電コイル 10 のインダクタンスを調整することにより、受電側共振回路 32 の共振電流の周波数と、給電コイル 10 に供給する交流電流の周波数とを略一致させるように制御してもよい。

[0088] また、本実施形態では、磁気センサ 22 が給電コイル 10 による不要な磁場を検出しないために、非感磁方向が前記給電コイル 10 によって生じる磁場ベクトル（磁力線）に対して $\pm 10^\circ$ の範囲内の角度をなすように磁気センサ 22 を配置する一例を示したが、給電コイル 10 による不要な磁場を検出させない手法は、本実施形態に限定されない。例えば、図 8 に示すように、磁気シールド部材 22 X を備えてもよい。磁気シールド部材 22 X は、断面略 U 字状をなしており、磁気センサ 22 における受電コイルに対向する受電コイル側対向面を除いて、給電コイルに対抗する給電コイル側対向面と、受電コイル側対向面及び給電コイル側対向面に交差する 4 つの側面との 5 面を磁気シールドするものである。磁気シールド部材 22 X の材料としては、例えば、パーマロイや珪素鋼板等が適用可能である。これによれば、給電コイル 10 による不要な磁場をシールドし、磁気センサ 22 は、受電コイルによる磁場を正確に検出することが可能となる。

[0089] また、第 3 の実施形態では、磁気センサを 8 個備える形態を例示したが、磁気センサの数はこれに限定されない。例えば、磁気センサは 2 個以上であってもよい。また、これらの磁気センサは、給電コイルの巻回周上において等間隔に配置されなくてもよい。

[0090] また、本発明の特徴は、電力伝送のみならず、信号伝送においても適用可能である。例えば、磁場共振現象を利用して、アナログ信号やデジタル信号を非接触で伝送する場合にも、本発明のワイヤレス電力伝送システムを適用可能である。

[0091] なお、本発明は、（１）携帯電話機、ポータブル音楽プレーヤー、ゲーム機やＴＶ等のコントローラ等に内蔵する二次電池への非接触充電器、（２）工場内の搬送ロボットへの非接触給電、（３）ＰＨＶ（プラグインハイブリットカー）、ＥＶ（電気自動車）の非接触充電を行うシステムに適用可能である。

[0092] なお、本明細書では、磁場共振現象のための素子を「コイル」と称したが、関連の技術分野によっては、「トランスミッタ」や「アンテナ」等と称することもある。

[0093] 以上、好適な実施の形態において本発明の原理を図示し説明してきたが、本発明は、そのような原理から逸脱することなく配置及び詳細において変更され得ることができることは、当業者によって認識される。本発明は実施の形態に開示された特定の構成に限定されるものではない。したがって、特許請求の範囲及びその精神の範囲から来るすべての修正及び変更に権利を請求する。

産業上の利用可能性

[0094] 複雑な構成の制御回路を用いることなく、効率的な電力伝送を行う用途に適用することができる。

符号の説明

- [0095] １０ 給電コイル
 １１ 給電コンデンサ
 １２ 給電共振回路
 ２０，２０Ｂ 制御回路
 ２１ 位相遅延器
 ２２ 磁気センサ
 ２２Ｘ 磁気シールド部材
 ２３ コンパレータ（位相検出回路）
 ２４ ローパスフィルタ（ＬＰＦ）（位相検出回路）
 ２５ 誤差増幅器（位相検出回路）

- 2 6 電圧制御発振器（V C O）（交流電流生成回路）
- 2 7 高周波増幅器（交流電流生成回路）
- 2 8 加算器
- 3 0 受電コイル
- 3 1 受電コンデンサ
- 3 2 受電共振回路
- 3 3 受電ロードコイル
- 3 4 出力トランス
- 1 0 0, 1 0 0 A ワイヤレス電力伝送システム
- 1 1 0, 1 1 0 A, 1 1 0 B ワイヤレス給電装置
- 1 2 0 ワイヤレス受電装置
- 1 3 0 負荷

請求の範囲

- [請求項1] 受電コイルを有するワイヤレス受電装置に非接触で電力供給を行うワイヤレス給電装置であって、
- 給電コイルと、
- 前記給電コイルに交流電流を供給することによって、前記給電コイルと前記受電コイルとの磁気結合に基づき、前記給電コイルから前記受電コイルに電力供給を行わせる制御回路であって、前記交流電流の周波数と前記受電コイルに流れる電流の周波数とを関連付ける当該制御回路と、を備え、
- 前記制御回路は、
- 出力交流電圧の位相を遅延させた遅延交流電圧を生成する位相遅延回路と、
- 前記遅延交流電圧によってバイアスされ、前記受電コイルによる磁場を検出する磁気センサと、
- 前記磁気センサからの出力電圧と比較電圧とから、前記出力電圧と前記比較電圧との位相差に応じた位相差指示電圧を生成する位相検出回路と、
- 前記位相差指示電圧に基づいた周波数を有する前記出力交流電圧を生成し、前記出力交流電圧の周波数に応じた周波数を有する前記交流電流を生成する交流電流生成回路と、を有する、
- ワイヤレス給電装置。
- [請求項2] 前記位相遅延回路は、前記出力交流電圧の位相を 30° 以上 360° 未満だけ遅延させた前記遅延交流電圧を生成する、
- 請求項1に記載のワイヤレス給電装置。
- [請求項3] 前記磁気センサは、非感磁方向が前記給電コイルによって生じる磁場ベクトルに対して $\pm 10^{\circ}$ の範囲内の角度をなすように配置されている、
- 請求項1又は2に記載のワイヤレス給電装置。

- [請求項4] 断面略U字状をなしており、前記磁気センサにおける前記受電コイルに対向する受電コイル側対向面を除いて、前記給電コイルに対抗する給電コイル側対向面と、前記受電コイル側対向面及び前記給電コイル側対向面に交差する4つの側面との5面を磁気シールドする磁気シールド部材を備える、
請求項1又は2に記載のワイヤレス給電装置。
- [請求項5] 前記制御回路は、
複数の前記磁気センサと、複数の前記磁気センサからの出力信号を加算する加算器とを更に備え、
前記位相検出回路は、前記加算器からの出力電圧と比較電圧とから、前記出力電圧と前記比較電圧との位相差に応じた位相差指示電圧を生成する、
請求項1又は2に記載のワイヤレス給電装置。
- [請求項6] 前記位相検出回路は、
前記磁気センサからの出力電圧と前記比較電圧とを比較し、前記出力電圧と前記比較電圧との位相差に応じたパルス幅を有するパルス電圧を生成するコンパレータと、
前記パルス電圧を平滑化して前記位相差指示電圧を生成するローパスフィルタと、を有する
請求項1に記載のワイヤレス給電装置。
- [請求項7] 前記交流電流生成回路は、
前記位相差指示電圧に基づいた周波数を有する前記出力交流電圧を生成する電圧制御発振器と、
前記出力交流電圧の周波数に応じた周波数を有する前記交流電流を生成する高周波増幅器と、を有する、
請求項1に記載のワイヤレス給電装置。
- [請求項8] 請求項1又は2に記載のワイヤレス給電装置とワイヤレス受電装置との間で非接触で電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システムであっ

て、前記ワイヤレス給電装置における給電コイルと前記ワイヤレス受電装置における受電コイルとの磁気結合に基づき、前記給電コイルから前記受電コイルに電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システム。

[請求項9] 前記受電コイルと受電コンデンサとを含む受電共振回路を有する前記ワイヤレス受電装置に非接触で電力供給を行う、請求項 1 に記載のワイヤレス給電装置であって、

前記給電コイルと給電コンデンサとを含み、前記給電コイルと前記受電コイルとの磁場共振現象に基づき、前記給電コイルから前記受電コイルに電力供給を行うための給電共振回路を更に有し、

前記給電共振回路の共振周波数は、前記受電共振回路の共振周波数と関連付けられており、

前記制御回路は、前記交流電流の周波数と前記受電共振回路の共振電流の周波数とを関連付ける、

ワイヤレス給電装置。

[請求項10] 前記受電コイルと受電コンデンサとを含む受電共振回路を有する前記ワイヤレス受電装置に非接触で電力供給を行う、請求項 1 に記載のワイヤレス給電装置であって、

前記給電コイルは、実質的に共振回路を構成せず、

前記制御回路は、前記給電コイルに交流電流を供給することによって、前記給電コイルと前記受電コイルとの磁場共振現象に基づき、前記給電コイルから前記受電コイルに電力供給を行わせる制御回路であって、前記交流電流の周波数と前記受電共振回路の共振電流の周波数とを関連付ける、

ワイヤレス給電装置。

[請求項11] 請求項 9 又は 10 に記載のワイヤレス給電装置から非接触で電力取得を行うワイヤレス受電装置であって、

受電コイルと受電コンデンサとを含み、前記ワイヤレス給電装置における給電コイルと前記受電コイルとの磁場共振現象に基づき、前記

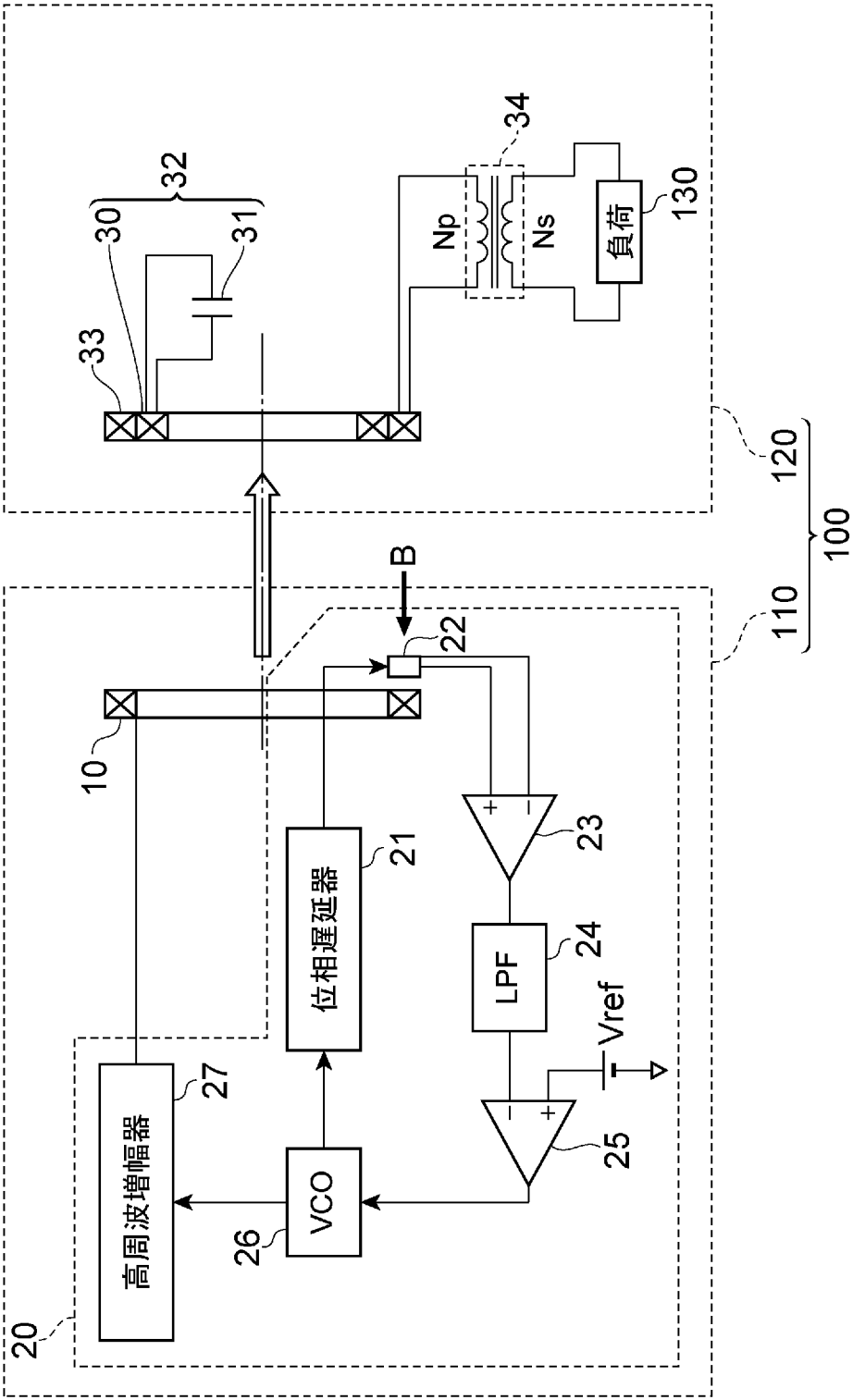
受電コイルによって前記給電コイルから電力取得を行うための受電共振回路と、

前記受電コイルから非接触で電力供給を受ける受電ロードコイルと、

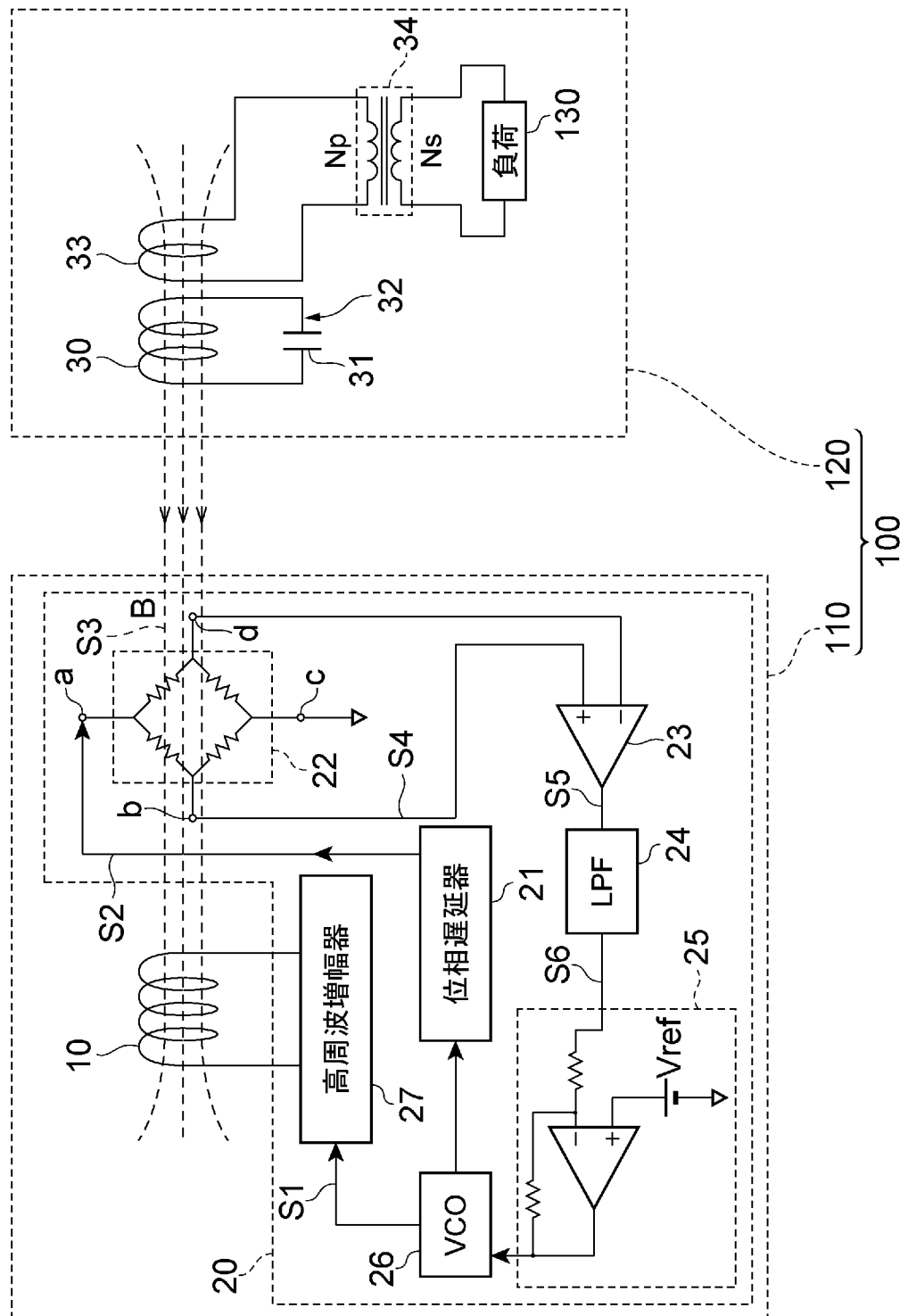
前記受電ロードコイルと負荷との間に配置され、前記受電ロードコイルに接続される一次側のインピーダンスが前記負荷に接続される二次側のインピーダンスよりも高いインピーダンス変換器と、
を備える、ワイヤレス受電装置。

[請求項12] 請求項9又は10に記載のワイヤレス給電装置と請求項11に記載のワイヤレス受電装置との間で非接触で電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システムであって、前記ワイヤレス給電装置における給電コイルと前記ワイヤレス受電装置における受電コイルとの磁場共振現象に基づき、前記給電コイルから前記受電コイルに電力伝送を行うワイヤレス電力伝送システム。

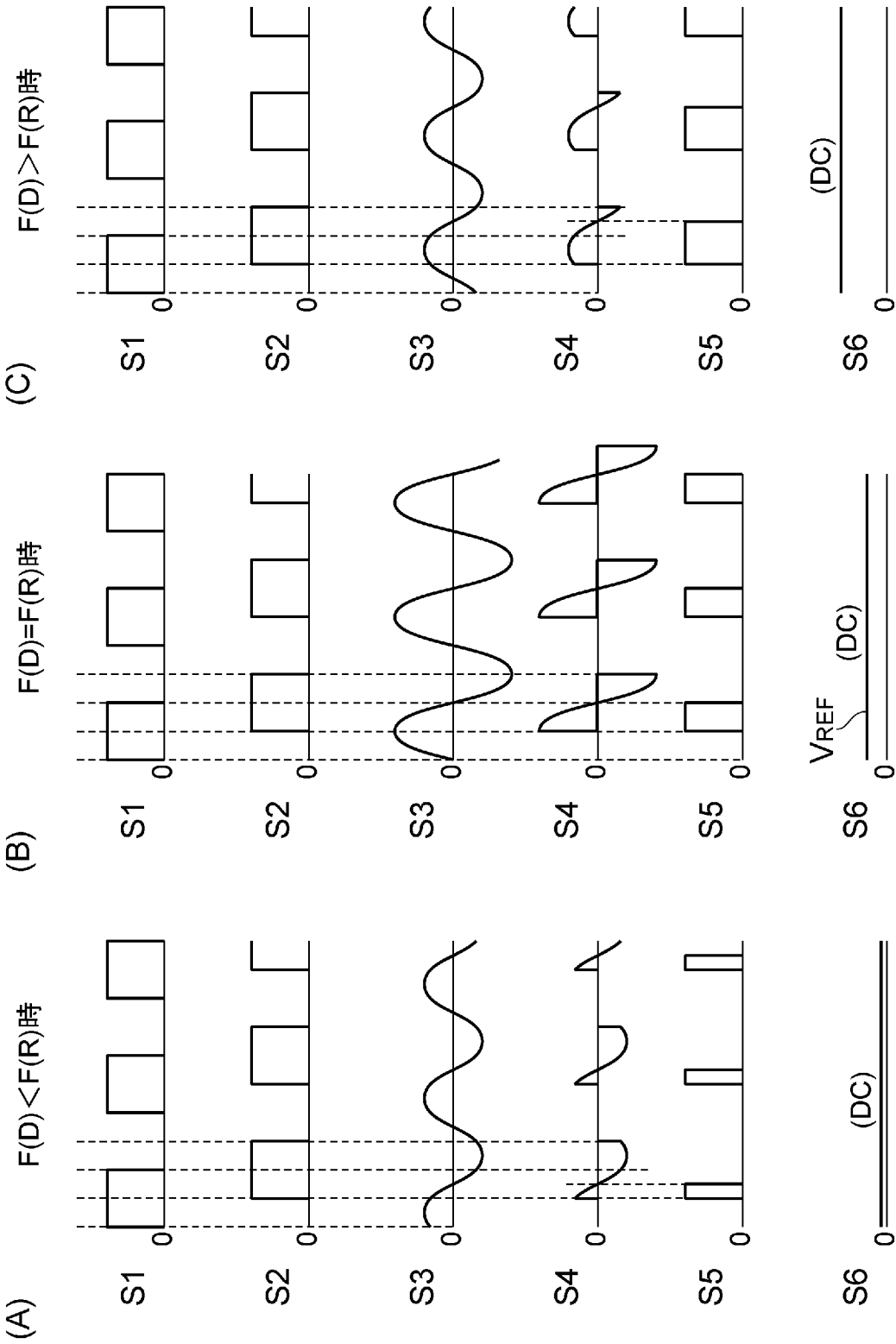
[図1]



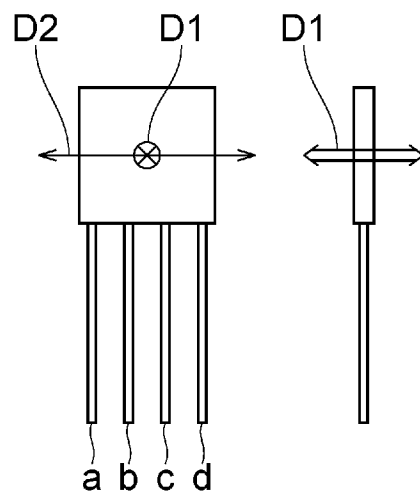
[図2]



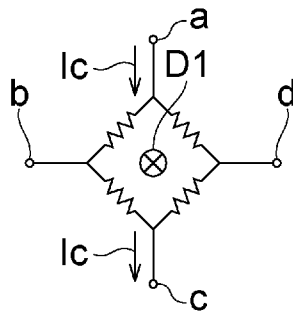
[図3]



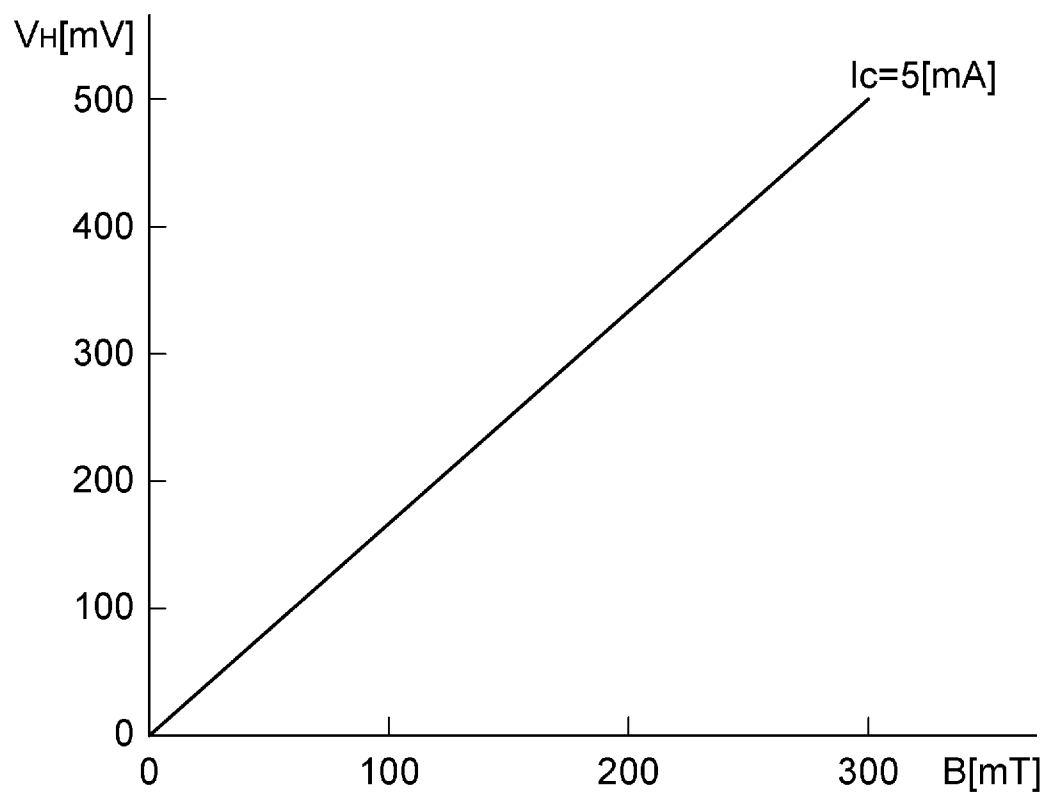
[図4]



[図5]

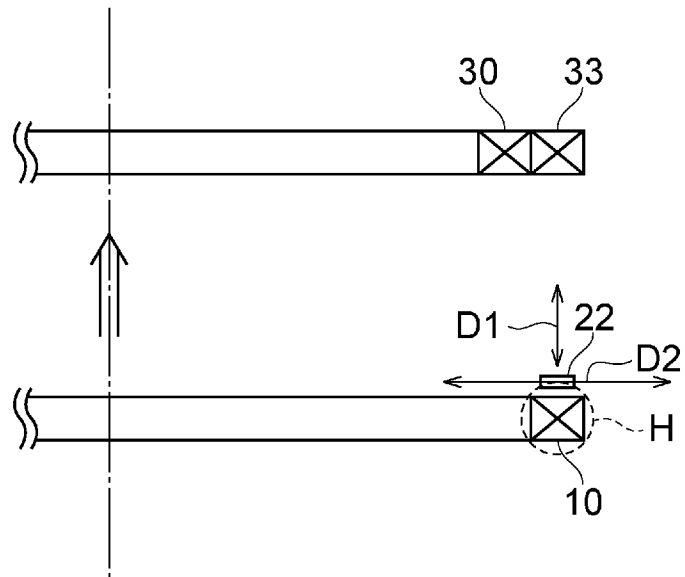


[図6]

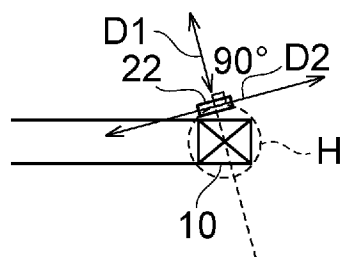


[図7]

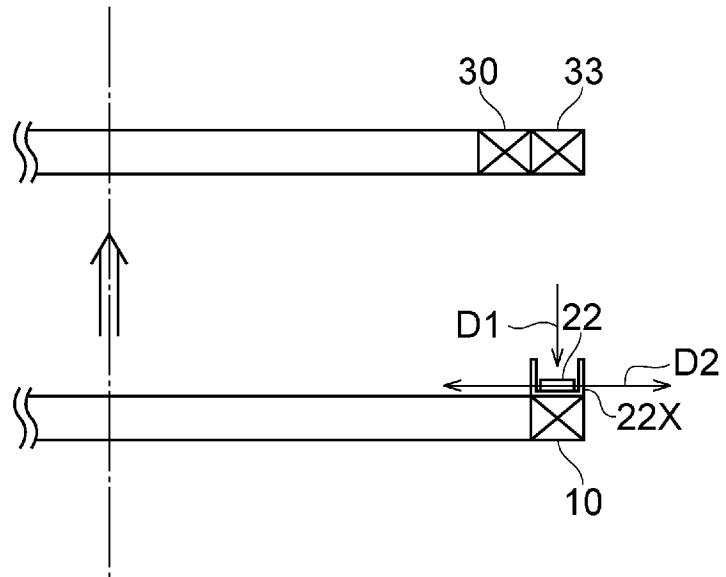
(A)



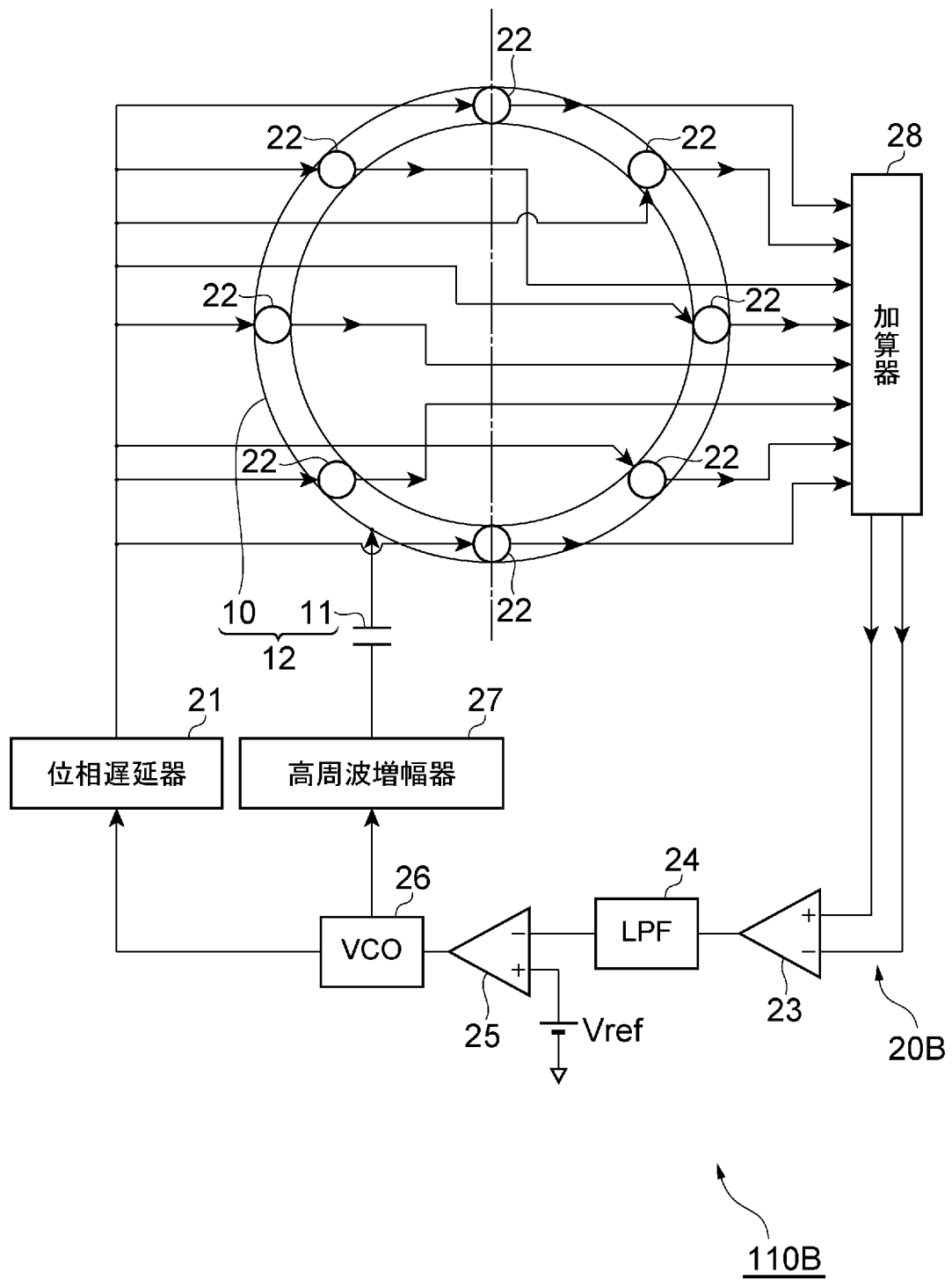
(B)



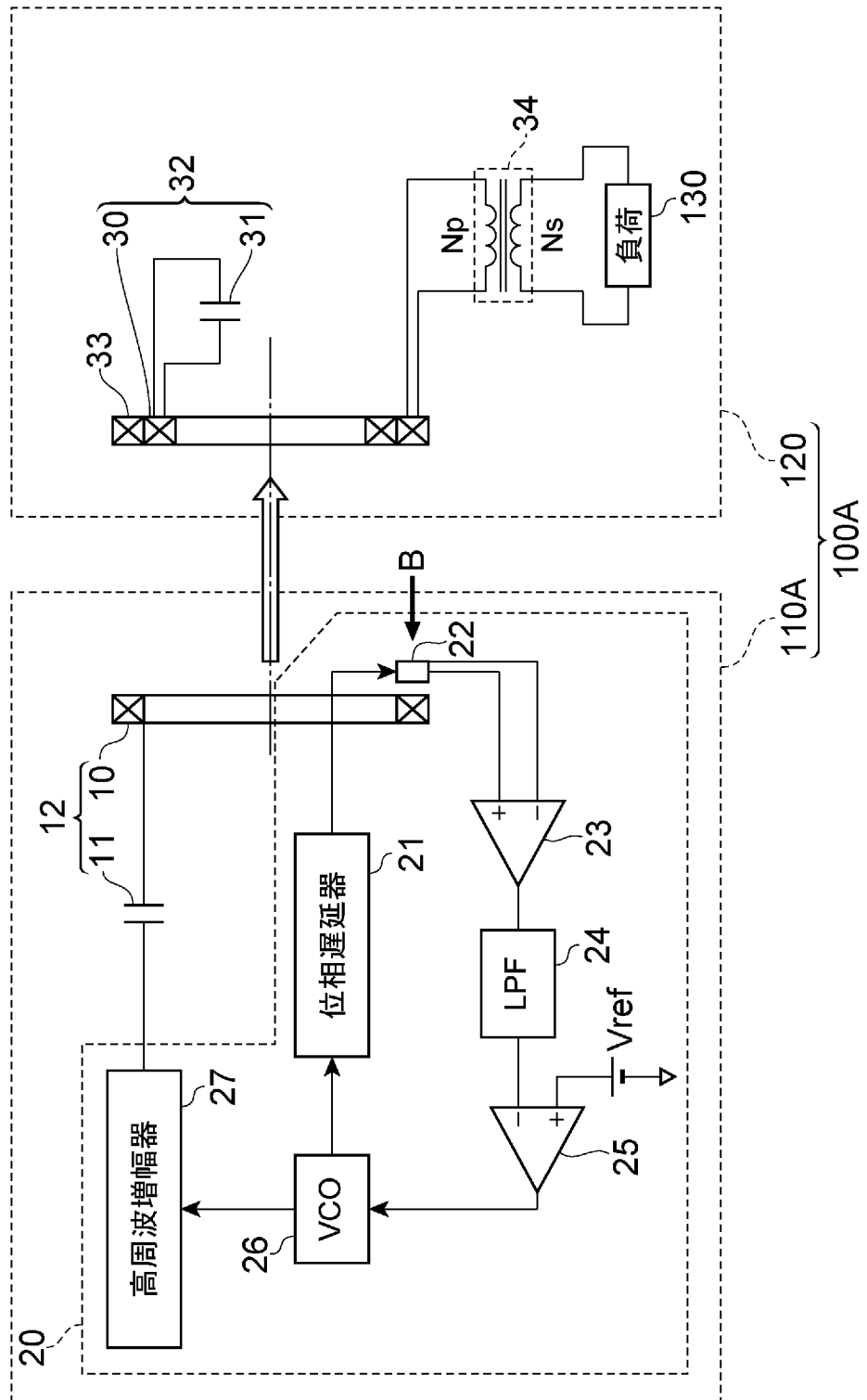
[図8]



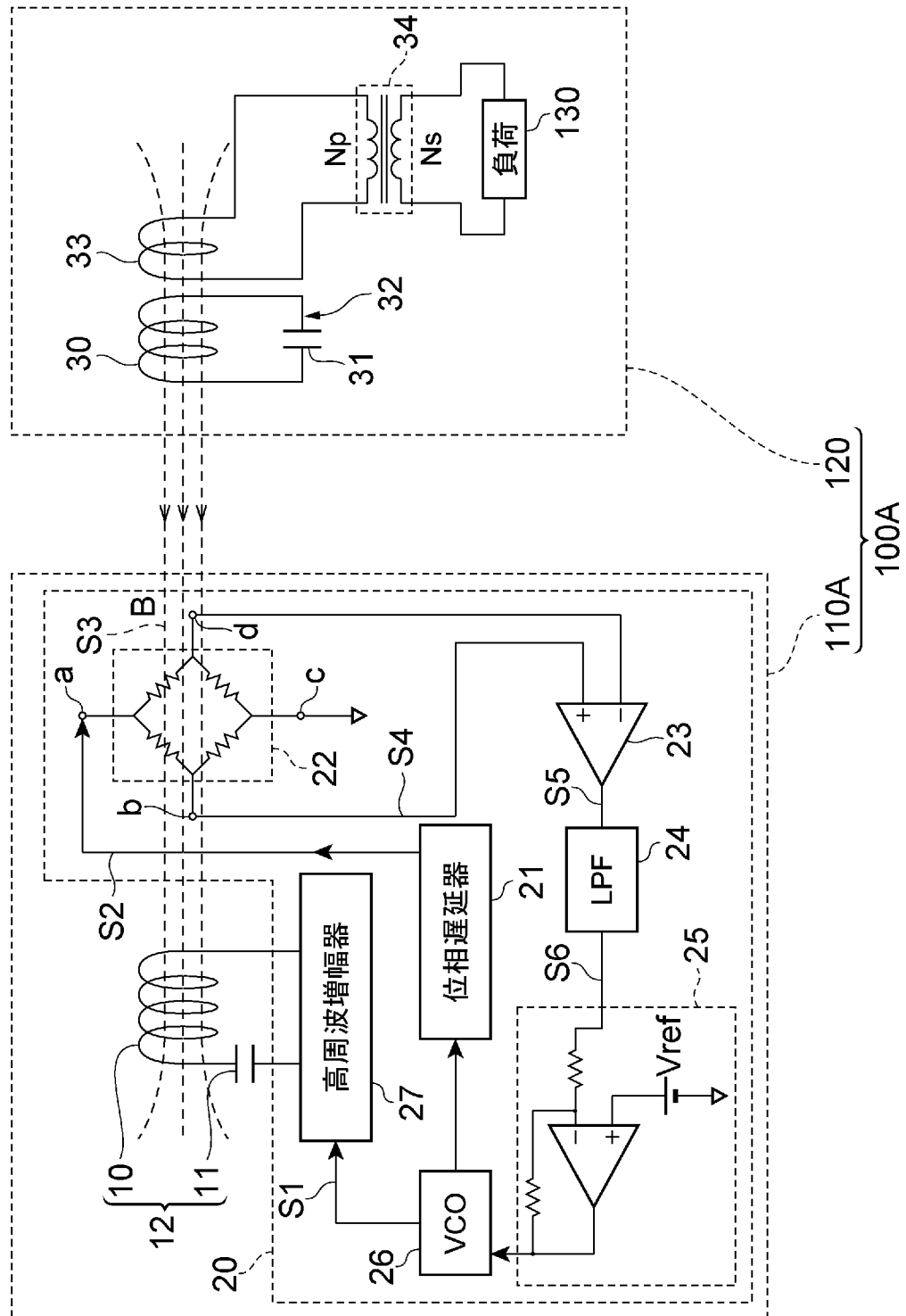
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054166

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J17/00 (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)

H02J17/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2010-166693 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 29 July 2010 (29.07.2010), 0025 to 0026 (Family: none)	1-12

☐ 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
10 May, 2012 (10.05.12)

Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)

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（I P C））

Int.Cl. H02J17/00 (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（I P C））

Int.Cl. H02J17/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2010-166693 A（日産自動車株式会社）2010.07.29, 0025-0026（ファミリーなし）	1-12

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

1 0 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

小林 勝広

5 G

9 0 6 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 2 6