(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
2016 年 5 月 12 日(12.05.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/071995 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 17/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079471

(22) 国際出願日: 2014 年 11 月 6 日(06.11.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 下川 聡 (SHIMOKAWA, Satoshi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 内田 昭嘉 (UCHIDA, Akiyoshi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (ITOH, Tadashige 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） １６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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).

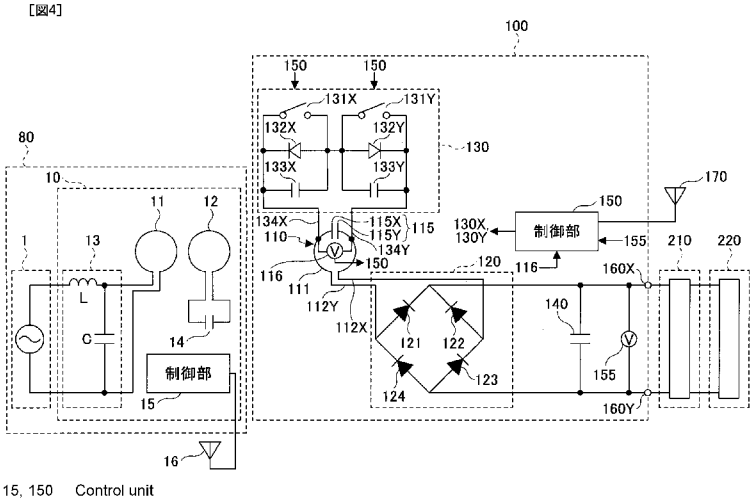
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: POWER RECEIVER AND POWER TRANSMISSION SYSTEM

(54) 発明の名称 : 受電器、及び、電力伝送システム

[図4]



15, 150 Control unit

(57) **Abstract**: The present invention is capable of adjusting the power-receiving efficiency of a power receiver or power transmission system. This power receiver (100) includes: a secondary-side resonance coil (110) which receives power by means of magnetic field resonance; a capacitor (115) which is inserted in series in a resonance coil part (111) of the secondary-side resonance coil (110); a series circuit which comprises a first switch (131X) and a second switch (131Y) and is connected in parallel to the capacitor; a first rectification element (132X) which is connected in parallel to the first switch; a second rectification element (132Y) which is connected in parallel to the second switch and in the opposite direction of the first rectification element; a detection part (116) which detects a waveform related to a power transmission frequency; and a control unit (150) which adjusts the amount of power to be received by adjusting the waveform detected by the detection part and the phase difference between a first signal for on/off switching of the first switch and a second signal for on/off switching of the second switch.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/071995 A1

本発明は、受電器または電力伝送システムにおいて、受電効率を調整できるようにしたものである。本発明の受電器（１００）は、磁界共鳴によって受電する二次側共振コイル（１１０）と、前記二次側共振コイル（１１０）の共振コイル部（１１１）に直列に挿入されるキャパシタ（１１５）と、前記キャパシタに並列に接続される、第１スイッチ（１３１Ｘ）及び第２スイッチ（１３１Ｙ）の直列回路と、前記第１スイッチに並列に接続される第１整流素子（１３２Ｘ）と、前記第２スイッチに並列に接続され前記第１整流素子とは反対の方向を有する第２整流素子（１３２Ｙ）と、送電周波数に関する波形を検出する検出部（１１６）と、前記検出部で検出された波形と、前記第１スイッチのオン／オフを切り替える第１信号及び前記第２スイッチのオン／オフを切り替える第２信号の位相差を調整することによって受電電力量を調整する制御部（１５０）とを含む。

明　細　書

発明の名称 ： 受電器、及び、電力伝送システム

技術分野

[0001] 本発明は、受電器、及び、電力伝送システムに関する。

背景技術

[0002] 従来より、給電元の共鳴素子から共鳴により非接触で交流電力の供給を受ける共鳴素子と、前記共鳴素子から電磁誘導により交流電力の供給を受ける励振素子と、前記励振素子からの交流電力から直流電力を生成して出力する整流回路と、前記整流回路への交流電力の供給／非供給を切り替える切替回路とを備える非接触受電装置がある（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１１－０１９２９１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、従来の非接触受電装置（受電器）は、受電器に送電される電力を共鳴素子が電力する際の受電効率を考慮していない。受電効率を調整できれば、送電器と受電器との間で効率的に電力を伝送できる。

[0005] そこで、受電効率を調整できる受電器、及び、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

[0006] 本発明の実施の形態の受電器は、共振コイル部を有し、一次側共振コイルとの間で生じる磁界共鳴によって前記一次側共振コイルから電力を受電する二次側共振コイルと、前記二次側共振コイルの前記共振コイル部に直列に挿入されるキャパシタと、前記キャパシタに並列に接続される、第１スイッチ及び第２スイッチの直列回路と、前記第１スイッチに並列に接続され、第１整流方向を有する第１整流素子と、前記第２スイッチに並列に接続され、前

記第１整流方向とは反対の第２整流方向を有する第２整流素子と、前記二次側共振コイルに供給される電源の電圧波形または電流波形を検出する検出部と、前記検出部が検出した電圧波形または電流波形と、前記第１スイッチのオン／オフを切り替える第１信号及び前記第２スイッチのオン／オフを切り替える第２信号との位相差を調整することにより、前記二次側共振コイルが受電する電力量を調整する制御部とを含む。

発明の効果

[0007] 受電効率を調整できる受電器、及び、電力伝送システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]電力伝送システム５０を示す図である。

[図2]送電器１０から電子機器４０Ａ、４０Ｂに磁界共鳴によって電力を伝送する状態を示す図である。

[図3]送電器１０から電子機器４０Ｂ１、４０Ｂ２に磁界共鳴によって電力を伝送する状態を示す図である。

[図4]実施の形態１の受電器１００と送電装置８０を示す図である。

[図5]制御部１５０の内部構成を示す図である。

[図6]キャパシタ１１５及び調整部１３０における電流経路を示す図である。

[図7]二次側共振コイル１１０に生じる交流電圧と、駆動信号に含まれる２つのクロックを示す図である。

[図8]位相差に対する受電効率の特性を示すシミュレーション結果を示す図である。

[図9]実施の形態１の電力伝送システム５００を用いた送電装置８０と電子機器２００Ａ及び２００Ｂを示す図である。

[図10]駆動信号の位相差と、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電電力量との関係を示す図である。

[図11]送電器１０と受電器１００Ａ及び１００Ｂとが位相差を設定するために実行する処理を示すタスク図である。

[図12]送電装置８０と電子機器２００Ａ及び２００Ｂの等価回路を示す図である。

[図13]相互インダクタンスM_{TA}と相互インダクタンスM_{TB}との関係に対して、位相差を関連付けたテーブルデータを示す図である。

[図14]相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}と、受電効率とを関連付けたテーブルデータである。

[図15]実施の形態１の送電器１０が受電器１００Ａ又は１００Ｂの位相差を設定する方法を示すフローチャートである。

[図16]実施の形態１の変形例の調整部１３０Ｖを示す図である。

[図17]キャパシタ１１５及び調整部１３０Ｖにおける電流経路を示す図である。

[図18]実施の形態２の受電器１０１と送電装置８０を示す図である。

[図19]実施の形態２の受電器１０１Ａ、１０１Ｂと送電器１０とが位相差を設定するために実行する処理を示すタスク図である。

[図20]実施の形態２の受電器１０１Ａ、１０１Ｂと送電器１０とが位相差を設定するために実行する処理を示すタスク図である。

[図21]実施の形態２の受電器１０１Ａ、１０１Ｂと送電器１０とが位相差を設定するために実行する処理を示すタスク図である。

[図22]実施の形態３における送電器１０とＮ個の受電器１０１－１、１０１－２、・・・、１０１－Ｎとを示す図である。

[図23]実施の形態３による位相差と送電出力Ｐの決定処理を示すフローチャートである。

[図24]実施の形態３で用いるテーブル形式のデータを示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の受電器、及び、電力伝送システムを適用した実施の形態について説明する。

[0010] ＜実施の形態１＞

本発明の受電器、及び、電力伝送システムを適用した実施の形態１につい

て説明する前に、図１乃至図３を用いて、実施の形態１の受電器、及び、電力伝送システムの前提技術について説明する。

[0011] 図１は、電力伝送システム５０を示す図である。

[0012] 図１に示すように、電力伝送システム５０は、交流電源１、一次側(送電側)の送電器１０、及び二次側(受電側)の受電器２０を含む。電力伝送システム５０は、送電器１０及び受電器２０を複数含んでもよい。

[0013] 送電器１０は、一次側コイル１１と一次側共振コイル１２を有する。受電器２０は、二次側共振コイル２１と二次側コイル２２を有する。二次側コイル２２には負荷装置３０が接続される。

[0014] 図１に示すように、送電器１０及び受電器２０は、一次側共振コイル(ＬＣ共振器)１２と受電共振コイル(ＬＣ共振器)２１の間の磁界共鳴(磁界共振)により、送電器１０から受電器２０へエネルギー(電力)の伝送を行う。ここで、一次側共振コイル１２から二次側共振コイル２１への電力伝送は、磁界共鳴だけでなく電界共鳴(電界共振)等も可能であるが、以下の説明では、主として磁界共鳴を例として説明する。

[0015] また、実施の形態１では、一例として、交流電源１が出力する交流電圧の周波数が６．７８ＭＨｚであり、一次側共振コイル１２と二次側共振コイル２１の共振周波数が６．７８ＭＨｚである場合について説明する。

[0016] なお、一次側コイル１１から一次側共振コイル１２への電力伝送は電磁誘導を利用して行われ、また、二次側共振コイル２１から二次側コイル２２への電力伝送も電磁誘導を利用して行われる。

[0017] また、図１には、電力伝送システム５０が二次側コイル２２を含む形態を示すが、電力伝送システム５０は二次側コイル２２を含まなくてもよく、この場合には、二次側共振コイル２１に負荷装置３０を直接的に接続すればよい。

[0018] 図２は、送電器１０から電子機器４０Ａ、４０Ｂに磁界共鳴によって電力を伝送する状態を示す図である。

[0019] 電子機器４０Ａ及び４０Ｂは、それぞれ、タブレットコンピュータ及びス

マートフォンであり、それぞれ、受電器２０Ａ、２０Ｂを内蔵している。受電器２０Ａ及び２０Ｂは、図１に示す受電器２０（図１参照）から二次側コイル２２を取り除いた構成を有する。すなわち、受電器２０Ａ及び２０Ｂは、二次側共振コイル２１を有する。なお、図２では送電器１０を簡略化して示すが、送電器１０は交流電源１（図１参照）に接続されている。

[0020] 図２では、電子機器４０Ａ、４０Ｂは、送電器１０から互いに等しい距離の位置に配置されており、それぞれが内蔵する受電器２０Ａ及び２０Ｂが磁界共鳴によって送電器１０から非接触の状態で同時に電力を受電している。

[0021] ここで一例として、図２に示す状態において、電子機器４０Ａに内蔵される受電器２０Ａの受電効率が４０％、電子機器４０Ｂに内蔵される受電器２０Ｂの受電効率が４０％であることとする。

[0022] 受電器２０Ａ及び２０Ｂの受電効率は、交流電源１に接続される一次側コイル１１から伝送される電力に対する、受電器２０Ａ及び２０Ｂの二次側コイル２２が受電する電力の比率で表される。なお、送電器１０が一次側コイル１１を含まずに交流電源１に一次側共振コイル１２が直接的に接続されている場合は、一次側コイル１１から伝送される電力の代わりに、一次側共振コイル１２から伝送される電力を用いて受電電力を求めればよい。また、受電器２０Ａ及び２０Ｂが二次側コイル２２を含まない場合は、二次側コイル２２が受電する電力の代わりに二次側共振コイル２１が受電する電力を用いて受電電力を求めればよい。

[0023] 受電器２０Ａ及び２０Ｂの受電効率は、送電器１０と受電器２０Ａ及び２０Ｂのコイル仕様や各々との間の距離・姿勢によって決まる。図２では、受電器２０Ａ及び２０Ｂの構成は同一であり、送電器１０から互いに等しい距離・姿勢の位置に配置されているため、受電器２０Ａ及び２０Ｂの受電効率は互いに等しく、一例として、４０％である。

[0024] また、電子機器４０Ａの定格出力は１０Ｗ、電子機器４０Ｂの定格出力は５Ｗであることとする。

[0025] このような場合には、送電器１０の一次側共振コイル１２（図１参照）か

ら伝送される電力は、１８．７５Ｗになる。１８．７５Ｗは、（１０Ｗ＋５Ｗ）／（４０％＋４０％）で求まる。

[0026] ところで、送電器１０から１８．７５Ｗの電力を電子機器４０Ａ及び４０Ｂに向けて伝送すると、受電器２０Ａ及び２０Ｂは、合計で１５Ｗの電力を受信することになり、受電器２０Ａ及び２０Ｂは、均等に電力を受電するため、それぞれが７．５Ｗの電力を受電することになる。

[0027] この結果、電子機器４０Ａは、電力が２．５Ｗ不足し、電子機器４０Ｂは、電力が２．５Ｗ余ることになる。

[0028] すなわち、送電器１０から１８．７５Ｗの電力を電子機器４０Ａ及び４０Ｂに伝送しても、電子機器４０Ａ及び４０Ｂがバランスよく受電することはできない。換言すれば、電子機器４０Ａ及び４０Ｂが同時に受電する際における電力の供給バランスがよくない。

[0029] 図３は、送電器１０から電子機器４０Ｂ１、４０Ｂ２に磁界共鳴によって電力を伝送する状態を示す図である。

[0030] 電子機器４０Ｂ１、４０Ｂ２は、同じタイプのスマートフォンであり、それぞれ、受電器２０Ｂ１、２０Ｂ２を内蔵している。受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２は、図２に示す受電器２０Ｂと等しい。すなわち、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２は、二次側共振コイル２１を有する。なお、図３では送電器１０を簡略化して示すが、送電器１０は交流電源１（図１参照）に接続されている。

[0031] 図３では、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０に対する角度（姿勢）は等しいが、電子機器４０Ｂ１は、電子機器４０Ｂ２よりも送電器１０から遠い位置に配置されている。電子機器４０Ｂ１、４０Ｂ２がそれぞれ内蔵する受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２は、磁界共鳴によって送電器１０から非接触の状態で電力を同時に受電している。

[0032] ここで一例として、図３に示す状態において、電子機器４０Ｂ１に内蔵される受電器２０Ｂ１の受電効率が３５％、電子機器４０Ｂ２に内蔵される受電器２０Ｂ２の受電効率が４５％であることとする。

[0033] ここでは、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０に対する角度（姿勢）は等しいため、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２の受電効率は、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２の各々と送電器１０との間の距離によって決まる。このため、図３では、受電器２０Ｂ１の受電効率は、受電器２０Ｂ２の受電効率よりも低い。なお、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の定格出力は、ともに５Ｗである。

[0034] このような場合には、送電器１０の一次側共振コイル１２（図１参照）から伝送される電力は、１２．５Ｗになる。１２．５Ｗは、（５Ｗ＋５Ｗ）／（３５％＋４５％）で求まる。

[0035] ところで、送電器１０から１２．５Ｗの電力を電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２に向けて伝送すると、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２は、合計で１０Ｗの電力を受信することになる。また、図３では、受電器２０Ｂ１の受電効率が３５％であり、受電器２０Ｂ２の受電効率が４５％であるため、受電器２０Ｂ１は、約４．４Ｗの電力を受電し、受電器２０Ｂ２は、約５．６％の電力を受電することになる。

[0036] この結果、電子機器４０Ｂ１は、電力が約０．６Ｗ不足し、電子機器４０Ｂ２は、電力が０．６Ｗ余ることになる。

[0037] すなわち、送電器１０から１２．５Ｗの電力を電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２に伝送しても、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２がバランスよく受電することはできない。換言すれば、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２が同時に受電する際における電力の供給バランスがよくない（改善の余地がある）。

[0038] なお、ここでは、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０に対する角度（姿勢）が等しく、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０からの距離が異なる場合の電力の供給バランスについて説明した。

[0039] しかしながら、受電効率は、送電器１０と受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２との間の距離と角度（姿勢）によって決まるため、図３に示す位置関係において電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の角度（姿勢）が異なれば、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２の受電効率は、上述した３５％及び４５％とは異なる値にな

る。

[0040] また、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０からの距離が等しくでも、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０に対する角度（姿勢）が異なれば、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２の受電効率は互いに異なる値になる。

[0041] 以上、図２に示すように、定格出力が互いに異なる電子機器４０Ａ、４０Ｂに、送電器１０から磁界共鳴によって電力を同時に伝送する際には、電子機器４０Ａ及び４０Ｂがバランスよく受電することは困難である。

[0042] また、図３に示すように、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の定格出力が互いに等しくても、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２の送電器１０に対する角度（姿勢）が異なれば、受電器２０Ｂ１及び２０Ｂ２の受電効率は互いに異なるため、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２がバランスよく受電することは困難である。

[0043] また、図２及び図３では、電子機器４０Ａ及び４０Ｂと、電子機器４０Ｂ１及び４０Ｂ２とがそれぞれ同時に受電する場合について説明したが、電子機器４０Ａと４０Ｂ、又は、電子機器４０Ｂ１と４０Ｂ２のような複数の電子機器が時分割的に別々に受電することも考えられる。

[0044] しかしながら、複数の電子機器が時分割的に別々に受電する場合には、それぞれの電子機器が受電している間は、他の電子機器は受電できないため、すべての電子機器の受電が完了するのに時間がかかるという問題が生じる。

[0045] 次に、図４乃至図９を用いて、実施の形態１の受電器、及び、電力伝送システムについて説明する。

[0046] 図４は、実施の形態１の受電器１００と送電装置８０を示す図である。送電装置８０は、交流電源１と送電器１０を含む。交流電源１と送電器１０は、図１に示すものと同様であるが、図４では、より具体的な構成を示す。

[0047] 送電装置８０は、交流電源１と送電器１０を含む。

[0048] 送電器１０は、一次側コイル１１、一次側共振コイル１２、整合回路１３、キャパシタ１４、制御部１５、及びアンテナ１６を有する。

[0049] 受電器１００は、二次側共振コイル１１０、キャパシタ１１５、電圧計１

１６、整流回路１２０、調整部１３０、平滑キャパシタ１４０、制御部１５０、電圧計１５５、出力端子１６０Ｘ、１６０Ｙ、及びアンテナ１７０を含む。出力端子１６０Ｘ、１６０Ｙには、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０が接続されており、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０の出力側にはバッテリ２２０が接続されている。

[0050] まず、送電器１０について説明する。図４に示すように、一次側コイル１１は、ループ状のコイルであり、両端間に整合回路１３を介して交流電源１に接続されている。一次側コイル１１は、一次側共振コイル１２と非接触で近接して配置されており、一次側共振コイル１２と電磁界結合される。一次側コイル１１は、自己の中心軸が一次側共振コイル１２の中心軸と一致するように配設される。中心軸を一致させるのは、一次側コイル１１と一次側共振コイル１２との結合強度を向上させるとともに、磁束の漏れを抑制して、不必要な電磁界が一次側コイル１１及び一次側共振コイル１２の周囲に発生することを抑制するためである。

[0051] 一次側コイル１１は、交流電源１から整合回路１３を経て供給される交流電力によって磁界を発生し、電磁誘導（相互誘導）により電力を一次側共振コイル１２に送電する。

[0052] 図４に示すように、一次側共振コイル１２は、一次側コイル１１と非接触で近接して配置されて一次側コイル１１と電磁界結合されている。また、一次側共振コイル１２は、所定の共振周波数を有し、高いＱ値を有するように設計されている。一次側共振コイル１２の共振周波数は、二次側共振コイル１１０の共振周波数と等しくなるように設定されている。一次側共振コイル１２の両端の間に、共振周波数を調整するためのキャパシタ１４が直列に接続される。

[0053] 一次側共振コイル１２の共振周波数は、交流電源１が出力する交流電力の周波数と同一の周波数になるように設定されている。一次側共振コイル１２の共振周波数は、一次側共振コイル１２のインダクタンスと、キャパシタ１４の静電容量によって決まる。このため、一次側共振コイル１２のインダク

タンスと、キャパシタ１４の静電容量は、一次側共振コイル１２の共振周波数が、交流電源１から出力される交流電力の周波数と同一の周波数になるように設定されている。

[0054] 整合回路１３は、一次側コイル１１と交流電源１とのインピーダンス整合を取るために挿入されており、インダクタＬとキャパシタＣを含む。

[0055] 交流電源１は、磁界共鳴に必要な周波数の交流電力を出力する電源であり、出力電力を増幅するアンプを内蔵する。交流電源１は、例えば、数百kHzから数十ＭＨｚ程度の高周波の交流電力を出力する。

[0056] キャパシタ１４は、一次側共振コイル１２の両端の間に、直列に挿入される可変容量型のキャパシタである。キャパシタ１４は、一次側共振コイル１２の共振周波数を調整するために設けられており、静電容量は制御部１５によって設定される。

[0057] 制御部１５は、交流電源１の出力電圧及び出力周波数の制御、キャパシタ１４の静電容量の制御等を行う。また、制御部１５は、アンテナ１６を通じて、受電器１００とデータ通信を行う。

[0058] 以上のような送電装置８０は、交流電源１から一次側コイル１１に供給される交流電力を磁気誘導により一次側共振コイル１２に送電し、一次側共振コイル１２から磁界共鳴により電力を受電器１００の二次側共振コイル１１０に送電する。

[0059] 次に、受電器１００に含まれる二次側共振コイル１１０について説明する。ここでは、一例として、共振周波数が６．７８ＭＨｚである形態について説明する。

[0060] 二次側共振コイル１１０は、一次側共振コイル１２と同一の共振周波数を有し、高いＱ値を有するように設計されている。二次側共振コイル１１０は、共振コイル部１１１と、端子１１２Ｘ、１１２Ｙとを有する。ここで、共振コイル部１１１は、実体的には二次側共振コイル１１０そのものであるが、ここでは、共振コイル部１１１の両端に端子１１２Ｘ、１１２Ｙを設けたものを二次側共振コイル１１０として取り扱う。

[0061] 共振コイル部１１１には、共振周波数を調整するためのキャパシタ１１５が直列に挿入されている。また、キャパシタ１１５には、調整部１３０が並列に接続されている。また、共振コイル部１１１の両端には、端子１１２Ｘ、１１２Ｙが設けられている。端子１１２Ｘ、１１２Ｙは、整流回路１２０に接続されている。端子１１２Ｘ、１１２Ｙは、それぞれ、第１端子及び第２端子の一例である。

[0062] 二次側共振コイル１１０は、二次側コイルを介さずに整流回路１２０に接続されている。二次側共振コイル１１０は、調整部１３０によって共振が発生しうる状態にされているときには、送電器１０の一次側共振コイル１２から磁界共鳴によって送電される交流電力を整流回路１２０に出力する。

[0063] キャパシタ１１５は、二次側共振コイル１１０の共振周波数を調整するために、共振コイル部１１１に直列に挿入されている。キャパシタ１１５は、端子１１５Ｘ及び１１５Ｙを有する。キャパシタ１１５には、調整部１３０が並列に接続されている。

[0064] 電圧計１１６は、キャパシタ１１５に並列に接続されており、キャパシタ１１５の両端子間電圧を測定する。電圧計１１６は、二次側共振コイル１１０が受電する交流電力の電圧を検出し、電圧を表す信号を制御部１５０に伝送する。電圧計１１６で測定する交流電圧は、スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙを駆動する駆動信号の同期を取るために用いられる。

[0065] 整流回路１２０は、４つのダイオード１２１～１２４を有する。ダイオード１２１～１２４は、ブリッジ状に接続されており、二次側共振コイル１１０から入力される電力を全波整流して出力する。

[0066] 調整部１３０は、二次側共振コイル１１０の共振コイル部１１１において、キャパシタ１１５に並列に接続されている。

[0067] 調整部１３０は、スイッチ１３１Ｘ、１３１Ｙ、ダイオード１３２Ｘ、１３２Ｙ、キャパシタ１３３Ｘ、１３３Ｙ、及び端子１３４Ｘ、１３４Ｙを有する。

[0068] スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙは、端子１３４Ｘ及び１３４Ｙの間で互い

に直列に接続されている。スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙは、それぞれ、第１スイッチ及び第２スイッチの一例である。端子１３４Ｘ、１３４Ｙは、それぞれ、キャパシタ１１５の端子１１５Ｘ、１１５Ｙに接続されている。このため、スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙの直列回路は、キャパシタ１１５に並列に接続されている。

[0069] ダイオード１３２Ｘとキャパシタ１３３Ｘは、スイッチ１３１Ｘに並列に接続されている。ダイオード１３Ｙとキャパシタ１３３Ｙは、スイッチ１３１Ｙに並列に接続されている。ダイオード１３２Ｘ及び１３２Ｙは、互いのアノード同士が接続されるとともに、互いのカソードがキャパシタ１１５に接続されている。すなわち、ダイオード１３２Ｘ及び１３２Ｙは、互いの整流方向が反対向きになるように接続されている。

[0070] なお、ダイオード１３２Ｘ及び１３２Ｙは、それぞれ、第１整流素子及び第２整流素子の一例である。また、調整部１３０は、キャパシタ１３３Ｘ及び１３３Ｙを含まなくてもよい。

[0071] スイッチ１３１Ｘ、ダイオード１３２Ｘ、及びキャパシタ１３３Ｘとしては、例えば、ＦＥＴ(Field Effect Transistor)を用いることができる。Ｐチャネル型又はＮチャネル型のＦＥＴのドレイン－ソース間のボディダイオードが、ダイオード１３２Ｘのような整流方向を有するように接続すればよい。Ｎチャネル型のＦＥＴを用いる場合は、ソースがダイオード１３２Ｘのアノードであり、ドレインがダイオード１３２Ｘのカソードである。

[0072] また、スイッチ１３１Ｘは、制御部１５０から出力される駆動信号がゲートに入力されることにより、ドレイン－ソース間の接続状態を切り替えることによって実現される。また、キャパシタ１３３Ｘは、ドレイン－ソース間の寄生容量によって実現することができる。

[0073] 同様に、スイッチ１３１Ｙ、ダイオード１３２Ｙ、及びキャパシタ１３３Ｙとしては、例えば、ＦＥＴを用いることができる。Ｐチャネル型又はＮチャネル型のＦＥＴのドレイン－ソース間のボディダイオードが、ダイオード１３２Ｂのような整流方向を有するように接続すればよい。Ｎチャネル型の

ＦＥＴを用いる場合は、ソースがダイオード１３２Ｙのアノードであり、ドレインがダイオード１３２Ｙのカソードである。

[0074] また、スイッチ１３１Ｙは、制御部１５０から出力される駆動信号がゲートに入力されることにより、ドレイン－ソース間の接続状態を切り替えることによって実現される。また、キャパシタ１３３Ｙは、ドレイン－ソース間の寄生容量によって実現することができる。

[0075] なお、スイッチ１３１Ｘ、ダイオード１３２Ｘ、及びキャパシタ１３３Ｘは、ＦＥＴによって実現するものに限られず、スイッチ、ダイオード、及びキャパシタを並列に接続することによって実現してもよい。これは、スイッチ１３１Ｙ、ダイオード１３２Ｙ、及びキャパシタ１３３Ｙについても同様である。

[0076] スイッチ１３１Ｘと１３１Ｙは、互いに逆位相でオン／オフが切り替えられる。スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンのときには、調整部１３０内では端子１３４Ｘからキャパシタ１３３Ｘ及びスイッチ１３１Ｙを経て端子１３４Ｙに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｘから端子１１５Ｙに共振電流が流れ得る状態になる。すなわち、図４において、二次側共振コイル１１０には時計回りの方向に共振電流が流れ得る状態になる。

[0077] また、スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフのときには、調整部１３０内では端子１３４Ｘからスイッチ１３１Ｘ及びダイオード１３２Ｙを経て端子１３４Ｙに向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ１１５に並列であるため、キャパシタ１１５には電流が流れなくなる。

[0078] 従って、スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンにされていて、二次側共振コイル１１０に時計回りの方向に共振電流が流れている状態から、スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフの状態に切り替えられると、共振電流が生じなくなる。電流経路にキャパシタが含まれなくなるからである。

[0079] また、スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフのときには、調

整部１３０内では端子１３４Ｙからキャパシタ１３３Ｙ及びスイッチ１３１Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｙから端子１１５Ｘに共振電流が流れ得る状態になる。すなわち、図４において、二次側共振コイル１１０には反時計回りの方向に共振電流が流れ得る状態になる。

[0080] また、スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンのときには、調整部１３０内では端子１３４Ｙからスイッチ１３１Ｙ及びダイオード１３２Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ１１５に並列であるため、キャパシタ１１５には電流が流れなくなる。

[0081] 従って、スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフにされていて、二次側共振コイル１１０に反時計回りの方向に共振電流が流れている状態から、スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンの状態に切り替えられると、共振電流が生じなくなる。電流経路にキャパシタが含まれなくなるからである。

[0082] 調整部１３０は、上述のようにスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙを切り替えることにより、共振電流が生じ得る状態と、共振電流が生じない状態とを切り替える。スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙの切り替えは、制御部１５０から出力される駆動信号によって行われる。

[0083] 駆動信号の周波数は、二次側共振コイル１１０が受電する交流周波数に設定される。

[0084] スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙは、上述のような高い周波数で交流電流の遮断を行う。例えば、２つのＦＥＴを組み合わせた調整部１３０は、高速で交流電流の遮断を行うことができる。

[0085] なお、駆動信号と調整部１３０の動作については、図６を用いて後述する。

[0086] 平滑キャパシタ１４０は、整流回路１２０の出力側に接続されており、整流回路１２０で全波整流された電力を平滑化して直流電力として出力する。平滑キャパシタ１４０の出力側には、出力端子１６０Ｘ、１６０Ｙが接続さ

れる。整流回路１２０で全波整流された電力は、交流電力の負成分を正成分に反転させてあるため、略交流電力として取り扱うことができるが、平滑キャパシタ１４０を用いることにより、全波整流された電力にリップルが含まれるような場合でも、安定した直流電力を得ることができる。

[0087] なお、平滑キャパシタ１４０の上側の端子と出力端子１６０Ｘとを結ぶ線路は、高電圧側の線路であり、平滑キャパシタ１４０の下側の端子と出力端子１６０Ｙとを結ぶ線路は、低電圧側の線路である。

[0088] 制御部１５０は、内部メモリにバッテリ２２０の定格出力を表すデータを保持する。また、送電器１０の制御部１５からのリクエストに応じて、送電器１０から受電器１００が受電する電力（受電電力）を測定し、受電電力を表すデータをアンテナ１７０を介して送電器１０に送信する。

[0089] また、制御部１５０は、送電器１０から位相差を表すデータを受信すると、受信した位相差を用いて駆動信号を生成して、スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙを駆動する。なお、受電電力は、制御部１５０が、電圧計１５５で測定される電圧Ｖと、バッテリ２２０の内部抵抗値Ｒとに基づいて求めればよい。受電電力ＰはＰ＝$Ｖ^{2}$／Ｒで求められる。

[0090] ここで、図５を用いて制御部１５０について説明する。図５は、制御部１５０の内部構成を示す図である。

[0091] 制御部１５０は、コンパレータ１５１、ＰＬＬ（Phase Locked Loop：位相同期回路）１５２、位相シフト回路１５３、位相制御部１５４、インバータ１５５、及び基準位相検出部１５６を有する。

[0092] コンパレータ１５１は、電圧計１１６で検出される交流電圧を所定の基準電圧Ｖｒｅｆと比較し、クロックをＰＬＬ１５２に出力する。

[0093] ＰＬＬ１５２は、位相比較器１５２Ａ、補償機１５２Ｂ、及びＶＣＯ（Voltage Controlled Oscillator）１５２Ｃを有する。位相比較器１５２Ａ、補償機１５２Ｂ、及びＶＣＯ１５２Ｃは、直列に接続されるとともに、ＶＣＯ１５２Ｃの出力が位相比較器１５２Ａにフィードバックされるように接続されている。このような構成によりＰＬＬ１５２は、コンパレータ１５１から

入力される信号と同期したクロックを出力する。

[0094] 位相シフト回路１５３は、ＰＬＬ１５２の出力側に接続されており、位相制御部１５４から入力される位相差を表す信号に基づき、ＰＬＬ１５２から出力されるクロックの位相を基準の位相に対して位相差分シフトして出力する。位相シフト回路１５３としては、例えば、Phase Shifterを用いればよい。

[0095] 位相制御部１５４は、送電器１０から送信される位相差を表す信号が入力されると、位相差を表す信号を位相シフト回路１５３用の信号に変換して出力する。

[0096] 位相制御部１５４から入力される信号に基づいて、基準の位相に対して位相差分だけ位相がシフトされたクロックは、二手に分岐され、一方はそのままクロックＣＬＫ１として出力され、他方はインバータ１５５で反転されてクロックＣＬＫ２として出力される。クロックＣＬＫ１とＣＬＫ２は、制御部１５０が出力する制御信号である。

[0097] 基準位相検出部１５６は、位相シフト回路１５３がクロックの位相をシフトするシフト量を制御することにより、ＰＬＬ１５２が出力するクロックに対する位相シフト回路１５３が出力するクロックの位相を調整して、最大の受電効率が得られる位相を検出する。

[0098] そして、基準位相検出部１５６は、検出した位相を基準の位相として内部メモリに保持する。受電効率が最大になる動作点は、電圧計１１６で検出される電圧値が最大になる点であるため、基準位相検出部１５６は、位相シフト回路１５３で与える位相のシフト量を調整しながら、電圧計で検出される電圧値が最大になる動作点を検出し、その動作点における位相を基準の位相として内部メモリに保持する。

[0099] ここで、ＰＬＬ１５２が出力するクロックは、電圧計１１６で検出される磁界共鳴による交流電圧の位相に対応している。このため、ＰＬＬ１５２が出力するクロックに位相シフト回路１５３が与える位相のシフト量を調整することは、電圧計１１６で検出される電圧波形に対するクロックの位相のシ

フト量を位相シフト回路１５３で制御することである。

[0100] 基準の位相は、最大の受電効率が得られるクロックＣＬＫ１とＣＬＫ２の交流電圧に対する位相である。この基準の位相を０度として取り扱い、受電電力を調整するために、基準の位相（０度）に対するクロックＣＬＫ１とＣＬＫ２の位相の位相差を位相シフト回路１５３で調整する。

[0101] ここでは、交流電圧の位相を検出しないため、最大の受電効率が得られるときのクロックＣＬＫ１とＣＬＫ２に位相シフト回路１５３が与える位相のシフト量を基準の位相として取り扱う。

[0102] なお、ここでは、電圧計１１６で検出される交流電圧に対して、ＰＬＬ１５２から出力されるクロックの位相を位相シフト回路１５３で調整する形態について説明するが、電圧計１１６の変わりに電流計を用いて、交流電流に対するクロックの位相を位相シフト回路１５３で調整してもよい。

[0103] 電圧計１５５は、出力端子１６０Ｘと１６０Ｙの間に接続される。電圧計１５５は、受電器１００の受電電力を計算するために用いられる。電圧計１５５で測定される電圧Ｖと、バッテリ２２０の内部抵抗値Ｒとに基づいて上述のように受電電力を求めれば、電流を測定して受電電力を測定する場合に比べて損失が少ないため、好ましい測定方法である。しかしながら、受電器１００の受電電力は、電流と電圧を測定して求めてもよい。電流を測定する場合は、ホール素子、磁気抵抗素子、検出コイル、又は抵抗器等を用いて測定すればよい。

[0104] ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０は、出力端子１６０Ｘ、１６０Ｙに接続されており、受電器１００から出力される直流電力の電圧をバッテリ２２０の定格電圧に変換して出力する。ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０は、整流回路１２０の出力電圧の方がバッテリ２２０の定格電圧よりも高い場合は、整流回路１２０の出力電圧をバッテリ２２０の定格電圧まで降圧する。また、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０は、整流回路１２０の出力電圧の方がバッテリ２２０の定格電圧よりも低い場合は、整流回路１２０の出力電圧をバッテリ２２０の定格電圧まで昇圧する。

[0105] バッテリ２２０は、繰り返し充電が可能な二次電池であればよく、例えば、リチウムイオン電池を用いることができる。例えば、受電器１００がタブレットコンピュータ又はスマートフォン等の電子機器に内蔵される場合は、バッテリ２２０は、このような電子機器のメインのバッテリである。

[0106] なお、一次側コイル１１、一次側共振コイル１２、二次側共振コイル１１０は、例えば、銅線を巻回することによって作製される。しかしながら、一次側コイル１１、一次側共振コイル１２、二次側共振コイル１１０の材質は、銅以外の金属（例えば、金、アルミニウム等）であってもよい。また、一次側コイル１１、一次側共振コイル１２、二次側共振コイル１１０の材質は異なっていてもよい。

[0107] このような構成において、一次側コイル１１及び一次側共振コイル１２が電力の送電側であり、二次側共振コイル１１０が電力の受電側である。

[0108] 磁界共鳴方式によって、一次側共振コイル１２と二次側共振コイル１１０との間で生じる磁界共鳴を利用して送電側から受電側に電力を伝送するため、送電側から受電側に電磁誘導で電力を伝送する電磁誘導方式よりも長距離での電力の伝送が可能である。

[0109] 磁界共鳴方式は、共振コイル同士の間の距離又は位置ずれについて、電磁誘導方式よりも自由度が高く、ポジションフリーというメリットがある。

[0110] 次に、図６及び図７を用いて、駆動信号でスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙを駆動したときの電流経路について説明する。

[0111] 図６は、キャパシタ１１５及び調整部１３０における電流経路を示す図である。図６は、図４と同様に、端子１３４Ｘからキャパシタ１１５又は調整部１３０の内部を通って端子１３４Ｙに流れる電流の向きを時計回り（ＣＷ(Clockwise)）と称す。また、端子１３４Ｙからキャパシタ１１５又は調整部１３０の内部を通って端子１３４Ｘに流れる電流の向きを反時計回り（ＣＣＷ(Counterclockwise)）と称す。

[0112] まず、スイッチ１３１Ｘと１３１Ｙがともにオフで電流が時計回り（ＣＷ）の場合は、端子１３４Ｘからキャパシタ１３３Ｘ及びダイオード１３２Ｙ

を経て端子１３４Ｙに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｘから端子１１５Ｙに共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル１１０には時計回りの方向に共振電流が流れる。

[0113] スイッチ１３１Ｘと１３１Ｙがともにオフで電流が反時計回り（ＣＣＷ）の場合は、端子１３４Ｙからキャパシタ１３３Ｙ及びダイオード１３２Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｙから端子１１５Ｘに共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル１１０には反時計回りの方向に共振電流が流れる。

[0114] スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフで、電流が時計回り（ＣＷ）の場合は、調整部１３０内では端子１３４Ｘからスイッチ１３１Ｘ及びダイオード１３２Ｙを経て端子１３４Ｙに向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ１１５に並列であるため、キャパシタ１１５には電流が流れなくなる。従って、二次側共振コイル１１０には共振電流は流れない。なお、この場合には、スイッチ１３１Ｙをオンにしても、二次側共振コイル１１０には共振電流は流れない。

[0115] スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフで、電流が反時計回り（ＣＣＷ）の場合は、調整部１３０内では端子１３４Ｙからキャパシタ１３３Ｙ及びスイッチ１３１Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｙから端子１１５Ｘに共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル１１０には反時計回りの方向に共振電流が流れる。なお、スイッチ１３１Ｘと並列なダイオード１３２Ｘにも電流が流れる。

[0116] スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンで、電流が時計回り（ＣＷ）の場合は、調整部１３０内では端子１３４Ｘからキャパシタ１３３Ｘ及びスイッチ１３１Ｙを経て端子１３４Ｙに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｘから端子１１５Ｙに共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル１１０には時計回りの方向に共振電流が流れる。なお、スイッチ１３１Ｙと並列なダイオード１３２Ｙにも電流が

流れる。

[0117] スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンで、電流が反時計回り（ＣＣＷ）の場合は、調整部１３０内では端子１３４Ｙからスイッチ１３１Ｙ及びダイオード１３２Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ１１５に並列であるため、キャパシタ１１５には電流が流れなくなる。従って、二次側共振コイル１１０には共振電流は流れない。なお、この場合には、スイッチ１３１Ｘをオンにしても、二次側共振コイル１１０には共振電流は流れない。

[0118] なお、共振電流の共振周波数に寄与する静電容量は、キャパシタ１１５と、キャパシタ１３２Ｘ又は１３２Ｙとによって決まる。このため、キャパシタ１３２Ｘと１３２Ｙの静電容量は等しいことが望ましい。

[0119] 図７は、二次側共振コイル１１０に生じる交流電圧と、駆動信号に含まれる２つのクロックを示す図である。

[0120] 図７（Ａ）及び（Ｂ）に示す交流電圧$Ｖ_0$は、送電周波数と同一周波数の波形で、例えば二次側共振コイル１１０に生じる交流電圧であり、電圧計１１６（図４参照）によって検出される。また、クロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２は、駆動信号に含まれる２つのクロックである。例えば、クロックＣＬＫ１は、スイッチ１３１Ｘの駆動用に用いられ、クロックＣＬＫ２は、スイッチ１３１Ｙの駆動用に用いられる。クロックＣＬＫ１及びＣＬＫ２は、それぞれ、第１信号及び第２信号の一例である。

[0121] 図７（Ａ）では、クロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２は、交流電圧$Ｖ_0$に同期している。すなわち、クロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の周波数は、交流電圧$Ｖ_0$の周波数に等しく、クロックＣＬＫ１の位相は、交流電圧$Ｖ_0$の位相に等しい。なお、クロックＣＬＫ２は、クロックＣＬＫ１とは１８０度位相が異なり、逆位相である。

[0122] 図７（Ａ）において、交流電圧$Ｖ_0$の周期Ｔは、周波数ｆの逆数であり、周波数は６．７８ＭＨｚである。

[0123] 図７（Ａ）のように、交流電圧$Ｖ_0$に同期したクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２

は、スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオフにした状態で、受電器１００が送電器１０から受電して二次側共振コイル１１０に共振電流を発生させた状態で、制御部１５０がＰＬＬ１５２を用いて生成すればよい。

[0124] 図７（Ｂ）では、クロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相は、交流電圧$Ｖ_0$に対してθ度遅れている。このように交流電圧$Ｖ_0$に対して位相差θ度を有するクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２は、制御部１５０が位相シフト回路１５３を用いて生成すればよい。

[0125] 制御部１５０は、交流電圧$Ｖ_0$に対する２つのクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相差を調整して最大の受電効率が得られる位相を検出する。最大の受電効率が得られる位相は、受電器１００が受電する電力が最大になる位相であり、交流電圧$Ｖ_0$に対する２つのクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相差により、１周期の全期間にわたって共振状態になるときに受電電力が最大になる。このため、制御部１５０は、交流電圧$Ｖ_0$に対する２つのクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相差を増大及び減少させながら受電電力が最大になる位相差を検出し、検出した位相差を０度として取り扱う。

[0126] そして、制御部１５０は、受電電力が最大になる位相差（０度）と、送電器１０から受信する位相差を表すデータとに基づいて、交流電圧$Ｖ_0$に対する２つのクロックの位相差を位相シフト回路１５３で設定する。

[0127] 次に、図８を用いて、駆動信号の位相差を調整した場合に、受電器１００が送電器１０から受電する電力の受電効率について説明する。

[0128] 図８は、駆動信号の位相差に対する受電効率の特性を示すシミュレーション結果を示す図である。横軸の位相差は、受電電力が最大となる位相差を０度としたときの交流電圧$Ｖ_0$に対する２つのクロックの位相差であり、縦軸の受電効率は、交流電源１（図１参照）が送電器１０に入力する電力（Ｐｉｎ）に対する、受電器１００が出力する電力（Ｐｏｕｔ）の比である。受電効率は、送電器１０と受電器１００との間における電力の伝送効率に等しい。

[0129] なお、送電器１０が送電する電力の周波数は６．７８ＭＨｚであり、駆動信号の周波数もこれと同一に設定した。また、位相差が０度の状態は、共振

電流の１周期の全期間にわたって磁界共鳴による共振が二次側共振コイル１１０に生じており、共振電流が二次側共振コイル１１０に流れている状態である。位相差が大きくなることは、共振電流の１周期の中で二次側共振コイル１１０に共振が生じない期間が増えることを意味する。従って、位相差が１８０度の状態は、理論的には二次側共振コイル１１０に共振電流が全く流れない状態になる。

[0130] 図８に示すように、位相差を０度から増大させて行くと、受電効率が低下する。位相差が約６０度以上になると、受電効率は約０．１未満である。このように、交流電圧V_0に対する２つのクロックの位相差を変化させると、二次側共振コイル１１０に流れる共振電流の電力量が変化することにより、受電効率が変化する。

[0131] 図９は、実施の形態１の電力伝送システム５００を用いた送電装置８０と電子機器２００Ａ及び２００Ｂを示す図である。

[0132] 送電装置８０は、図４に示す送電装置８０と同一のものであるが、図９では、図４における一次側コイル１１、制御部１５、及びアンテナ１６以外の構成要素を電源部１０Ａとして表してある。電源部１０Ａは、一次側共振コイル１２、整合回路１３、キャパシタ１４をまとめて表したものである。なお、交流電源１、一次側共振コイル１２、整合回路１３、キャパシタ１４をまとめて電源部として捉えてもよい。

[0133] アンテナ１６は、例えば、Bluetooth（登録商標）のような近距離での無線通信を行うことができるアンテナであればよい。アンテナ１６は、電子機器２００Ａ及び２００Ｂに含まれる受電器１００Ａ及び１００Ｂから、受電電力及び定格出力を表すデータを受信するために設けられており、受信したデータは制御部１５に入力される。制御部１５は、制御部の一例であるとともに第３通信部の一例である。

[0134] 電子機器２００Ａ及び２００Ｂは、例えば、それぞれ、タブレットコンピュータ又はスマートフォン等の端末機である。電子機器２００Ａ及び２００Ｂは、それぞれ、受電器１００Ａ及び１００Ｂ、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１

０Ａ及び２１０Ｂ、及び、バッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂを内蔵する。

[0135] 受電器１００Ａ及び１００Ｂは、図４に示す受電器１００と同様の構成を有する。ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０Ａ及び２１０Ｂは、それぞれ、図４に示すＤＣ－ＤＣコンバータ２１０と同様である。また、バッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂは、それぞれ、図４に示すバッテリ２２０と同様である。

[0136] 受電器１００Ａは、二次側共振コイル１１０Ａ、キャパシタ１１５Ａ、整流回路１２０Ａ、調整部１３０Ａ、平滑キャパシタ１４０Ａ、制御部１５０Ａ、及びアンテナ１７０Ａを有する。二次側共振コイル１１０Ａは、第１の二次側共振コイルの一例である。

[0137] 二次側共振コイル１１０Ａ、キャパシタ１１５Ａ、整流回路１２０Ａ、調整部１３０Ａ、平滑キャパシタ１４０Ａ、制御部１５０Ａは、それぞれ、図４に示す二次側共振コイル１１０、キャパシタ１１５、整流回路１２０、調整部１３０、平滑キャパシタ１４０、制御部１５０に対応する。なお、図９では、二次側共振コイル１１０Ａ、整流回路１２０Ａ、平滑キャパシタ１４０Ａを簡略化して示し、電圧計１５５及び出力端子１６０Ｘ、１６０Ｙは省略する。

[0138] 受電器１００Ｂは、二次側共振コイル１１０Ｂ、キャパシタ１１５Ｂ、整流回路１２０Ｂ、調整部１３０Ｂ、平滑キャパシタ１４０Ｂ、制御部１５０Ｂ、及びアンテナ１７０Ｂを有する。受電器１００Ｂは、受電器１００Ａから見て、他の受電器の一例である。また、二次側共振コイル１１０Ｂは、第２の二次側共振コイルの一例である。

[0139] 二次側共振コイル１１０Ｂ、キャパシタ１１５Ｂ、整流回路１２０Ｂ、調整部１３０Ｂ、平滑キャパシタ１４０Ｂ、制御部１５０Ｂは、それぞれ、図４に示す二次側共振コイル１１０、キャパシタ１１５、整流回路１２０、調整部１３０、平滑キャパシタ１４０、制御部１５０に対応する。なお、図９では、二次側共振コイル１１０Ｂ、整流回路１２０Ｂ、平滑キャパシタ１４０Ｂを簡略化して示し、電圧計１５５及び出力端子１６０Ｘ、１６０Ｙは省略する。

[0140] アンテナ１７０Ａ及び１７０Ｂは、例えば、Bluetooth（登録商標）のような近距離での無線通信を行うことができるアンテナであればよい。アンテナ１７０Ａ及び１７０Ｂは、送電器１０のアンテナ１６とデータ通信を行うために設けられており、それぞれ、受電器１００Ａ及び１００Ｂの制御部１５０Ａ及び１５０Ｂに接続されている。制御部１５０Ａ及び１５０Ｂは、駆動制御部の一例であるとともに、それぞれ、第１通信部及び第２通信部の一例である。

[0141] 受電器１００Ａの制御部１５０Ａは、二次側共振コイル１１０Ａの受電電力と、バッテリ２２０Ａの定格出力を表すデータをアンテナ１７０Ａを介して送電器１０に送信する。同様に、受電器１００Ｂの制御部１５０Ｂは、二次側共振コイル１１０Ｂの受電電力と、バッテリ２２０Ｂの定格出力を表すデータをアンテナ１７０Ｂを介して送電器１０に送信する。

[0142] 電子機器２００Ａ及び２００Ｂは、それぞれ、送電装置８０の近くに配置した状態で、送電装置８０に接触せずにバッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂを充電することができる。バッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂの充電は、同時に行うことが可能である。

[0143] 電力伝送システム５００は、図９に示す構成要素のうち、送電器１０と、受電器１００Ａ及び１００Ｂとによって構築される。すなわち、送電装置８０と、電子機器２００Ａ及び２００Ｂとは、磁界共鳴による非接触状態での電力伝送を可能にする電力伝送システム５００を採用している。

[0144] ここで、バッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂの充電を同時に行うと、図２及び図３を用いて説明したように、電子機器２００Ａ及び２００Ｂへの電力の供給バランスがよくない状態が生じうる。

[0145] そこで、送電器１０は、電力供給のバランスを改善するために、二次側共振コイル１１０Ａの受電効率、バッテリ２２０Ａの定格出力、二次側共振コイル１１０Ｂの受電効率、及びバッテリ２２０Ｂの定格出力に基づいて、交流電圧V_0に対する調整部１３０Ａ及び１３０Ｂを駆動する駆動信号（クロックＣＬＫ１とＣＬＫ２）の位相差を設定する。

[0146] 図１０は、駆動信号の位相差と、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率との関係を示す図である。

[0147] ここでは、受電器１００Ｂの調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を受電効率が最大となる位相差（０度）に固定した状態において、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を受電効率が最大となる位相差（０度）から変化させる場合について説明する。

[0148] 図１０において、横軸は、受電器１００Ａ、１００Ｂの調整部１３０Ａ、１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差（θＡ、θＢ）を表す。また、左側の縦軸は、受電器１００Ａ及び１００Ｂのそれぞれの受電効率と、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の合計値とを示す。

[0149] 受電器１００Ｂの調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を０度に固定した状態で、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を０度から増大又は低下させて行くと、図１０に示すように、受電器１００Ａの受電効率の比率は低下する。受電器１００Ａの受電効率は、位相差が０度のときに最大である。また、受電器１００Ａの受電効率の低下に伴い、受電器１００Ａの受電効率の比率は増大する。

[0150] このように受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を変化させると、受電器１００Ａの受電量が減少するため、受電器１００Ａに流れる電流も減少する。すなわち、位相差の変化により、受電器１００Ａのインピーダンスが変化していることになる。

[0151] 磁界共鳴を用いた同時電力伝送では、磁界共鳴によって送電器１０から受電器１００Ａ及び１００Ｂに送電される電力を受電器１００Ａと１００Ｂとで分配している。このため、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を０度から変化させて行くと、受電器１００Ａの受電量が減る分だけ、受電器１００Ｂの受電量が増えることになる。

[0152] このため、図１０に示すように、受電器１００Ａの受電効率の比率は低下する。また、これに伴い受電器１００Ｂの受電効率の比率は増大する。

[0153] 受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差が約±９０

度まで変化すると、受電器１００Ａの受電効率の比率は、略０まで低下し、受電器１００Ｂの受電効率の比率は、約０．８まで増大する。

[0154] そして、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の和は、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差が０度のときに約０．８５であり、受電器１００Ｂの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差が約±９０度まで低下すると、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の和は、約０．８になる。

[0155] このように、受電器１００Ａの調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を０度に固定した状態で、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を０度から変化させて行くと、受電器１００Ａの受電効率の比率が低下し、受電器１００Ｂの受電効率の比率が増大する。そして、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の和は、約０．８前後の値で大きく変動しない。

[0156] 磁界共鳴を用いた電力伝送では、磁界共鳴によって送電器１０から受電器１００Ａ及び１００Ｂに送電される電力を受電器１００Ａと１００Ｂとで分配しているため、位相差が変化しても、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の和が大きく変動しない。

[0157] 同様に、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を０度に固定した状態で、受電器１００Ｂの調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を０度から低下させれば、受電器１００Ｂの受電効率の比率が低下し、受電器１００Ａの受電効率の比率が増大することになる。そして、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の和は、約０．８前後の値で大きく変動しない。

[0158] 従って、受電器１００Ａ又は１００Ｂの調整部１３０Ａ又は１３０Ｂのいずれか一方を駆動する駆動信号の位相差を調整すれば、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率の比率を調整することができる。

[0159] 以上のように、調整部１３０Ａ又は１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を変化させると、受電器１００Ａ及び１００Ｂの二次側共振コイル１１０Ａ

及び１１０Ｂの受電効率の比率が変わる。

[0160] このため、実施の形態１では、受電器１００Ａ及び１００Ｂの調整部１３０Ａ及び１３０Ｂの駆動信号のうちのいずれか一方の位相差を基準の位相差から変更する。基準の位相差は、例えば、受電効率が最大となる位相差を基準の位相差（０度）と定義し、この場合には、いずれか他方の位相差を０度から変化させる。

[0161] この際に、調整部１３０Ａ及び１３０Ｂのどちらの駆動信号の位相差を基準の位相差から変更するかは、次のように判定する。

[0162] まず、バッテリ２２０Ａの定格出力を二次側共振コイル１１０Ａの受電効率で除算して得る第１の値と、バッテリ２２０Ｂの定格出力を二次側共振コイル１１０Ｂの受電効率で除算して得る第２の値とを求める。

[0163] そして、第１の値と第２の値とのうち、いずれか小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）に対応する駆動信号の位相差を０度から変化させて適切な位相差に設定する。

[0164] 定格出力を受電効率で除算して得る値は、送電器１０が受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）に送電する電力量（必要送電量）を表す。必要送電量とは、受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）が余剰電力も不足電力も生じることなく受電できるように、送電器１０から送電する電力量である。

[0165] 従って、必要送電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）への電力供給量を絞れば、必要送電量が大きい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）への電力供給量を増やすことができる。この結果、受電器１００Ａ及び１００Ｂへの電力供給量のバランスを改善することができる。

[0166] 図１０から分かるように、いずれか一方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）の位相差を変化させると、その受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）の受電電力量が低下する。また、いずれか他方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）は、位相差が０度に固定された状態で、受電電力量が増大する。

[0167] このため、必要送電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）に対応する駆動信号の位相差を基準の位相差（０度）から変化させれば、必要送

電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）への電力供給量が絞られ、必要送電量が大きい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）への電力供給量を増やすことができる。

[0168] このようにして、受電器１００Ａ及び１００Ｂへの電力供給量のバランスを改善すればよい。なお、具体的な位相差の設定方法については後述する。

[0169] 次に、図１１を用いて、送電器１０が受電器１００Ａ及び１００Ｂから受電効率と定格出力を表すデータを入手する方法について説明する。

[0170] 図１１は、送電器１０と受電器１００Ａ及び１００Ｂとが位相差を設定するために実行する処理を示すタスク図である。このタスクは、制御部１５、１５０Ａ、及び１５０Ｂ（図９参照）によって実行される。

[0171] まず、受電器１００Ａは、受電電力を表すデータを送電器１０に送信する（ステップＳ１Ａ）。同様に、受電器１００Ｂは、受電電力を表すデータを送電器１０に送信する（ステップＳ１Ｂ）。これにより、送電器１０は、受電器１００Ａ及び１００Ｂから受電電力を表すデータを受信する（ステップＳ１）。

[0172] 受電電力を表すデータの送信は、例えば、送電器１０からのリクエストに応じて、制御部１５０Ａ及び１５０Ｂがアンテナ１７０Ａ及び１７０Ｂを介して行うようにすればよい。また、受電電力を表すデータには、受電器１００Ａ及び１００Ｂを識別する識別子を含ませればよい。

[0173] 受電電力を表すデータは、次のようにして取得すればよい。まず、送電器１０から受電器１００Ｂに調整部１３０Ｂの両スイッチ（図４の１３１Ｘ及び１３１Ｙ）をオンに設定する信号を無線通信で送信するとともに、送電器１０から受電器１００Ａに調整部１３０Ａの両スイッチをオフに設定する信号を無線通信で送信する。

[0174] ここで、調整部１３０Ｂの両スイッチをオンにすると、調整部１３０Ｂには共振が生じなくなり、受電器１００Ｂは電力を受電しない状態になる。すなわち、受電器１００Ｂはオフにされる。また、調整部１３０Ａの両スイッチをオフにすると、二次側共振コイル１１０Ａに共振電流が流れる状態にな

る。

[0175] そして、送電器１０から磁界共鳴で所定の電力を受電器１００Ａに送電し、受電器１００Ａで電力を受電する。このとき、受電器１００Ａで受信した電力量を表す信号を送電器１０に送電すれば、送電器１０で受電器１００Ａの受電効率を測定することができる。

[0176] また、受電器１００Ｂの受電効率を測定するには、送電器１０から受電器１００Ａに調整部１３０Ａの両スイッチをオンに設定する信号を無線通信で送信するとともに、送電器１０から受電器１００Ｂに調整部１３０Ｂの両スイッチをオフに設定する信号を無線通信で送信する。送電器１０から磁界共鳴で所定の電力を受電器１００Ｂに送電し、受電器１００Ｂで受信した電力量を表す信号を送電器１０に送電すれば、送電器１０で受電器１００Ｂの受電効率を測定することができる。

[0177] 次に、受電器１００Ａは、定格出力を表すデータを送電器１０に送信する（ステップＳ２Ａ）。同様に、受電器１００Ｂは、定格出力を表すデータを送電器１０に送信する（ステップＳ２Ｂ）。これにより、送電器１０は、受電器１００Ａ及び１００Ｂから定格出力を表すデータを受信する（ステップＳ２）。

[0178] 電子機器２００Ａ及び２００Ｂの定格出力を表すデータは、例えば、制御部１５０Ａ及び１５０Ｂの内部メモリに予め格納しておき、受電効率を表すデータを送った後に、制御部１５０Ａ及び１５０Ｂがアンテナ１７０Ａ及び１７０Ｂを介して送電器１０に送信するようにしておけばよい。

[0179] 次に、送電器１０は、受電器１００Ａの受電効率を表すデータ及び定格出力を表すデータと、受電器１００Ｂの受電効率を表すデータ及び定格出力を表すデータとに基づき、受電器１００Ａ及び１００Ｂに対応する駆動信号の位相差を演算する（ステップＳ３）。いずれか一方の位相差は、受電効率が最大となる基準の位相差（０度）であり、他方の位相差は、基準の位相差（０度）から変化して最適化された位相差である。ステップＳ３の詳細は、図１５を用いて後述する。

[0180] 次に、送電器１０は、位相差を表すデータを受電器１００Ａ及び１００Ｂに送信する（ステップＳ４）。そして、受電器１００Ａ及び１００Ｂは、位相差を受信する（ステップＳ４Ａ及びＳ４Ｂ）。

[0181] ここで、送電器１０の制御部１５は、位相差を演算した後に、アンテナ１６を介して位相差を表すデータを受電器１００Ａ及び１００Ｂに送信するように設定されている。

[0182] 受電器１００Ａ及び１００Ｂの制御部１５０Ａ及び１５０Ｂは、位相差を駆動信号に設定する（ステップＳ５Ａ及びＳ５Ｂ）。

[0183] 送電器１０は、送電を開始する（ステップＳ６）。ステップＳ６の処理は、例えば、駆動信号への位相差の設定を制御部１５０Ａ及び１５０Ｂが完了したことを表す通知が送電器１０に対してなされたときに実行すればよい。

[0184] ここで、図１２及び図１３を用いて、受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率を表すデータの取得方法について説明する。

[0185] 図１２は、送電装置８０と電子機器２００Ａ及び２００Ｂの等価回路を示す図である。図１２に示す等価回路は、図９に示す送電装置８０と電子機器２００Ａ及び２００Ｂに対応している。ただし、ここでは、送電装置８０は、一次側コイル１１を含まず、交流電源１に一次側共振コイル１２が直接接続されているものとして説明する。また、受電器１００Ａ及び１００Ｂは、それぞれ、電圧計１５５Ａ及び１５５Ｂを含む。

[0186] 図１２では、二次側共振コイル１１０Ａは、コイルL_{RA}と抵抗器R_{RA}であり、キャパシタ１１５Ａは、キャパシタC_{RA}である。また、平滑キャパシタ１４０ＡはキャパシタC_{SA}であり、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０Ａとバッテリ２２０Ａは、抵抗器R_{LA}である。

[0187] 同様に、二次側共振コイル１１０Ｂは、コイルL_{RB}と抵抗器R_{RB}であり、キャパシタ１１５Ｂは、キャパシタC_{RB}である。また、平滑キャパシタ１４０ＢはキャパシタC_{SB}であり、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０Ｂとバッテリ２２０Ｂは、抵抗器R_{LB}である。

[0188] また、送電装置８０の共振コイル１２は、抵抗器R_{T}とコイルL_{T}であり、

交流電源１は、電源V_Sと抵抗器R_Sである。また、キャパシタ１４は、キャパシタC_Tである。

[0189] 送電装置８０と電子機器２００Ａとの相互インダクタンスをM_{TA}、送電装置８０と電子機器２００Ｂとの相互インダクタンスをM_{TB}、電子機器２００Ａと２００Ｂとの相互インダクタンスをM_{AB}とする。

[0190] ここで、相互インダクタンスをM_{TA}と相互インダクタンスをM_{TB}に比べると、相互インダクタンスをM_{AB}は無視できるほど小さいので、ここでは、相互インダクタンスをM_{TA}と相互インダクタンスをM_{TB}について検討する。

[0191] 相互インダクタンスM_{TA}は、送電装置８０と、電子機器２００Ａの受電器１００Ａとの受電効率によって決まる。受電効率は、送電装置８０に対する受電器１００Ａの位置（距離）と姿勢（角度）によって決まるからである。同様に、相互インダクタンスM_{TB}は、送電装置８０と、電子機器２００Ｂの受電器１００Ｂとの受電効率によって決まる。

[0192] 受電器１００Ａの受電効率は、受電器１００Ｂをオフにした状態で、送電器１０から受電器１００Ａに電力を送電し、受電器１００Ａが受電した電力量を計測することによって求めることができる。同様に、受電器１００Ｂの受電効率は、受電器１００Ａをオフにした状態で、送電器１０から受電器１００Ｂに電力を送電し、受電器１００Ｂが受電した電力量を計測することによって求めることができる。

[0193] 従って、受電器１００Ａと１００Ｂの単独での受電効率を求めれば、相互インダクタンスM_{TA}と、相互インダクタンスM_{TB}を求めることができる。

[0194] 実施の形態１では、受電器１００Ａ及び１００Ｂの二次側共振コイル１１０Ａ及び１１０Ｂの受電効率の比率を変えるために、調整部１３０Ａ又は１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を変化させる。

[0195] このため、相互インダクタンスM_{TA}と相互インダクタンスM_{TB}との関係に対して、位相差を関連付けたテーブルデータを予め用意しておき、このようなテーブルデータを用いて、駆動信号の位相差を調整する。

[0196] 図１３は、相互インダクタンスM_{TA}と相互インダクタンスM_{TB}との関係に

対して、位相差を関連付けたテーブルデータを示す図である。

[0197] 図１３の（Ａ）は、調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を０度に固定した状態で、調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を調整するためのテーブルデータである。

[0198] 相互インダクタンスM_{TA}１、M_{TA}２、M_{TA}３・・・は、実際には、具体的な相互インダクタンスM_{TA}の値をとる。同様に、相互インダクタンスM_{TB}１、M_{TB}２、M_{TB}３・・・は、実際には、具体的な相互インダクタンスM_{TB}の値をとる。位相差ＰＤ１Ａ、ＰＤ２Ａ、ＰＤ３Ａ、・・・、ＰＤ１１Ａ、ＰＤ１２Ａ、ＰＤ１３Ａ、・・・は、具体的には、シミュレーションまたは実験的に求められた具体的な位相差の値をとる。

[0199] 図１３の（Ｂ）は、調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を０度に固定した状態で、調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を調整するためのテーブルデータである。

[0200] 相互インダクタンスM_{TA}１、M_{TA}２、M_{TA}３・・・と、相互インダクタンスM_{TB}１、M_{TB}２、M_{TB}３・・・は、図１３の（Ａ）と同様である。位相差ＰＤ１Ｂ、ＰＤ２Ｂ、ＰＤ３Ｂ、・・・、ＰＤ１１Ｂ、ＰＤ１２Ｂ、ＰＤ１３Ｂ、・・・は、具体的には、シミュレーションまたは実験的に求められた具体的な位相差の値をとる。

[0201] 図１３の（Ａ）及び（Ｂ）に示すテーブルデータを実験的に求めるには、受電器１００Ａと１００Ｂの送電器１０に対する位置及び姿勢を様々に変えた状態で、相互インダクタンスをM_{TA}とM_{TB}を計測しつつ、位相差の最適化を図ることによって作成することができる。

[0202] 図１４は、相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}と、受電効率とを関連付けたテーブルデータである。図１４の（Ａ）は、相互インダクタンスM_{TA}と、受電器１００Ａの受電効率とを関連付けたテーブルデータであり、図１４の（Ｂ）は、相互インダクタンスM_{TB}と、受電器１００Ｂの受電効率とを関連付けたテーブルデータである。

[0203] 相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}は、それぞれ、送電装置８０と、受電器１

００Ａ、１００Ｂとの受電効率E_A、E_Bによって決まる。

[0204] 図１４の（Ａ）では、相互インダクタンス$M_{TA}1$、$M_{TA}2$、・・・と、受電器１００Ａの受電効率E_{A1}、E_{A2}、・・・とが関連付けられている。また、図１４の（Ｂ）では、相互インダクタンスM_{TB1}、M_{TB2}、・・・と、受電器１００Ｂの受電効率E_{B1}、E_{B2}、・・・とが関連付けられている。

[0205] 予め実験等で受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}と、受電効率とを測定しておき、図１４の（Ａ）、（Ｂ）に示すようなテーブルデータを作成しておけば、受電器１００Ａ、１００Ｂの受電効率から、受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}を求めることができる。あるいはシミュレーションによって、受電器１００Ａ、１００Ｂの受電効率から、受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}を求めてもよい。

[0206] 次に、図１５を用いて、位相差の設定方法について説明する。

[0207] 図１５は、実施の形態１の送電器１０が受電器１００Ａ又は１００Ｂの位相差を設定する方法を示すフローチャートである。このフローは、送電器１０の制御部１５によって実行される処理を表し、図１１のステップＳ３の処理内容の詳細を示すものである。

[0208] 制御部１５は、受電器１００Ａ及び１００Ｂから受電電力を表す信号を受信して受電効率を求め、受電器１００Ａ及び１００Ｂから定格出力を表す信号を受信してステップＳ３に進行すると、図１５に示す処理を開始する。

[0209] 制御部１５は、バッテリ２２０Ａの定格出力を二次側共振コイル１１０Ａの受電効率で除算して得る第１の値と、バッテリ２２０Ｂの定格出力を二次側共振コイル１１０Ｂの受電効率で除算して得る第２の値とを求め、第１の値が第２の値よりも大きいか否かを判定する（ステップＳ３１）。

[0210] 制御部１５は、第１の値が第２の値よりも大きい（Ｓ３１：ＹＥＳ）と判定すると、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を０度に設定する（ステップＳ３１Ａ）。

[0211] 次いで、制御部１５は、受電器１００Ｂの調整部１３０Ｂを駆動する駆動

信号の位相差を設定する（ステップＳ３２Ａ）。具体的には、制御部１５は、図１４の（Ａ）及び（Ｂ）に示すテーブルデータに基づき、それぞれ、受電器１００Ａ、１００Ｂの受電効率E_A、E_Bから受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}を求める。そして、制御部１５は、図１３の（Ｂ）に示すテーブルデータから、受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}に基づいて、受電器１００Ｂの調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を求める。

[0212] ステップＳ３２Ａの処理が終了すると、制御部１５はフローをステップＳ４（図１１参照）に進行する。

[0213] また、制御部１５は、第１の値が第２の値よりも小さい（Ｓ３１：ＮＯ）と判定すると、受電器１００Ｂの調整部１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を０度に設定する（ステップＳ３１Ｂ）。

[0214] 次いで、制御部１５は、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を設定する（ステップＳ３２Ｂ）。具体的には、制御部１５は、図１４の（Ａ）及び（Ｂ）に示すテーブルデータに基づき、それぞれ、受電器１００Ａ、１００Ｂの受電効率E_A、E_Bから受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}を求める。そして、制御部１５は、図１３の（Ａ）に示すテーブルデータから、受電器１００Ａ、１００Ｂの相互インダクタンスM_{TA}、M_{TB}に基づいて、受電器１００Ａの調整部１３０Ａを駆動する駆動信号の位相差を求める。

[0215] ステップＳ３２Ｂの処理が終了すると、制御部１５はフローをステップＳ４（図１１参照）に進行する。

[0216] 以上のようにして、制御部１５は、受電器１００Ａ、１００Ｂの調整部１３０Ａ、１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を設定する。

[0217] 以上、実施の形態１によれば、受電器１００Ａ及び１００Ｂの二次側共振コイル１１０Ａ及び１１０Ｂの受電効率と、電子機器２００Ａ及び２００Ｂの定格出力とにより、受電器１００Ａ及び１００Ｂへの必要送電量を求める。

[0218] そして、受電器１００Ａ及び１００Ｂのうち、必要送電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）に対応する駆動信号の位相差を基準の位相差から変化させる。

[0219] この結果、必要送電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）への電力供給量が絞られ、必要送電量が大きい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）への電力供給量を増やすことができる。

[0220] このようにして、受電器１００Ａ及び１００Ｂへの電力供給量のバランスを改善する。

[0221] 従って、実施の形態１によれば、電力供給量のバランスを改善することのできる受電器１００Ａ又は１００Ｂを提供することができる。また、実施の形態１によれば、電力供給量のバランスを改善することができる電力伝送システム５００を提供することができる。

[0222] また、以上では、２つの受電器１００Ａ及び１００Ｂのうち、必要送電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）に対応する駆動信号の位相差を低減することによって受電器１００Ａ及び１００Ｂへの電力供給量のバランスを改善する形態について説明した。

[0223] しかしながら、３つ以上の受電器が同時に充電される場合もある。このような場合には、必要電力量、つまりは各定格電力を各受電効率で除算して得る電力量が最大の受電器以外の受電器の駆動信号の位相差を低減するようにすればよい。

[0224] また、以上では、電子機器２００Ａ及び２００Ｂが、一例として、タブレットコンピュータ又はスマートフォン等の端末機である形態について説明したが、電子機器２００Ａ及び２００Ｂは、例えば、ノート型のＰＣ(Personal Computer)、携帯電話端末機、携帯型のゲーム機、デジタルカメラ、ビデオカメラ等の充電式のバッテリを内蔵する電子機器であってもよい。

[0225] また、以上では、２つの受電器１００Ａ及び１００Ｂの受電効率と定格出力に応じて位相差を求め、制御部１５０Ａ又は１５０Ｂがスイッチ１３１Ａ及び１３１Ｂを駆動する駆動信号の位相差を調整する形態について説明した

。

[0226] しかしながら、１つの送電器１０と１つの受電器１００（図４参照）との間で電力を伝送する場合には、受電器１００の制御部１５０が、実験等で予め求めておいた位相差を用いてスイッチ１３１Ａ及び１３１Ｂを駆動してもよい。この場合には、制御部１５０の内部メモリにバッテリ２２０の定格出力を表すデータを格納しておく必要はない。

[0227] また、１つの送電器１０と１つの受電器１００（図４参照）との間で電力を伝送する場合には、受電器１００の制御部１５０がクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相差を調整することによって、受電電力を調整することができる。この場合には、受電器１００が受電する電力が最大になる位相差を検出する必要はない。

[0228] また、以上では、受電器１００Ａ及び１００Ｂがバッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂを同時に充電する形態について説明した。しかしながら、電子機器２００Ａ及び２００Ｂは、バッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂを含まずに、受電器１００Ａ及び１００Ｂが受電した電力を直接的に消費して動作してもよい。受電器１００Ａ及び１００Ｂは、同時に効率的に受電できるので、電子機器２００Ａ及び２００Ｂがバッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂを含まない場合でも、電子機器２００Ａ及び２００Ｂが同時に駆動することが可能になる。これは、時分割的に受電する場合には不可能であるため、同時に受電する場合のメリットの一つである。なお、このような場合には、電子機器２００Ａ及び２００Ｂの駆動に必要な定格出力を用いて、位相差を設定すればよい。

[0229] また、以上では、送電器１０の制御部１５が駆動信号を生成し、受電器１００Ａ及び１００Ｂに送信する形態について説明したが、送電器１０の送電電力を表すデータを受電器１００Ａ、１００Ｂに送信し、受電器１００Ａ、１００Ｂ側で駆動信号を生成してもよい。この場合に、受電器１００Ａと１００Ｂとの間でデータ通信を行い、受電器１００Ａ又は１００Ｂで、どちらの受電電力が大きいかを判定し、受電電力の少ない方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）の駆動信号の位相差を増大するように、少なくともいずれか一

方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）が駆動信号を生成するようにすればよい。

[0230] また、送電器１０が受電器１００Ａ、１００Ｂから受電電力と定格出力を表すデータを受信して、必要送電量が小さい方の受電器（１００Ａ又は１００Ｂ）の制御部（１５０Ａ又は１５０Ｂ）に位相差を調整させるようにしてもよい。この場合に、位相差を調整するために必要なデータは、制御部（１５０Ａ又は１５０Ｂ）が内部メモリに格納すればよい。

[0231] また、調整部１３０のダイオード１３１Ｘ及び１３１Ｙの向きは、図４に示す向きとは反対であってもよい。図１６は、実施の形態１の変形例の調整部１３０Ｖを示す図である。

[0232] 調整部１３０Ｖは、スイッチ１３１Ｘ、１３１Ｙ、ダイオード１３２ＶＸ、１３２ＶＹ、キャパシタ１３３Ｘ、１３３Ｙ、及び端子１３４Ｘ、１３４Ｙを有する。ダイオード１３２ＶＸ、１３２ＶＹの整流方向は、それぞれ、図４に示すダイオード１３２Ｘ、１３２Ｙと反対である。それ以外は、図４に示す調整部１３０と同様であるため、同様の構成要素には同一符号を付し、その説明を省略する。

[0233] 図１７は、キャパシタ１１５及び調整部１３０Ｖにおける電流経路を示す図である。図１７では、端子１３４Ｘからキャパシタ１１５又は調整部１３０Ｖの内部を通って端子１３４Ｙに流れる電流の向きを時計回り（ＣＷ(Clockwise)）と称す。また、端子１３４Ｙからキャパシタ１１５又は調整部１３０Ｖの内部を通って端子１３４Ｘに流れる電流の向きを反時計回り（ＣＣＷ(Counterclockwise)）と称す。

[0234] スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンで、電流が時計回り（ＣＷ）の場合は、調整部１３０Ｖ内では端子１３４Ｘからダイオード１３２ＶＸ及びスイッチ１３１Ｙを経て端子１３４Ｙに向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ１１５に並列であるため、キャパシタ１１５には電流が流れなくなる。従って、二次側共振コイル１１０には共振電流は流れない。

[0235] スイッチ１３１Ｘがオフでスイッチ１３１Ｙがオンで、電流が反時計回り（ＣＣＷ）の場合は、調整部１３０Ｖ内では端子１３４Ｙからスイッチ１３１Ｙ及びキャパシタ１３３Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｙから端子１１５Ｘに共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル１１０には反時計回りの方向に共振電流が流れる。

[0236] スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフで、電流が時計回り（ＣＷ）の場合は、調整部１３０Ｖ内では端子１３４Ｘからスイッチ１３１Ｘ及びキャパシタ１３３Ｙを経て端子１３４Ｙに向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ１１５には端子１１５Ｘから端子１１５Ｙに共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル１１０には時計回りの方向に共振電流が流れる。

[0237] スイッチ１３１Ｘがオンでスイッチ１３１Ｙがオフで、電流が反時計回り（ＣＣＷ）の場合は、調整部１３０Ｖ内では端子１３４Ｙからダイオード１３２ＶＹ及びスイッチ１３１Ｘを経て端子１３４Ｘに向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ１１５に並列であるため、キャパシタ１１５には電流が流れなくなる。従って、二次側共振コイル１１０には共振電流は流れない。

[0238] ＜実施の形態２＞

図１８は、実施の形態２の受電器１０１と送電装置８０を示す図である。送電装置８０は、図４に示すものと同様である。

[0239] 受電器１０１は、実施の形態１の受電器１００（図４参照）に、スイッチ１８０とダミー抵抗器１９０を追加した構成を有する。その他の構成は、受電器１００と同様であるため、同様の構成要素には同一符号を付し、その説明を省略する。

[0240] スイッチ１８０は、３つの端子１８１、１８２、１８３を有するスイッチである。端子１８１、１８２、１８３は、それぞれ、整流回路１２０の高電圧側（図中上側）の出力端子、ダミー抵抗器１９０の上側の端子、及び平滑

キャパシタ１４０の上側の端子に接続されている。

[0241] スイッチ１８０は、制御部１５０によって駆動され、端子１８１の接続先を端子１８２及び１８３のいずれか一方に切り替える。すなわち、スイッチ１８０は、整流回路１２０の高電圧側（図中上側）の出力端子の接続先を、ダミー抵抗器１９０の上側の端子、及び、平滑キャパシタ１４０の上側の端子のいずれか一方に切り替える。

[0242] ダミー抵抗器１９０は、平滑キャパシタ１４０の下側の端子と出力端子１６０Ｙとを結ぶ低電圧側の線路と、スイッチ１８０の端子１８２との間に接続されている。ダミー抵抗器１９０は、バッテリ２２０のインピーダンスと等しいインピーダンスを有する抵抗器である。

[0243] ダミー抵抗器１９０は、受電器１０１の受電効率を測定する際に、バッテリ２２０の代わりに用いるために設けられている。バッテリ２２０を充電して受電効率を測定するよりも、バッテリ２２０と同一のインピーダンス（抵抗値）を有するダミー抵抗器１９０に電流を流して受電効率を測定する方が、少ない電力消費で実現可能だからである。

[0244] 実施の形態２の受電器１０１は、ダミー抵抗器１９０を用いて測定した受電効率を用いて、受電器１０１の調整部１３０を駆動する駆動信号の位相差を決定する。

[0245] なお、スイッチ１８０は、整流回路１２０と平滑キャパシタ１４０との間において、平滑キャパシタ１４０の下側の端子と出力端子１６０Ｙとを結ぶ低電圧側の線路に挿入されていてもよい。この場合は、ダミー抵抗器１９０が、平滑キャパシタ１４０の上側の端子と出力端子１６０Ｘとを結ぶ高電圧側の線路と、スイッチ１８０との間に接続されていればよい。

[0246] 以下では、受電電力、定格出力、位相差等を表すデータは、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの制御部１５０Ａ及び１５０Ｂと、受信器１０の制御部１５と間で通信される。制御部１５０Ａ及び１５０Ｂと制御部１５との間の通信は、アンテナ１７０Ａ及び１７０Ｂとアンテナ１６との間で行われる（図９参照）。

[0247] 図１９乃至図２１は、実施の形態２の受電器１０１Ａ、１０１Ｂと送電器１０とが駆動信号の位相差を設定するために実行する処理を示すタスク図である。

[0248] 受電器１０１Ａ、１０１Ｂは、図１８に示す受電器１０１と同様の構成を有する。また、受電器１０１Ａ、１０１Ｂは、それぞれ、図９に示す実施の形態１の受電器１００Ａ、１００Ｂと同様に、１つの送電器１０から送電される電力を受電する。ここでは、２つの受電器１０１を区別するために、受電器１０１Ａ、１０１Ｂと称す。

[0249] また、受電器１０１Ａは、二次側共振コイル１１０Ａ、キャパシタ１１５Ａ、整流回路１２０Ａ、調整部１３０Ａ、平滑キャパシタ１４０Ａ、制御部１５０Ａ、スイッチ１８０Ａ、ダミー抵抗器１９０Ａを含み、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０Ａ及びバッテリ２２０Ａ（図９参照）が接続されるものとして説明する。

[0250] 同様に、受電器１０１Ｂは、二次側共振コイル１１０Ｂ、キャパシタ１１５Ｂ、整流回路１２０Ｂ、調整部１３０Ｂ、平滑キャパシタ１４０Ｂ、制御部１５０Ｂ、スイッチ１８０Ｂ、ダミー抵抗器１９０Ｂを含み、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０Ｂ及びバッテリ２２０Ｂ（図９参照）が接続されるものとして説明する。

[0251] また、図１９乃至図２１に示す処理は、送電器１０の制御部１５（図１８参照）と、受電器１０１Ａ、１０１Ｂの制御部１５０（図１８参照）とが実行するが、以下では、送電器１０、受電器１０１Ａ、１０１Ｂが処理を行うものとして説明する。

[0252] 送電器１０と受電器１０１Ａ、１０１Ｂは、電力伝送の準備を開始する（スタート）。電力伝送の準備は、例えば、送電器１０と受電器１０１Ａ、１０１Ｂを所定の準備モードに設定し、受電器１０１Ａ、１０１Ｂから送電器１０に対して、送電を要求する通知を行うことによって開始される。

[0253] ここで、受電器１０１Ａの調整部１３０Ａと、受電器１０１Ｂの調整部１３０Ｂとは、特に制御されない限り、オフ（スイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙ

がオンの状態）にされる。調整部１３０Ａ及び１３０Ｂがオフの状態では、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂには磁界共鳴による共振は生じない（共振がオフの）状態になる。

[0254] まず、送電器１０は、受電器１０１Ａにテスト送電通知を送信する（ステップＳ１１１）。ここで、受電器１０１Ｂよりも受電器１０１Ａの方が早く送電器１０に対して送電要求の通知を行ったものとする。送電器１０は、ステップＳ１１１において、最も早く送電要求の通知を行った受電器１０１Ａに対して、テスト送電通知を送信する。なお、送電器１０は、受電器１０１Ａ、１０１Ｂを識別する識別子等を用いて、受電器１０１Ａ、１０１Ｂを識別する。

[0255] 受電器１０１Ａは、テスト送電通知を送電器１０から受信したかどうかを判定する（ステップＳ１１２Ａ）。なお、受電器１０１Ａは、テスト送電通知を送電器１０から受信するまでステップＳ１１２Ａの処理を繰り返し実行する。

[0256] 受電器１０１Ａは、調整部１３０Ａのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオフにし、スイッチ１８０Ａの接続先をダミー抵抗器１９０Ａに切り替える（ステップＳ１１３Ａ）。調整部１３０Ａのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオフにすると、磁界共鳴による共振の１周期の期間にわたって二次側共振コイル１１０Ａに共振電流が流れる状態になる。受電器１０１Ａは、ステップＳ１１３Ａの処理が終了すると、終了した旨を送電器１０に通知する。

[0257] 送電器１０は、テスト送電を開始する（ステップＳ１１４）。これにより、受電器１０１Ａの受電が開始する。

[0258] 受電器１０１Ａは、制御部１５０Ａの位相シフト回路１５３のシフト量を制御することにより、２つのクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相を調整して、最大の受電効率が得られる基準の位相を検出する。そして、受電器１０１Ａは、基準の位相において、送電器１０から受電した電力を表す受電電力とバッテリ２２０Ａの定格出力を送電器１０に通知し、調整部１３０Ａのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオンにする（ステップＳ１１５Ａ）。このよう

に受電器１０１Ａが送電器１０に通知する受電電力は、基準の位相において測定されるため、受電器１０１Ａが受電しうる最大の受電電力である。

[0259] 調整部１３０Ａのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙがオンにされると、受電器１０１Ａは、受電しても磁界共鳴による共振が生じない状態になる。すなわち、共振がオフの状態になる。受電器１００Ａの共振をオフにした状態は、受電器１０１Ｂが送電器１０から受電して受電効率を測定する際に、影響を与えない状態である。

[0260] 送電器１０は、受電器１０１Ａから送信される受電電力とバッテリ２２０Ａの定格出力を表すデータを受信し、受電器１０１Ａの受電電力と定格出力を検知する（ステップＳ１１６）。

[0261] 次に、送電器１０は、受電器１０１Ｂにテスト送電通知を送信する（ステップＳ１１７）。

[0262] 受電器１０１Ｂは、テスト送電通知を送電器１０から受信したかどうかを判定する（ステップＳ１１２Ｂ）。なお、受電器１０１Ｂは、テスト送電通知を送電器１０から受信するまでステップＳ１１２Ｂの処理を繰り返し実行する。

[0263] 受電器１０１Ｂは、調整部１３０Ｂのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオフにし、スイッチ１８０Ｂの接続先をダミー抵抗器１９０Ｂに切り替える（ステップＳ１１３Ｂ）。調整部１３０Ｂのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオフにすると、磁界共鳴による共振の１周期の期間にわたって二次側共振コイル１１０Ｂに共振電流が流れる状態になる。受電器１０１Ｂは、ステップＳ１１３Ｂの処理が終了すると、終了した旨を送電器１０に通知する。

[0264] 送電器１０は、テスト送電を開始する（ステップＳ１１８）。これにより、受電器１０１Ｂの受電が開始する。

[0265] 受電器１０１Ｂは、制御部１５０Ｂの位相シフト回路１５３のシフト量を制御することにより、２つのクロックＣＬＫ１、ＣＬＫ２の位相を調整して、最大の受電効率が得られる基準の位相を検出する。そして、受電器１０１Ｂは、基準の位相において、送電器１０から受電した電力を表す受電電力と

バッテリ２２０Ｂの定格出力を送電器１０に通知し、調整部１３０Ｂのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオンにする（ステップＳ１１５Ｂ）。このように受電器１０１Ａが送電器１０に通知する受電電力は、基準の位相において測定されるため、受電器１０１Ａが受電しうる最大の受電電力である。

[0266] 調整部１３０Ｂのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙがオンにされると、受電器１０１Ｂは、受電しても磁界共鳴による共振が生じない状態になる。すなわち、共振がオフの状態になる。

[0267] 送電器１０は、受電器１０１Ｂから送信される受電電力とバッテリ２２０Ｂの定格出力を表すデータを受信し、受電器１０１Ｂの受電電力と定格出力を検知する（ステップＳ１１９）。

[0268] 以上で図１９に示す処理が終了する。なお、図１９に示す処理の（１）、（１Ａ）、（１Ｂ）は、それぞれ、図２０に示す（１）、（１Ａ）、（１Ｂ）に続く。

[0269] 送電器１０は、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂから受信した受電電力とバッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂの定格出力を表すデータを用いて、受電器１０１Ａ、１０１Ｂの調整部１３０Ａ、１３０Ｂを駆動する駆動信号の位相差を決定し、位相差を受電器１０１Ａ及び１０１Ｂに通知する（ステップＳ１２１）。位相差は、実施の形態１と同様の方法で決定すればよい。

[0270] 受電器１０１Ａは、送電器１０から受信した位相差を用いて調整部１３０Ａを駆動する（ステップＳ１２２Ａ）。同様に、受電器１０１Ｂは、送電器１０から受信した位相差を用いて調整部１３０Ｂを駆動する（ステップＳ１２２Ｂ）。

[0271] 受電器１００Ａの制御部１５０Ａは、ステップＳ１２２Ａで駆動信号の位相差を設定する前に、ステップＳ１１５Ａにおいて、基準の位相を検出している。。

[0272] 制御部１５０Ａは、基準の位相に、送電器１０から受信した位相差を加算して得る位相を２つのクロックの位相として設定する。これは、ステップＳ１１５Ｂにおいて、受電器１００Ｂの制御部１５０Ｂが位相を設定する場合

も同様である。

[0273] 送電器１０は、テスト送電を開始する（ステップＳ１２３）。このテスト送電は、ステップＳ１１４及びＳ１１８のテスト送電とは異なり、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの両方に対して同時に送電を行うテストである。受電器１０１Ａ及び１０１Ｂは、同時に受電する状態で、それぞれ受電電力を計測する。

[0274] 受電器１０１Ａは、送電器１０から受電した電力を表す受電電力を送電器１０に通知し、調整部１３０Ａのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオンにする（ステップＳ１２４Ａ）。同様に、受電器１０１Ｂは、送電器１０から受電した電力を表す受電電力を送電器１０に通知し、調整部１３０Ｂのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオンにする（ステップＳ１２４Ｂ）。

[0275] 送電器１０は、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂから送信される受電電力を表すデータを受信し、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの受電電力を検知する（ステップＳ１２５）。

[0276] 送電器１０は、ステップＳ１２５で受信した受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの受電電力が目標範囲内であるかどうかを判定する（ステップＳ１２６）。

[0277] ここで、受電電力の目標範囲とは、例えば、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの定格出力の５０％の電力を下限値とし、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの定格出力の１３０％を上限とする範囲として設定する。

[0278] このような受電電力の目標範囲は、送電器１０の制御部１５がステップＳ１１６及びＳ１１９で受電器１０１Ａ及び１０１Ｂから受信するバッテリ２２０Ａ及び２２０Ｂの定格出力に基づいて設定すればよい。このような受電電力の目標範囲は、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの受電バランスを良くするために用いるものである。

[0279] 送電器１０は、ステップＳ１２６において、受電電力の比率が目標範囲内ではないと判定すると（Ｓ１２６：ＮＯ）、フローをステップＳ１２１にリターンする。位相差を再度調整して、受電効率が目標範囲内に収まるかどうかを確かめるためである。なお、ステップＳ１２１にリターンして位相差を

再設定する際には、送電器１０は、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂのうち、受電電力が目標範囲の下限以下だった受電器の位相差の絶対値を小さくすればよく、受電電力が目標範囲の上限以上だった受電器の位相差の絶対値を大きくすればよい。

[0280] 以上で図２０に示す処理が終了する。なお、図２０に示す処理の（２）、（２Ａ）、（２Ｂ）は、それぞれ、図２１に示す（２）、（２Ａ）、（２Ｂ）に続く。

[0281] 送電器１０は、受電電力が目標範囲内にあると判定すると（Ｓ１２６：ＹＥＳ）、本送電を行うことを表す本送電通知を受電器１０１Ａ及び１０１Ｂに送信する（ステップＳ１３１）。本送電とは、テスト送電とは異なり、本当に受電器１０１Ａ及び１０１Ｂを充電するために送電を行うことをいう。本送電通知とは、本送電を行うことを送電器１０が受電器１０１Ａ及び１０１Ｂに知らせるための通知をいう。

[0282] 受電器１０１Ａは、送電器１０から本送電通知を受信したかどうかを判定する（ステップＳ１３２Ａ）。同様に、受電器１０１Ｂは、送電器１０から本送電通知を受信したかどうかを判定する（ステップＳ１３２Ｂ）。

[0283] なお、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂは、本送電通知を受信しない場合は、それぞれ、フローをステップＳ１２２Ａ及び１２２Ｂにリターンする。ステップＳ１２６において、受電電力が目標範囲内にないと送電器１０によって判定された場合に相当するため、送電器１０がステップＳ１２１にリターンして受電器１０１Ａ及び１０１Ｂに送信する位相差を用いて調整部１３０Ａ及び１３０Ｂを駆動するためである。

[0284] 受電器１０１Ａは、送電器１０から本送電通知を受信したと判定すると（Ｓ１３２Ａ：ＹＥＳ）、位相差を用いた調整部１３０Ａの駆動を再開するとともに、スイッチ１８０Ａの接続先をバッテリ２２０Ａに切り替え、切り替えたことを送電器１０に通知する（ステップＳ１３３Ａ）。同様に、受電器１０１Ｂは、送電器１０から本送電通知を受信したと判定すると（Ｓ１３２Ｂ：ＹＥＳ）、位相差を用いた調整部１３０Ｂの駆動を再開するとともに、

スイッチ１８０Ｂの接続先をバッテリ２２０Ｂに切り替え、切り替えたことを送電器１０に通知する（ステップＳ１３３Ｂ）。

[0285] 送電器１０は、本送電を開始する（ステップＳ１３４）。

[0286] 受電器１０１Ａは、バッテリ２２０Ａが満充電になったか、又は、利用者による充電の停止操作があるかどうかを判定する（ステップＳ１３５Ａ）。同様に、受電器１０１Ｂは、バッテリ２２０Ｂが満充電になったか、又は、利用者による充電の停止操作があるかどうかを判定する（ステップＳ１３５Ｂ）。

[0287] 受電器１０１Ａは、満充電、又は、充電の停止操作のいずれでもないと判定すると（Ｓ１３５Ａ：ＮＯ）、位相差の再調整が必要かどうかを判定する（ステップＳ１３６Ａ）。

[0288] 例えば、受電器１０１Ｂが満充電、又は、充電の停止操作によって充電されていない状態になった場合には、受電器１０１Ａの位相差を再調整する必要が生じる。従って、送電器１０が後述するステップＳ１３９において、受電器１０１Ｂの充電が完了した、又は、充電が停止したと判定して、受電器１０１Ａが送電器１０から受電器１０１Ｂの充電が完了、又は、充電停止についての通知を受信した場合に、受電器１０１Ａは、位相差の再調整が必要と判定する。

[0289] 受電器１０１Ｂは、満充電、又は、充電の停止操作のいずれでもないと判定すると（Ｓ１３５Ｂ：ＮＯ）、位相差の再調整が必要かどうかを判定する（ステップＳ１３６Ｂ）。

[0290] 例えば、受電器１０１Ａが満充電、又は、充電の停止操作によって充電されていない状態になった場合には、受電器１０１Ｂの位相差を再調整する必要が生じる。従って、送電器１０が後述するステップＳ１３９において、受電器１０１Ａの充電が完了した、又は、充電が停止したと判定して、受電器１０１Ｂが送電器１０から受電器１０１Ａの充電が完了、又は、充電停止についての通知を受信した場合に、受電器１０１Ｂは、位相差の再調整が必要と判定する。

[0291] 受電器１０１Ａは、バッテリ２２０Ａの満充電、又は、充電の停止操作があったと判定すると（Ｓ１３５Ａ：ＹＥＳ）、充電完了、又は、停止操作があったことを送電器１０に通知する。これにより、受電器１０１Ａは処理を終了する。

[0292] 同様に、受電器１０１Ｂは、バッテリ２２０Ｂの満充電、又は、充電の停止操作があったと判定すると（Ｓ１３５Ｂ：ＹＥＳ）、充電完了、又は、停止操作があったことを送電器１０に通知する。これにより、受電器１０１Ａは処理を終了する。

[0293] 送電器１０は、受電器１０１Ａ又は１０１Ｂにおいて、充電完了、又は、停止操作があったかどうかを判定する（ステップＳ１３７）。送電器１０は、受電器１０１Ａ又は１０１Ｂからの充電完了、又は、停止操作を表す通知の有無に基づいて、ステップＳ１３７の判定を行う。なお、ステップ１３７の判定は、受電器１０１Ａ又は１０１Ｂからの充電完了、又は、停止操作を表す通知があるまで繰り返し実行される。

[0294] 受電器１０１Ａは、バッテリ２２０Ａの満充電、又は、充電の停止操作を行ったことを送電器１０に通知すると、調整部１３０Ａのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオンにする（ステップＳ１３８Ａ）。これにより受電器１０１Ａは受電しない状態になる。同様に、受電器１０１Ｂは、バッテリ２２０Ｂの満充電、又は、充電の停止操作を行ったことを送電器１０に通知すると、調整部１３０Ｂのスイッチ１３１Ｘ及び１３１Ｙをオンにする（ステップＳ１３８Ｂ）。これにより受電器１０１Ｂは受電しない状態になる。

[0295] 送電器１０は、受電器１０１Ａ又は１０１Ｂからの充電完了（満充電）、又は、停止操作を表す通知があった（Ｓ１３７：ＹＥＳ）と判定すると、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの両方の充電が完了したか、又は、充電が停止されたかどうかを判定する（ステップＳ１３９）受電器１０１Ａ及び１０１Ｂのうちの一方の充電が完了又は停止されていなければ、引き続き送電する必要があるからである。

[0296] 送電器１０は、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂのうちの一方の充電が完了又

は停止されていないと判定すると（Ｓ１３９：ＮＯ）、フローをステップＳ１２１にリターンする。再び位相差を設定して送電を行うためである。

[0297] また、送電器１０は、受電器１０１Ａの充電が完了した、又は、充電が停止したと判定した場合は、受電器１０１Ａの充電が完了、又は、充電が停止したことを受電器１０１Ｂに通知する。同様に、送電器１０は、受電器１０１Ｂの充電が完了した、又は、充電が停止したと判定した場合は、受電器１０１Ｂの充電が完了、又は、充電が停止したことを受電器１０１Ａに通知する。

[0298] 送電器１０は、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの両方の充電が完了した、又は、充電が停止したと判定すると（Ｓ１３９：ＹＥＳ）、処理を終了する。

[0299] 以上により、送電器１０による受電器１０１Ａ及び１０１Ｂへの送電処理が終了する。

[0300] なお、以上では、２つの受電器１０１Ａ及び１０１Ｂが送電器１０から受電する場合に位相差を決定する形態について説明したが、３つ以上の受電器が送電器１０から受電する場合も同様に位相差を決めることができる。例えば、受電器が３つある場合には、ステップＳ１１５Ｂが終了した後に、ステップ１１１、Ｓ１１２Ａ、Ｓ１１３Ａ、Ｓ１１４、Ｓ１１５Ａ、及びＳ１１６と同様のステップを３つ目の受電器に対して行うことにより、送電器１０が３つ目の受電器の受電電力と定格出力を入手すればよい。

[0301] そして、３つの受電器の位相差を決定し、受電電力が目標範囲内であるかどうかを判定した後に、本送電を行うようにすればよい。これは、受電器が４つ以上ある場合も同様である。

[0302] 以上、実施の形態２によれば、電力供給量のバランスを改善することのできる受電器１０１Ａ又は１０１Ｂを提供することができる。また、実施の形態２によれば、電力供給量のバランスを改善することができる電力伝送システムを提供することができる。

[0303] また、実施の形態２では、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの位相差を決める際に、ステップＳ１２１～Ｓ１２６によるテスト送電の処理を行う。そして

、テスト送電の結果、受電器１０１Ａ及び１０１Ｂの受電電力が目標範囲内にない場合には、位相差を再調整して、より受電バランスを改善できる位相差を求める。

[0304] 従って、実施の形態２によれば、電力供給量のバランスをより改善した受電器１０１Ａ又は１０１Ｂを提供することができる。

[0305] ＜実施の形態３＞

図２２は、実施の形態３における送電器１０とＮ個の受電器１０１－１、１０１－２、・・・、１０１－Ｎとを示す図である。図２３は、実施の形態３による位相差と送電出力Ｐの決定処理を示すフローチャートである。図２４は、実施の形態３で用いるテーブル形式のデータを示す図である。

[0306] 実施の形態３では、１つの送電器１０からＮ個の受電器１０１－１、１０１－２、・・・、１０１－Ｎに電力を伝送する場合に、受電器１０１－１～１０１－Ｎの調整部１３０を駆動する駆動信号の位相差を決定する手法について説明する。

[0307] ここで、Ｎは任意の整数であり、２以上の整数であればよい。

[0308] 受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々は、実施の形態２の受電器１０１Ａ及び１０１Ｂと同様の構成を有する。また、受電器１０１－１～１０１－Ｎには、それぞれ、ＤＣ－ＤＣコンバータ２１０とバッテリ２２０が接続されるものとして説明する。

[0309] 以下では、受電電力、位相差等を表すデータは、受電器１０１－１～１０１－Ｎの制御部１５０と、受信器１０の制御部１５との間で通信される。制御部１５０と制御部１５との間の通信は、アンテナ１７０とアンテナ１６との間で行われる（図９参照）。

[0310] 実施の形態３では、具体的には、以下のような手順で受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々に含まれる調整部１３０を駆動する駆動信号の位相差を決定する。

[0311] まず、送電器１０は、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々に、個別的に電力Ｐ０を送電する（ステップＳ２０１）。また、受電器１０１－１～１０

１－Ｎは、それぞれ、電力Ｐ０を受電すると、受電電力ＰＫ（Ｋ＝１～Ｎ）と、バッテリ２２０の定格出力ＰＢＫ（Ｋ＝１～Ｎ）とを表すデータを送電器１０に送信する。

[0312] 次に、送電器１０は、受電電力ＰＫ（Ｋ＝１～Ｎ）と、バッテリ２２０の定格出力ＰＢＫ（Ｋ＝１～Ｎ）とを表すデータを受信する（ステップＳ２０２）。

[0313] 受電電力ＰＫは、受電器１０１－１～１０１－Ｎの内部で、スイッチ１８０をダミー抵抗器１９０に接続させて測定される。定格出力ＰＢＫは、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々に接続されるバッテリ２２０の定格出力である。バッテリ２２０の定格出力を表すデータは、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々の制御部１５０が内部メモリに保持している。

[0314] 電力の送電は、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々に対して、１対１で行うため、送電器１０は、送電をＮ回行うことになる。なお、送電器１０が受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々に送電する電力Ｐ０は、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々について等しい。

[0315] 次に、送電器１０は、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々について、受電電力ＰＫ（Ｋ＝１～Ｎ）に対する、定格出力ＰＢＫ（Ｋ＝１～Ｎ）の比ＸＫ（Ｋ＝１～Ｎ）を求める（ステップＳ２０３）。ＸＫ＝ＰＢＫ／ＰＫで求まる。

[0316] 次に、送電器１０は、比ＸＫのうちの最大値ＸＳを求め、受電器１０１－１～１０１－Ｎの各々について、最大値ＸＳに対する比ＸＫの比ＹＫ（Ｋ＝１～Ｎ）を求める（ステップＳ２０４）。ＹＫ＝ＸＫ／ＸＳで求まる。

[0317] 次に、送電器１０は、受電器１０１－１～１０１－Ｎの受電電力が、Ｙ１～ＹＮ倍になるような位相差Ｄ１～ＤＮを求める（ステップＳ２０５）。Ｙ１～ＹＮ倍になるような位相差Ｄ１～ＤＮを求めるには、例えば、図２４に示すようなテーブル形式のデータを用いればよい。

[0318] 図２４に示すテーブル形式のデータは、比Ｙ１～ＹＮの組み合わせと、位相差Ｄ１～ＤＮの組み合わせとを関連付けたデータである。比Ｙ１～ＹＮの

組み合わせには、Ｙａ１、Ｙａ２、・・・、ＹａＮ、Ｙｂ１、Ｙｂ２、・・・、ＹｂＮ等がある。位相差Ｄ１～ＤＮの値の組み合わせには、Ｄａ１、Ｄａ２、・・・、ＤａＮ、Ｄｂ１、Ｄｂ２、・・・、ＤｂＮ等がある。

[0319] 比Ｙ１～ＹＮの組み合わせＹａ１、Ｙａ２、・・・は、それぞれ、位相差Ｄ１～ＤＮの組み合わせＤａ１、Ｄａ２、・・・、ＤａＮと関連付けられている。比Ｙ１～ＹＮの組み合わせＹｂ１、Ｙｂ２、・・・は、それぞれ、位相差Ｄ１～ＤＮの組み合わせＤｂ１、Ｄｂ２、・・・、ＤｂＮと関連付けられている。

[0320] このような比Ｙ１～ＹＮの組み合わせと、位相差Ｄ１～ＤＮの組み合わせとを関連付けたデータを多数用意しておき、ステップＳ２０４で受電器１０１－１～１０１－Ｎについて求めた比Ｙ１～ＹＮに対応する位相差Ｄ１～ＤＮを図２４に示すテーブル形式のデータから求めればよい。

[0321] なお、図２４に示すテーブル形式のデータの中に、ステップＳ２０４で受電器１０１－１～１０１－Ｎについて求めた比Ｙ１～ＹＮの組み合わせが存在しない場合は、ステップＳ２０４で求めた比Ｙ１～ＹＮに近い比Ｙ１～ＹＮに関連付けられた位相差Ｄ１～ＤＮを用いればよい。また、このようにステップＳ２０４で求めた比Ｙ１～ＹＮの組み合わせが図２４に示すデータに存在しない場合には、ステップＳ２０４で求めた比Ｙ１～ＹＮの組み合わせに近い比Ｙ１～ＹＮを補間処理等で求めることによって、位相差Ｄ１～ＤＮを用いればよい。

[0322] また、ここでは、図２４に示すテーブル形式のデータを用いて位相差Ｄ１～ＤＮを求める形態について説明したが、例えば、比Ｙ１～ＹＮの値に応じて、位相差Ｄ１～ＤＮを演算してもよい。比Ｙ１～ＹＮの値は、比ＸＫが最大値ＸＳになる場合に１となり、その他の場合は１未満の値になる。このため、比Ｙ１～ＹＮの値が大きいほど、必要な受電電力量が多いことになる。従って、比Ｙ１～ＹＮの値が大きいほど位相差Ｄ１～ＤＮを大きく設定し、比Ｙ１～ＹＮの値が小さいほど位相差Ｄ１～ＤＮを小さく設定すればよい。

[0323] 次に、送電器１０は、受電器１０１－１～１０１－Ｎに、位相差Ｄ１～Ｄ

Ｎを表すデータを送信する（ステップＳ２０６）。

[0324] 最後に、送電器１０は、送電出力Ｐを次式で設定する（ステップＳ２０７）。

[0325] [数1]

$$P=\sum_{K=1}^{N} XK\times PK$$

以上で、位相差Ｄ１～ＤＮと送電出力Ｐの設定が終了する。

[0326] 以上、実施の形態３によれば、電力供給量のバランスを改善することのできる受電器１０１－１～１０１－Ｎを提供することができる。また、実施の形態３によれば、電力供給量のバランスを改善することができる電力伝送システム（受電器１０１－１～１０１－Ｎ及び送電器１０）を提供することができる。

[0327] 以上、本発明の例示的な実施の形態の受電器、及び、電力伝送システムについて説明したが、本発明は、具体的に開示された実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

符号の説明

[0328] １０ 送電器

１１ 一次側コイル

１２ 一次側共振コイル

１３ 整合回路

１４ キャパシタ

１５ 制御部

１００、１００Ａ、１００Ｂ、１０１、１０１－１～１０１－Ｎ、１０３

受電器

１１０、１１０Ａ、１１０Ｂ　二次側共振コイル

１２０、１２１、１２２、１２３、１２４　整流回路

１３０、１３０Ａ、１３０Ｂ　調整部

１３１Ｘ、１３１Ｙ　スイッチ

１３２Ｘ、１３２Ｙ　ダイオード

１３３Ｘ、１３３Ｙ　キャパシタ

１３４Ｘ、１３４Ｙ　端子

１４０、１４０Ａ、１４０Ｂ　平滑キャパシタ

１５０、１５０Ａ、１５０Ｂ　制御部

１６０Ｘ、１６０Ｙ　出力端子

１７０Ａ、１７０Ｂ　アンテナ

１８０　スイッチ

１９０　ダミー抵抗器

２００Ａ、２００Ｂ　電子機器

２１０、２１０Ａ、２１０Ｂ　ＤＣ－ＤＣコンバータ

２２０、２２０Ａ、２２０Ｂ　バッテリ

５００　電力伝送システム

請求の範囲

[請求項1] 共振コイル部を有し、一次側共振コイルとの間で生じる磁界共鳴によって前記一次側共振コイルから電力を受電する二次側共振コイルと、

前記二次側共振コイルの前記共振コイル部に直列に挿入されるキャパシタと、

前記キャパシタに並列に接続される、第１スイッチ及び第２スイッチの直列回路と、

前記第１スイッチに並列に接続され、第１整流方向を有する第１整流素子と、

前記第２スイッチに並列に接続され、前記第１整流方向とは反対の第２整流方向を有する第２整流素子と、

前記二次側共振コイルに供給される電源の電圧波形または電流波形を検出する検出部と、

前記検出部が検出した電圧波形または電流波形と、前記第１スイッチのオン／オフを切り替える第１信号及び前記第２スイッチのオン／オフを切り替える第２信号との位相差を調整することにより、前記二次側共振コイルが受電する電力量を調整する制御部と

を含む、受電器。

[請求項2] 前記制御部は、前記位相差を調整することによって、前記共振コイル部に前記共振が生じる状態に対する、前記共振コイル部に共振が生じない状態の割合を調整することにより、前記二次側共振コイルが受電する電力量を調整する、請求項２記載の受電器。

[請求項3] 前記二次側共振コイルは、前記共振コイル部の両端にそれぞれ設けられる第１端子及び第２端子とをさらに有し、

前記第１整流素子及び前記第２整流素子は、それぞれ、第１電流入力端子及び第２電流入力端子を有し、前記第１整流素子及び前記第２整流素子は、前記第１電流入力端子及び前記第２電流入力端子が接続

される状態で、それぞれ、前記第１スイッチ及び前記第２スイッチに並列に接続されており、

前記制御部は、

前記共振コイル部に前記第１端子から前記第２端子に向かって電流が流れるときには、前記第１スイッチをオフにするとともに前記第２スイッチをオンにし、かつ、前記共振コイル部に前記第２端子から前記第１端子に向かって電流が流れるときには、前記第１スイッチをオンにするとともに前記第２スイッチをオフにすることによって、前記共振コイル部に磁界共鳴による共振を生じさせる、請求項２記載の受電器。図６

[請求項4] 前記制御部は、前記共振コイル部に前記第１端子から前記第２端子に向かって電流が流れるときに、前記第１スイッチをオンにするとともに前記第２スイッチをオフ又はオンにし、かつ、前記共振コイル部に前記第２端子から前記第１端子に向かって電流が流れるときに、前記第１スイッチをオフ又はオンにするとともに前記第２スイッチをオンにすることにより、前記共振コイル部に磁界共鳴による共振が生じない状態を生じさせる、請求項３記載の受電器。

[請求項5] 前記一次側共振コイルへ電力を供給する電源の電圧波形又は電流波形を受信する通信部をさらに含み、

前記検出部は、前記通信部が受信する前記一次側共振コイルへ電力を供給する電源の電圧波形又は電流波形に基づいて、前記二次側共振コイルに供給される電源の電圧波形または電流波形を検出する、請求項１乃至４のいずれか一項記載の受電器。

[請求項6] 前記検出部は、前記二次側共振コイルへ供給される電力の電圧波形又は電流波形を検出することを特徴とする、請求項１乃至４のいずれか一項記載の受電器。

[請求項7] 前記第１整流素子及び前記第２整流素子は、それぞれ、第１電流出力端子及び第２電流出力端子を有し、前記第１整流素子及び前記第２

整流素子は、前記第１電流出力端子及び前記第２電流出力端子が接続される状態で、それぞれ、前記第１スイッチ及び前記第２スイッチに並列に接続されており、

前記制御部は、

前記共振コイル部に前記第１端子から前記第２端子に向かって電流が流れるときには、前記第１スイッチをオンにするとともに前記第２スイッチをオフにし、かつ、前記共振コイル部に前記第２端子から前記第１端子に向かって電流が流れるときには、前記第１スイッチをオフにするとともに前記第２スイッチをオンにすることによって、前記共振コイル部に磁界共鳴による共振を生じさせる、請求項２記載の受電器。

[請求項8] 前記制御部は、前記共振コイル部に前記第１端子から前記第２端子に向かって電流が流れるときに、前記第１スイッチをオフ又はオンにするとともに前記第２スイッチをオンにし、かつ、前記共振コイル部に前記第２端子から前記第１端子に向かって電流が流れるときに、前記第１スイッチをオンにするとともに前記第２スイッチをオフ又はオンにすることによって、前記共振コイル部に磁界共鳴による共振が生じない状態を生じさせる、請求項７記載の受電器。

[請求項9] 前記第１端子及び前記第２端子に接続され、前記二次側共振コイルから入力される交流電力を整流する整流回路と、

前記整流回路の出力側に接続される平滑回路と、

前記平滑回路の出力側に接続される一対の出力端子と

をさらに含む、請求項１乃至８のいずれか一項記載の受電器。

[請求項10] 一次側共振コイルを有する送電器と、

前記送電器から電力を受電する第１受電器とを含む、電力伝送システムであって、

前記第１受電器は、

共振コイル部を有し、一次側共振コイルとの間で生じる磁界共鳴に

よって前記一次側共振コイルから電力を受電する第１の二次側共振コイルと、

前記第１の二次側共振コイルの前記共振コイル部に直列に挿入されるキャパシタと、

前記キャパシタに並列に接続される、第１スイッチ及び第２スイッチの直列回路と、

前記第１スイッチに並列に接続され、第１整流方向を有する第１整流素子と、

前記第２スイッチに並列に接続され、前記第１整流方向とは反対の第２整流方向を有する第２整流素子と、

前記二次側共振コイルに供給される電源の電圧波形または電流波形を検出する検出部と、

前記検出部が検出した電圧波形または電流波形と、前記第１スイッチのオン／オフを切り替える第１信号及び前記第２スイッチのオン／オフを切り替える第２信号との位相差を調整することにより、前記第１の二次側共振コイルが受電する電力量を調整する制御部と

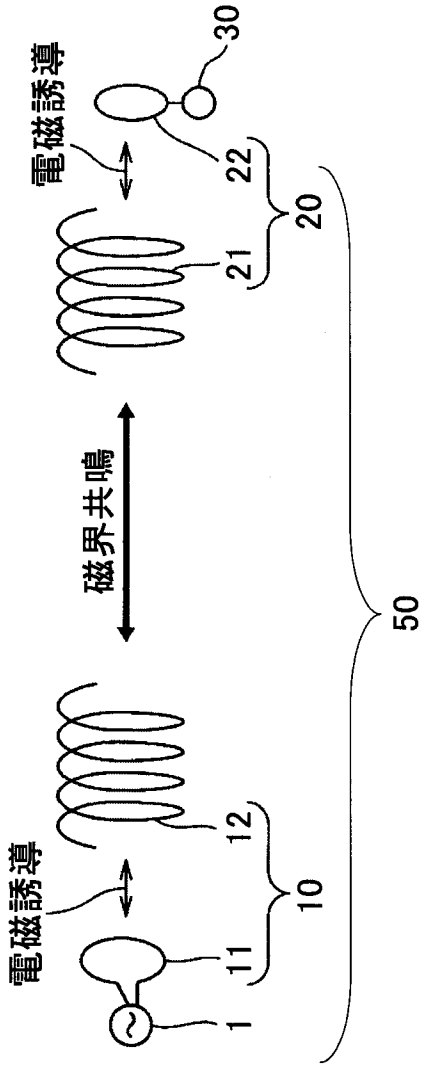
を有する、電力伝送システム。

[請求項11] 第２の二次側共振コイルを有し、前記送電器から電力を受電する第２受電器をさらに含み、

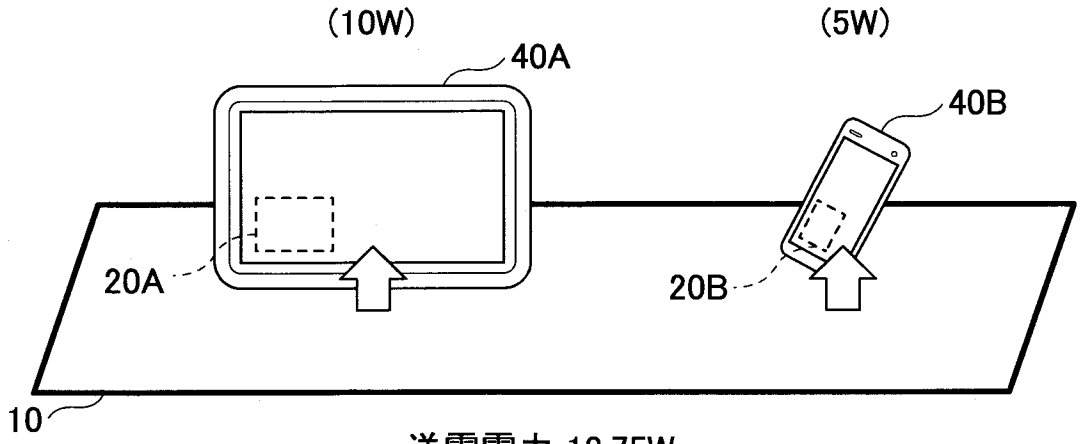
前記位相差は、前記第１の二次側共振コイルの第１の受電効率、前記一対の出力端子に接続される第１負荷の第１定格出力、前記第２の二次側共振コイルの第２の受電効率、及び、前記第２受電器から電力が供給される第２負荷の第２定格出力に基づいて設定され、

前記制御部は、前記第２スイッチのオン／オフを切り替える第２信号との位相差を前記設定される位相差に調整する、請求項１０記載の電力伝送システム。

[図1]

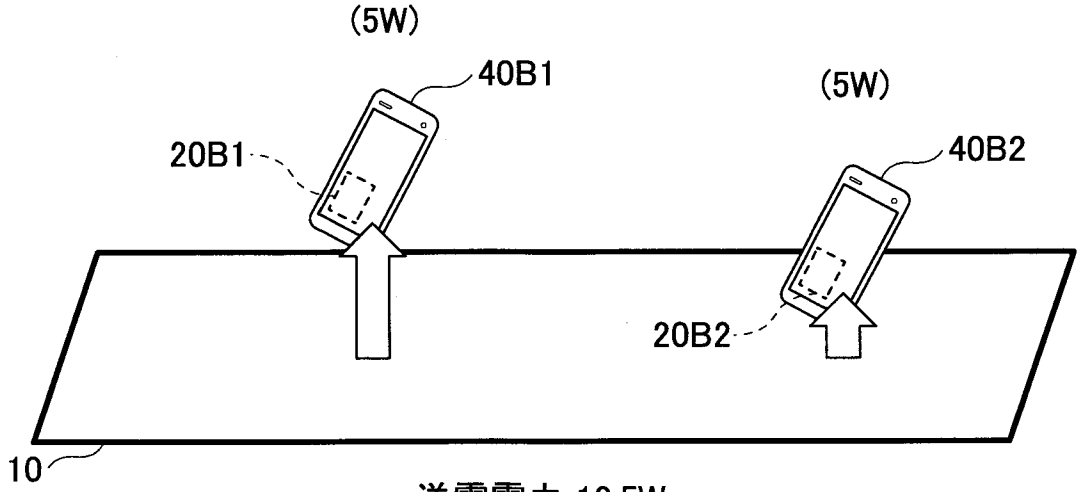


[図2]



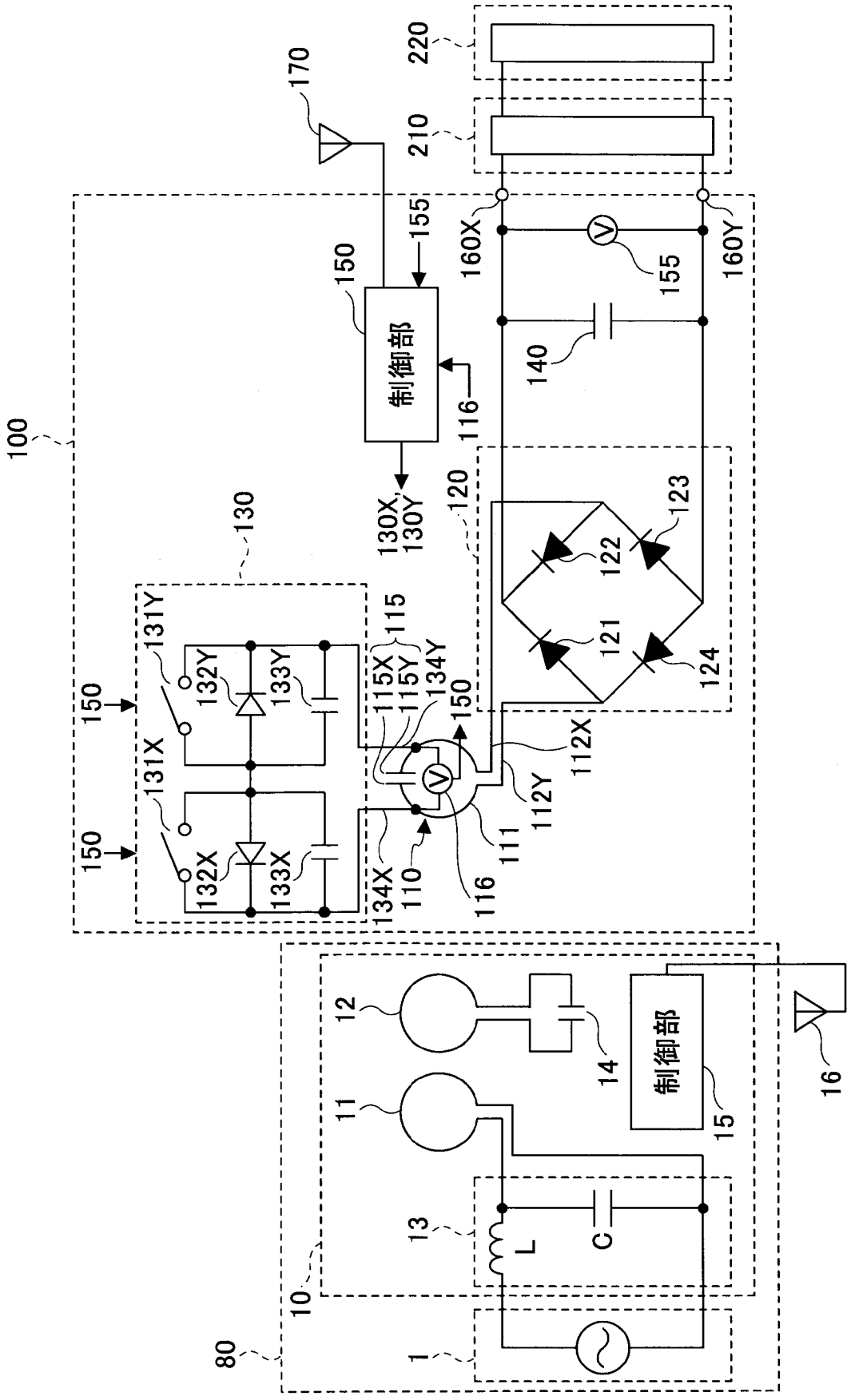
送電電力 18.75W

[図3]

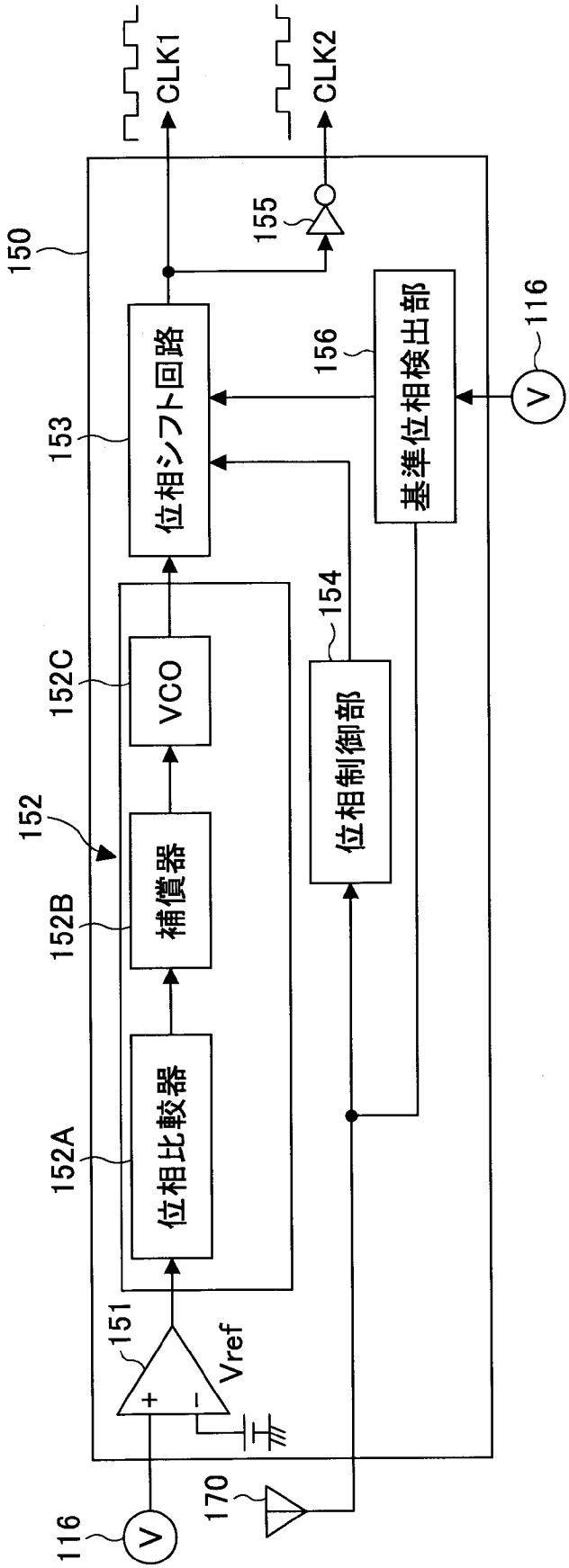


送電電力 12.5W

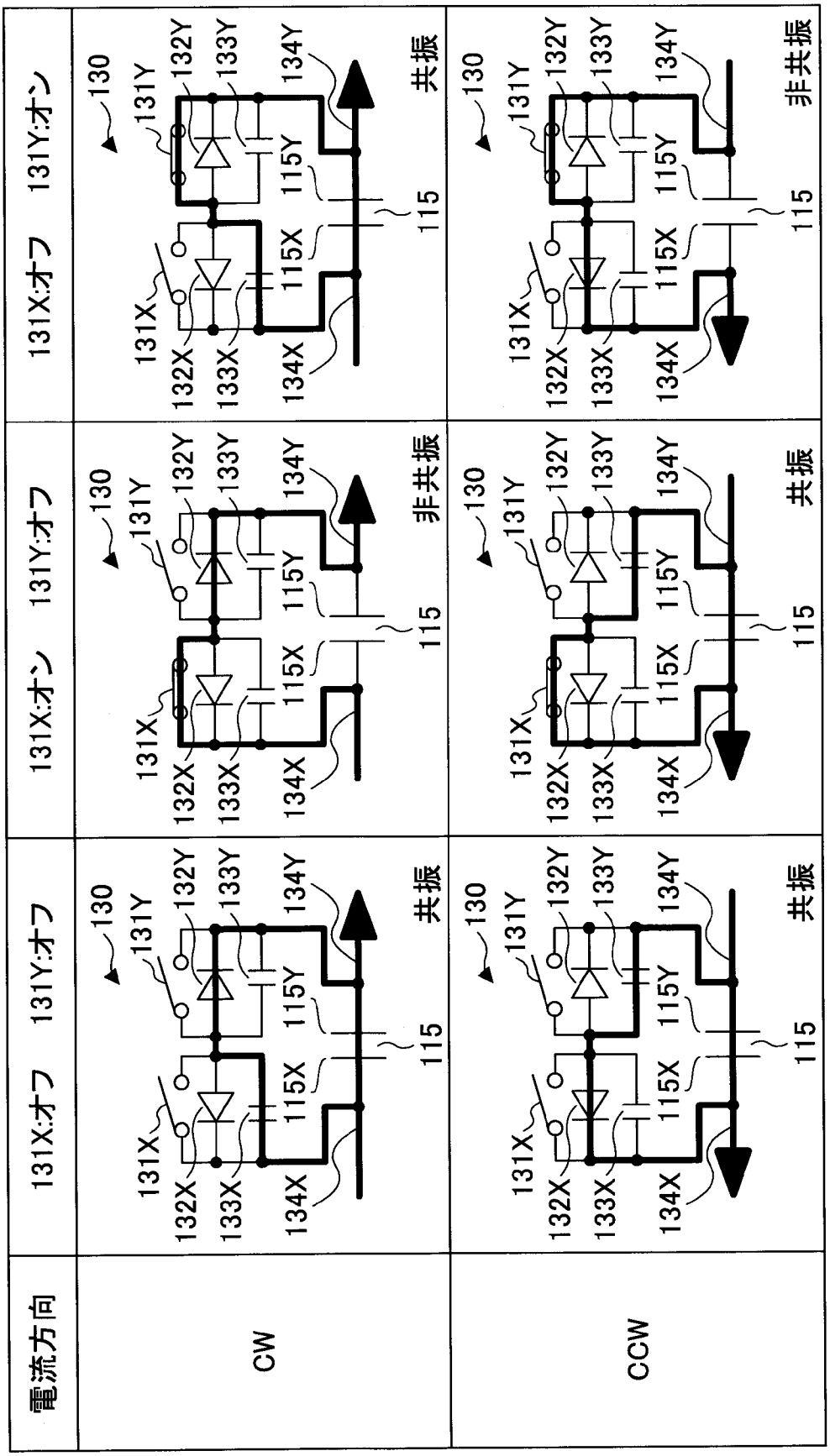
[図4]


100
80
1
10
11
12
13
14
15
16
L
C
制御部
制御部
116
110
111
112X
112Y
115
115X
115Y
120
121
122
123
124
130
130X,
130Y
131X
131Y
132X
132Y
133X
133Y
134X
134Y
140
150
155
160X
160Y
170
210
220

[図5]

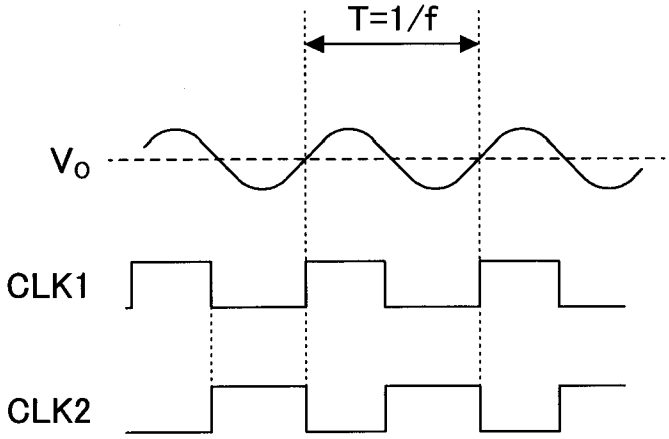

CLK1
CLK2
150
155
位相シフト回路
153
156
基準位相検出部
116
VCO
152C
154
位相制御部
152
補償器
152B
位相比較器
152A
151
Vref
116
170

[図6]

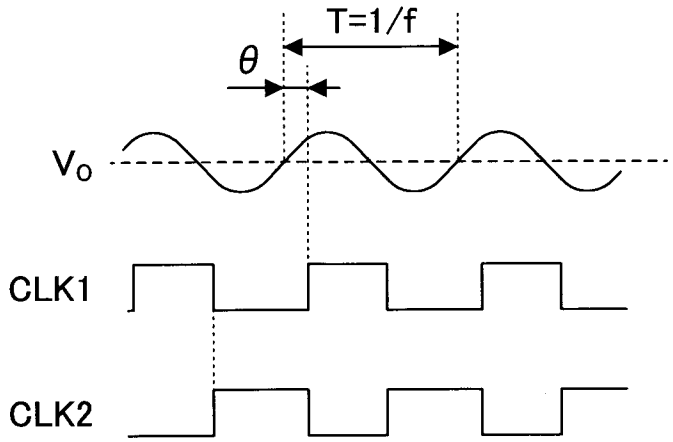

電流方向
131X:オフ 131Y:オフ
131X:オン 131Y:オフ
131X:オフ 131Y:オン
CW
CCW
130
131X
131Y
132X
132Y
133X
133Y
134X
134Y
115X
115Y
115
共振
非共振

[図7]

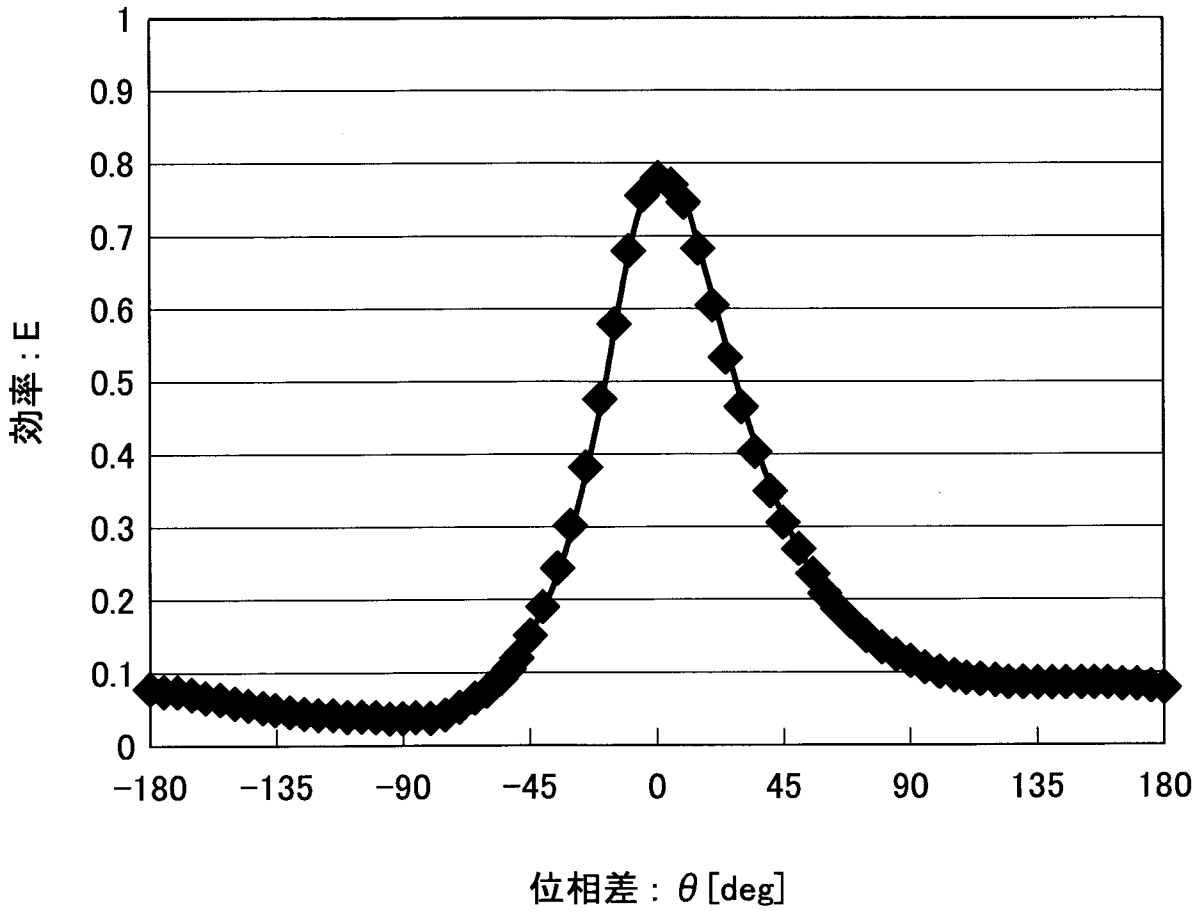
(A)



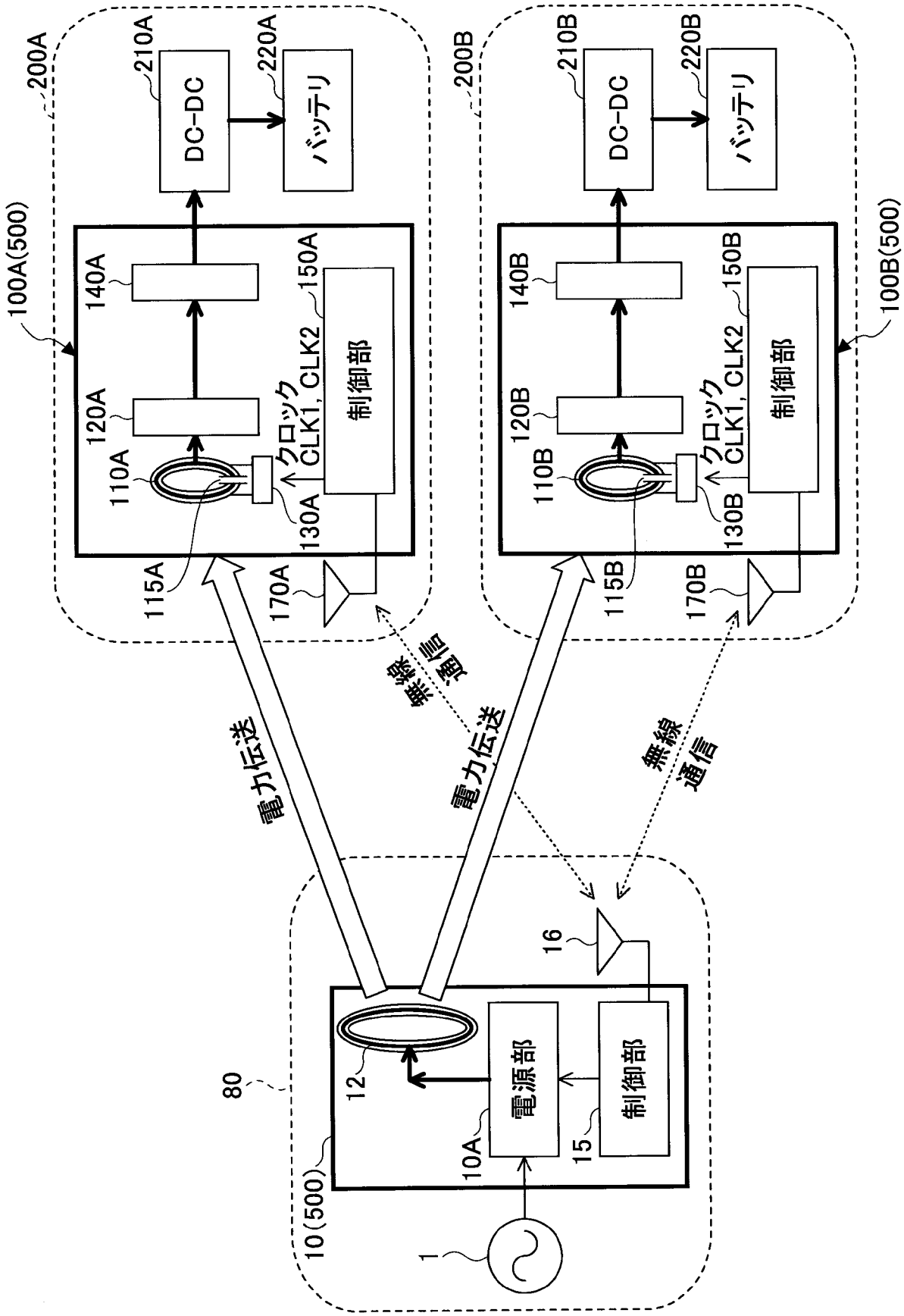
(B)



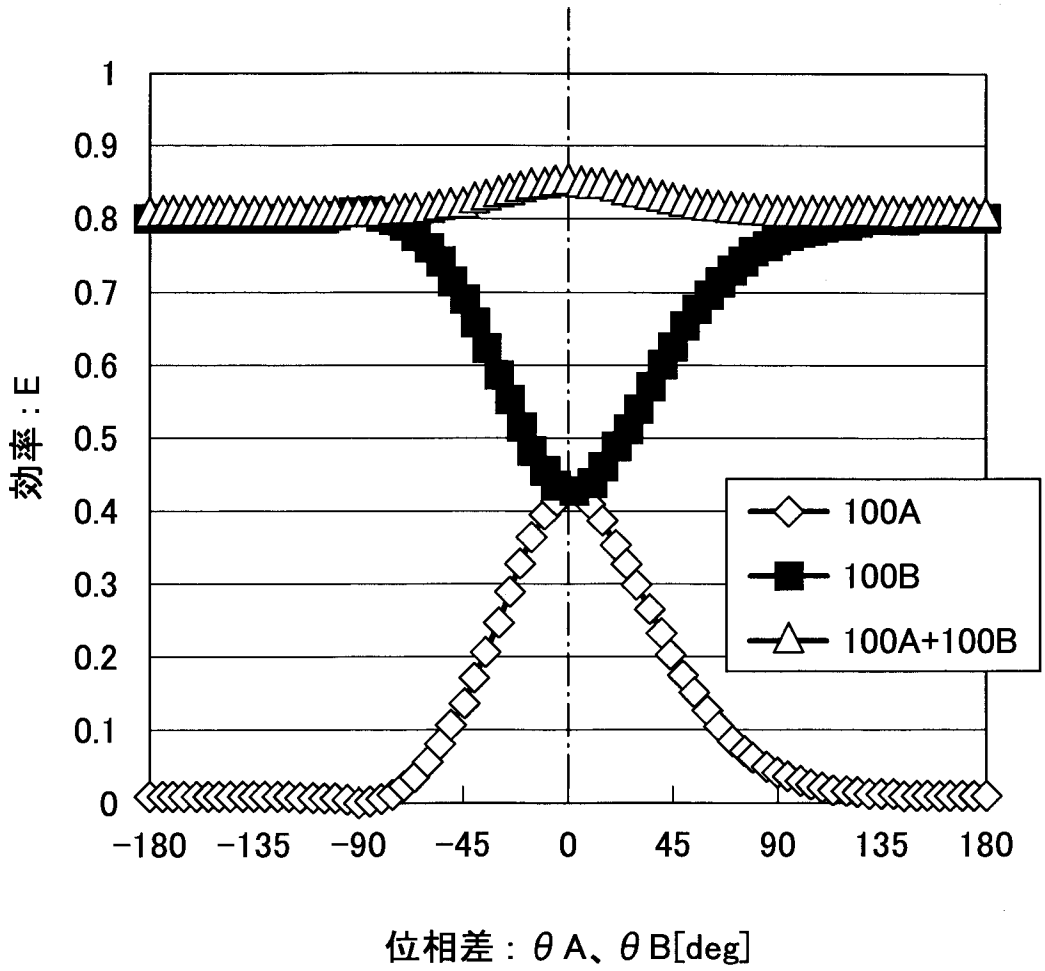
[図8]


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
効率：E
−180
−135
−90
−45
0
45
90
135
180
位相差：θ[deg]

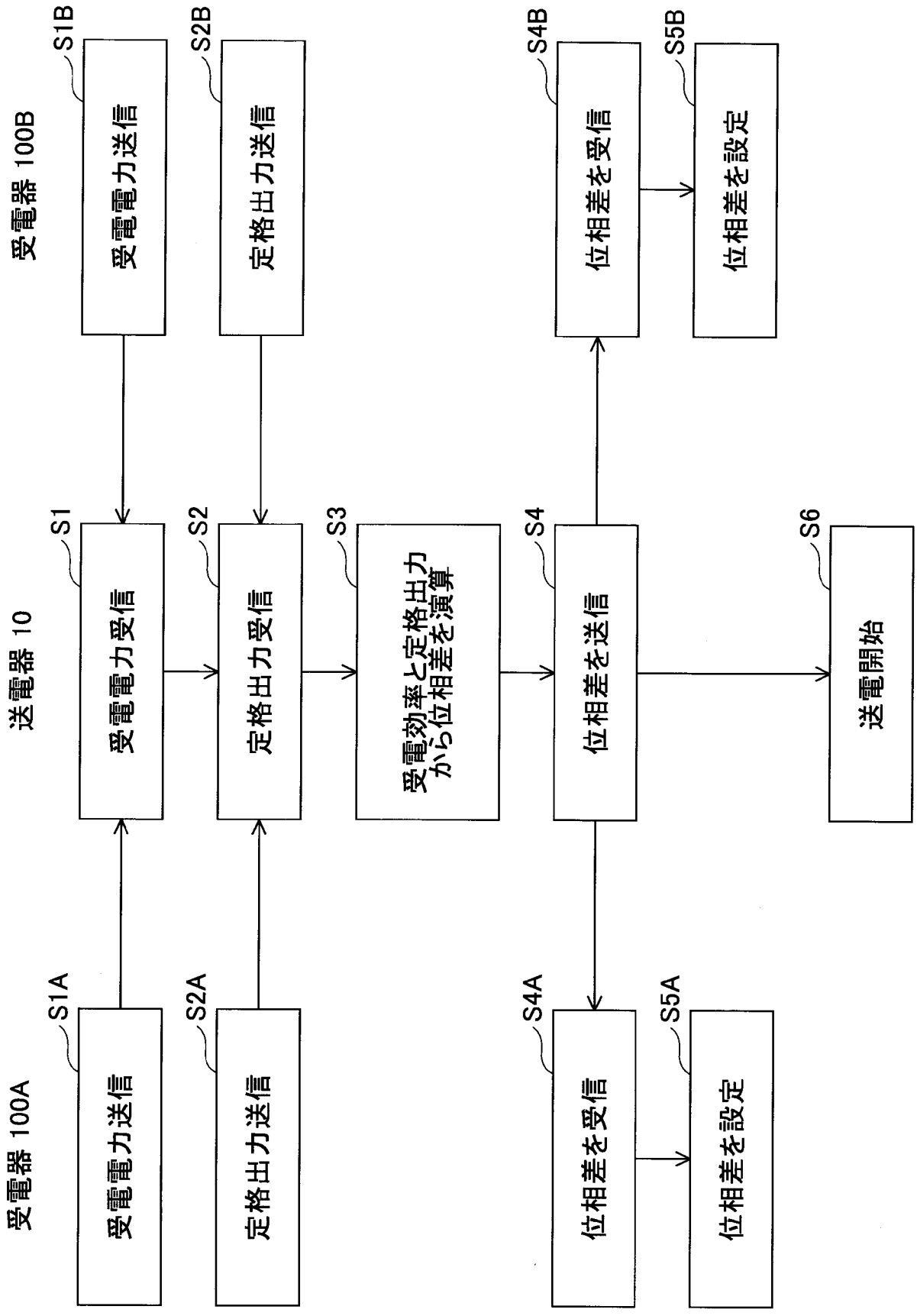
[図9]


200A
210A
DC-DC
220A
バッテリ
100A(500)
140A
150A
120A
制御部
110A
クロック
CLK1, CLK2
130A
115A
170A
200B
210B
DC-DC
220B
バッテリ
140B
150B
120B
制御部
110B
クロック
CLK1, CLK2
130B
115B
170B
100B(500)
無線通信
電力伝送
電力伝送
無線通信
16
80
12
電源部
制御部
10A
15
10(500)
1

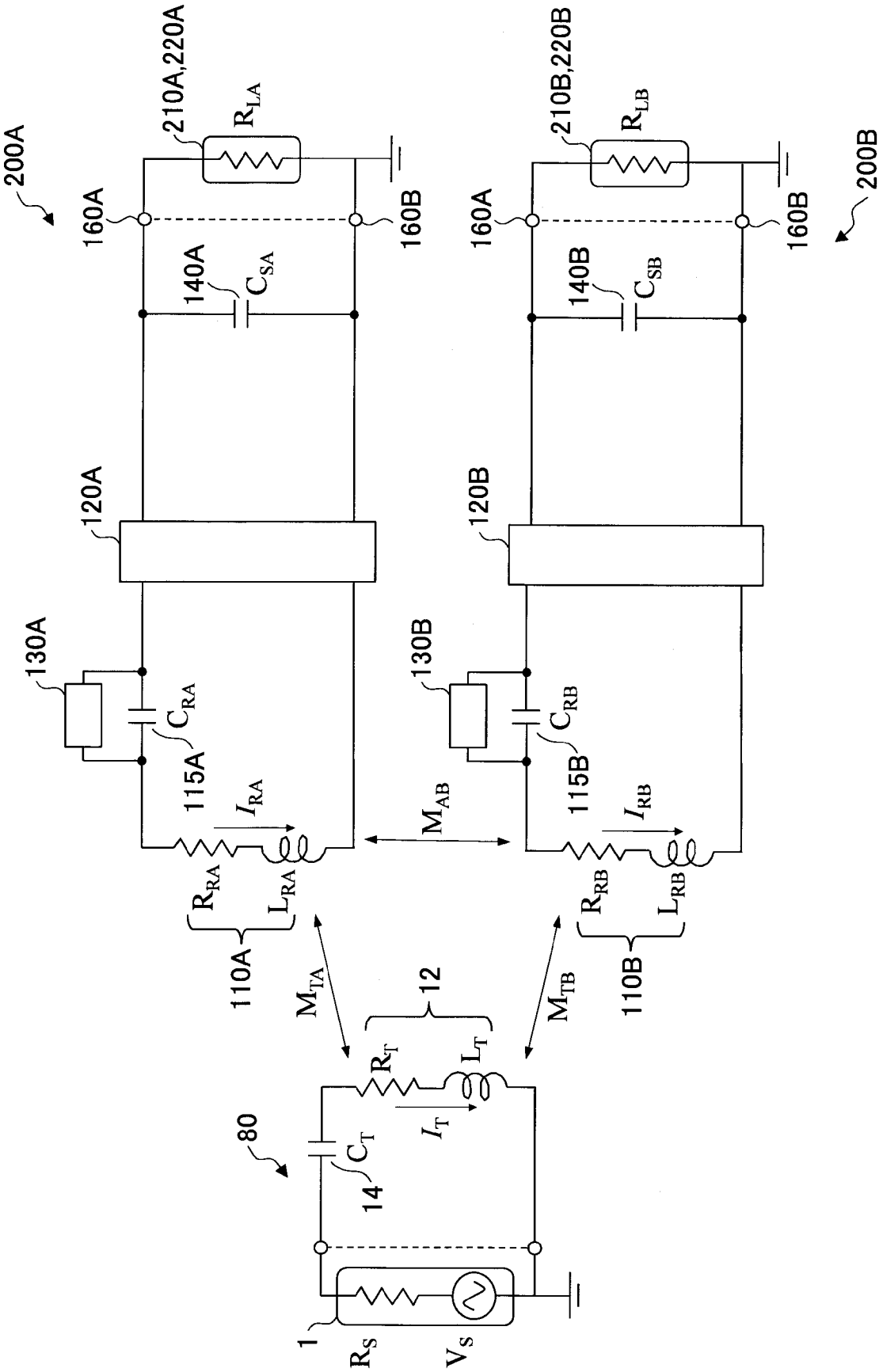
[図10]


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
効率：E
−180
−135
−90
−45
0
45
90
135
180
100A
100B
100A+100B
位相差：θA、θB[deg]

[図11]


受電器 100A
受電器 100B
送電器 10
S1A
受電電力送信
S2A
定格出力送信
S1B
受電電力送信
S2B
定格出力送信
S1
受電電力受信
S2
定格出力受信
S3
受電効率と定格出力から位相差を演算
S4
位相差を送信
S4A
位相差を受信
S5A
位相差を設定
S4B
位相差を受信
S5B
位相差を設定
S6
送電開始

[図12]


200A
210A,220A
R_{LA}
160A
160B
140A
C_{SA}
120A
130A
C_{RA}
115A
I_{RA}
R_{RA}
L_{RA}
110A
M_{AB}
M_{TA}
M_{TB}
12
R_T
L_T
I_T
80
C_T
14
1
R_S
V_S
210B,220B
R_{LB}
200B
140B
C_{SB}
120B
130B
C_{RB}
115B
I_{RB}
R_{RB}
L_{RB}
110B

[図13]

(A)

M_{TB} \ M_{TA}	M_{TA1}	M_{TA2}	M_{TA3}	・・・
M_{TB1}	PD1A	PD2A	PD3A	
M_{TB2}	PD11A	PD12A	PD13A	
・ ・ ・				

(B)

M_{TB} \ M_{TA}	M_{TA1}	M_{TA2}	M_{TA3}	・・・
M_{TB1}	PD1B	PD2B	PD3B	
M_{TB2}	PD11B	PD12B	PD13B	
・ ・ ・				

[図14]

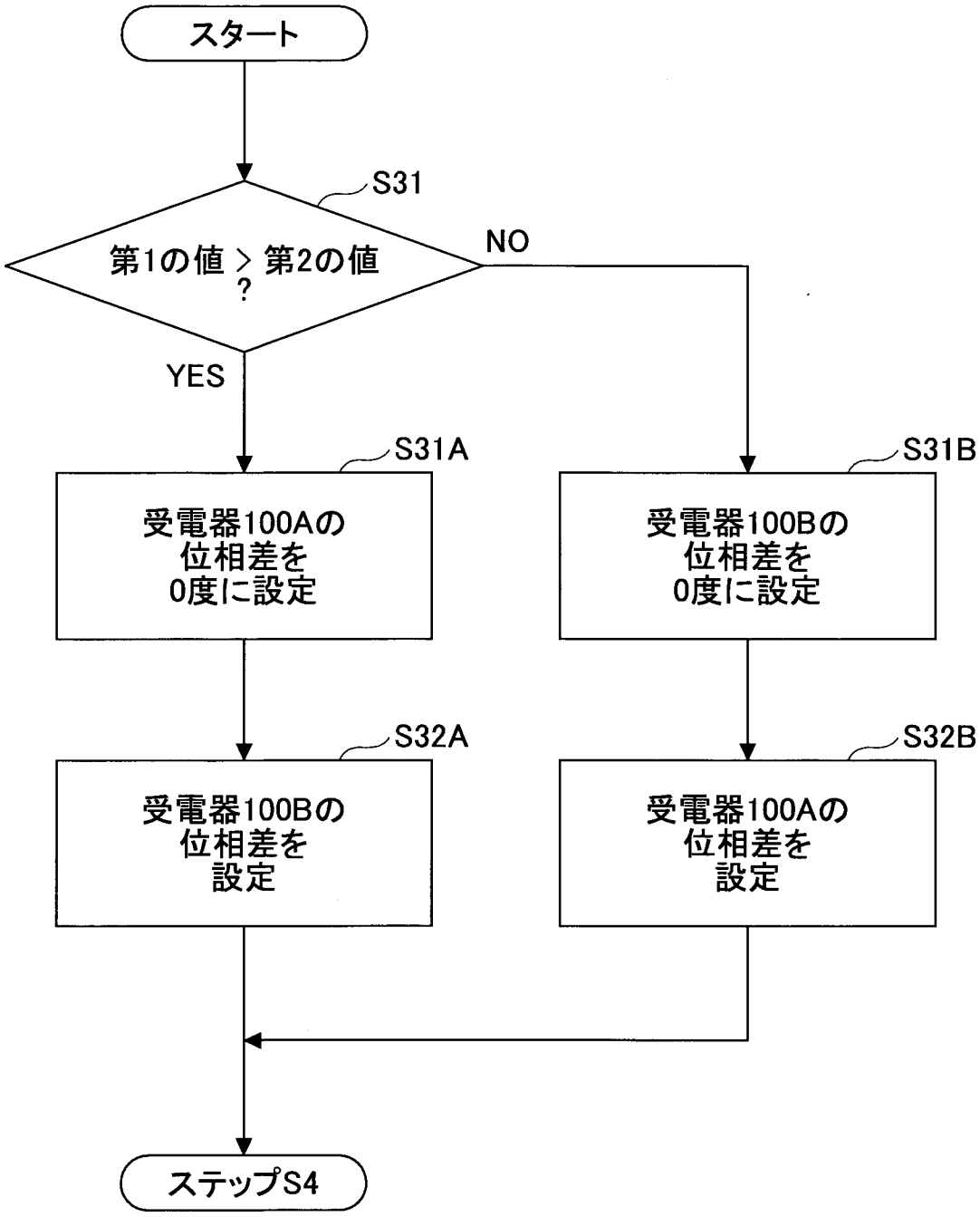
(A)

M_{TA1}	E_{A1}
M_{TA2}	E_{A2}
⋮	⋮

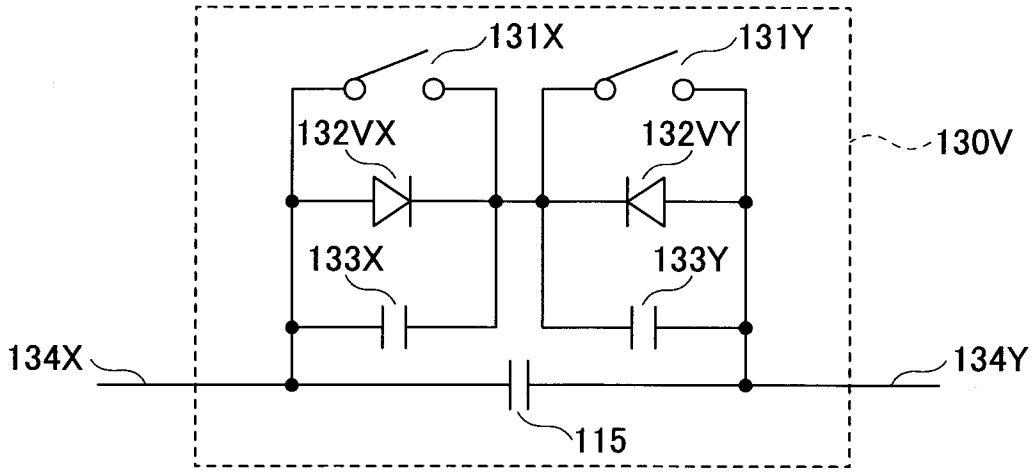
(B)

M_{TB1}	E_{B1}
M_{TB2}	E_{B2}
⋮	⋮

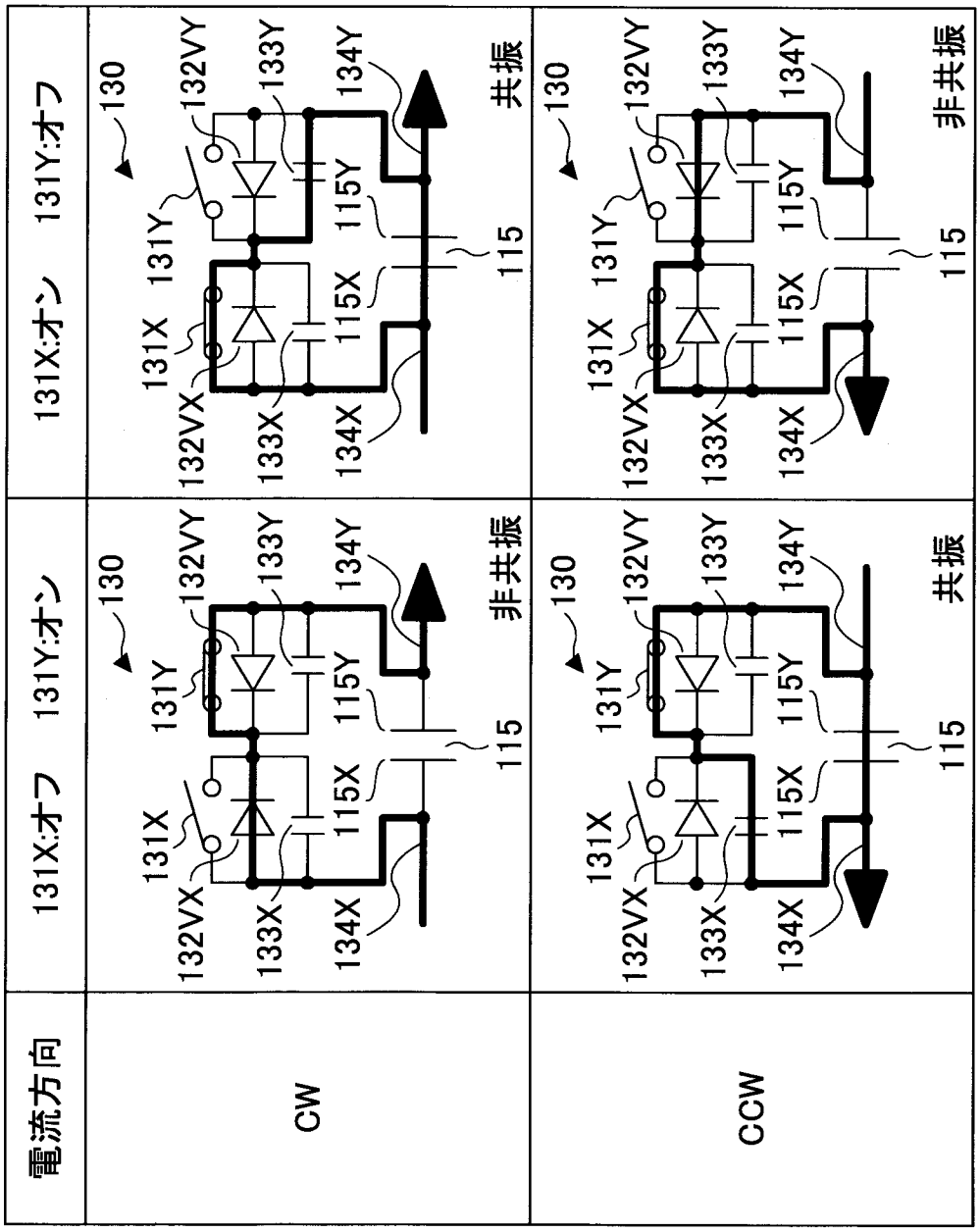
[図15]


スタート
S31
第1の値 > 第2の値
?
NO
YES
S31A
受電器100Aの
位相差を
0度に設定
S31B
受電器100Bの
位相差を
0度に設定
S32A
受電器100Bの
位相差を
設定
S32B
受電器100Aの
位相差を
設定
ステップS4

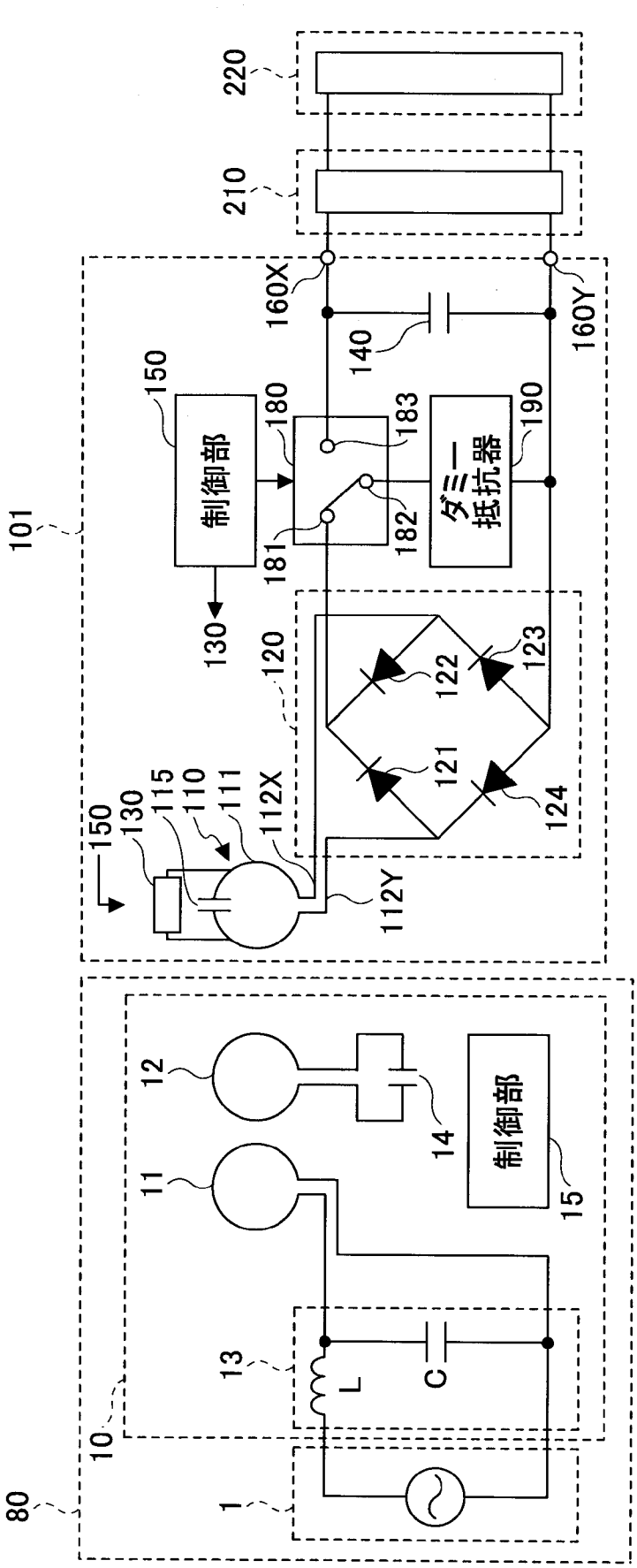
[図16]



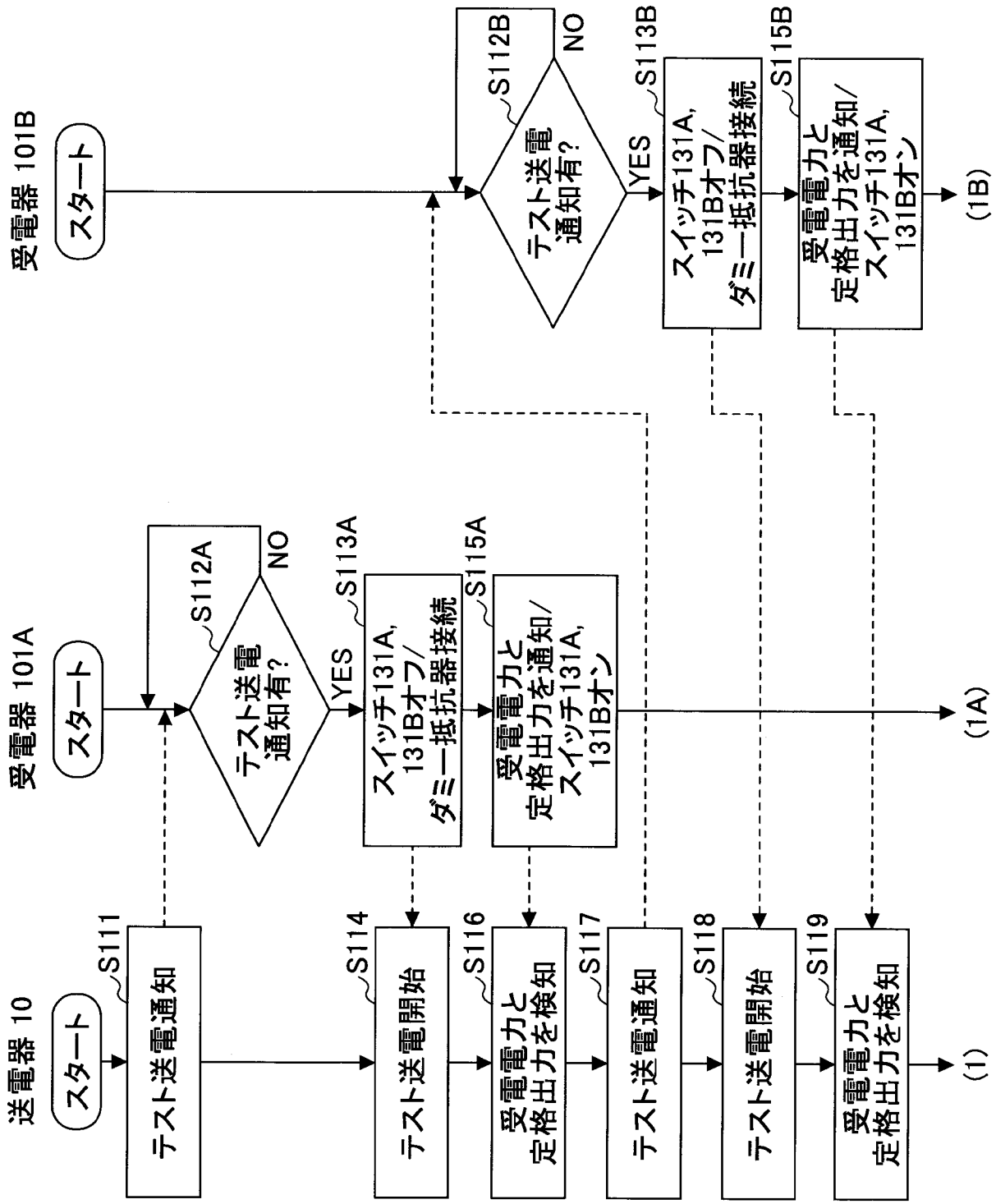
[図17]


電流方向
131X:オフ 131Y:オン
131X:オン 131Y:オフ
CW
CCW
130
131X
131Y
132VX
132VY
133X
133Y
134X
134Y
115
115X
115Y
非共振
共振

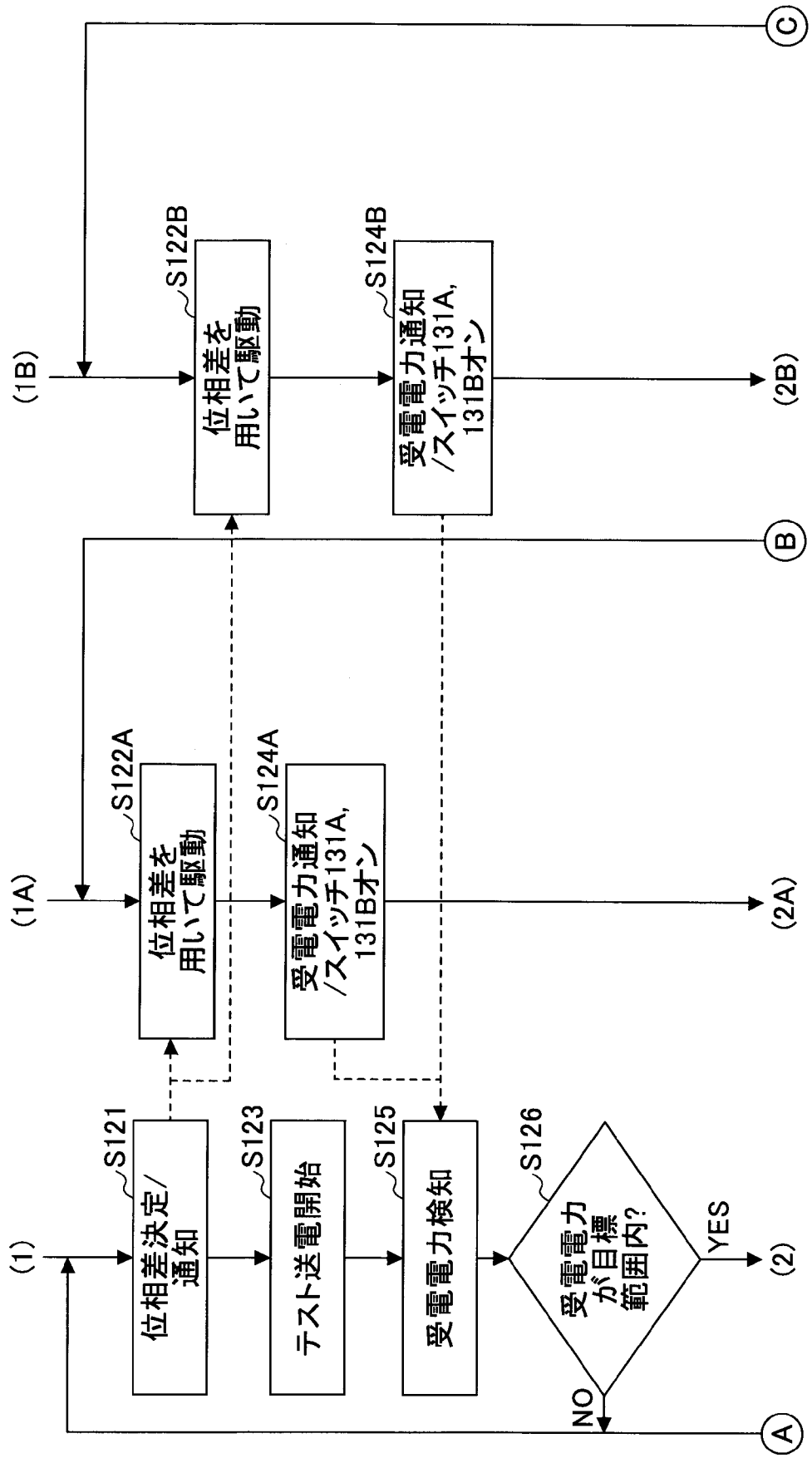
[図18]


220
210
160X
160Y
140
150
制御部
180
183
190
ダミー抵抗器
182
181
101
130
120
122
123
121
124
150
130
115
110
111
112X
112Y
80
10
12
11
14
制御部
15
13
L
C
1

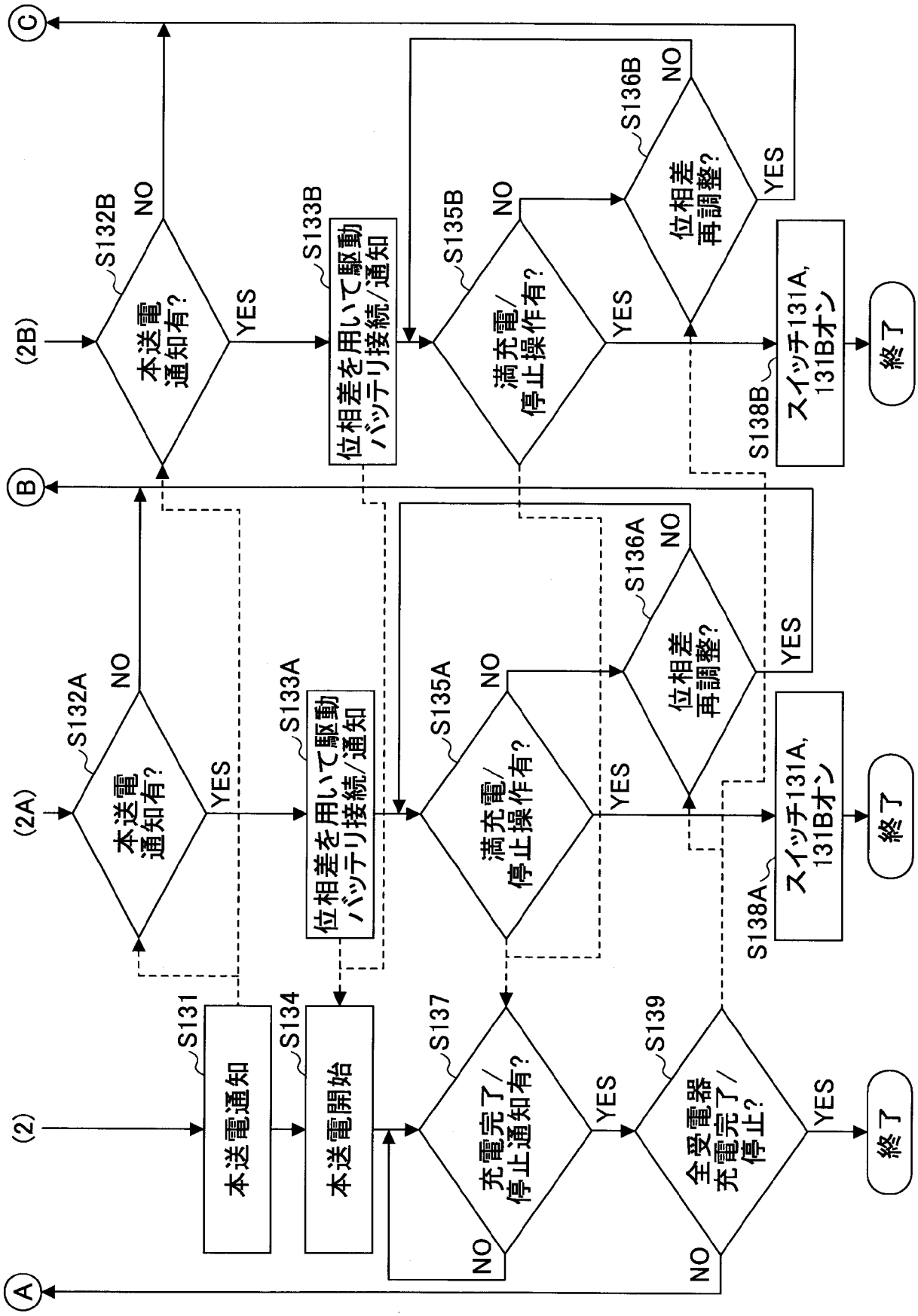
[図19]


送電器 10
スタート
S111
テスト送電通知
S114
テスト送電開始
S116
受電電力と
定格出力を検知
S117
テスト送電通知
S118
テスト送電開始
S119
受電電力と
定格出力を検知
(1)
受電器 101A
スタート
S112A
テスト送電
通知有?
NO
YES
S113A
スイッチ131A,
131Bオフ/
ダミー抵抗器接続
S115A
受電電力と
定格出力を通知/
スイッチ131A,
131Bオン
(1A)
受電器 101B
スタート
S112B
テスト送電
通知有?
NO
YES
S113B
スイッチ131A,
131Bオフ/
ダミー抵抗器接続
S115B
受電電力と
定格出力を通知/
スイッチ131A,
131Bオン
(1B)

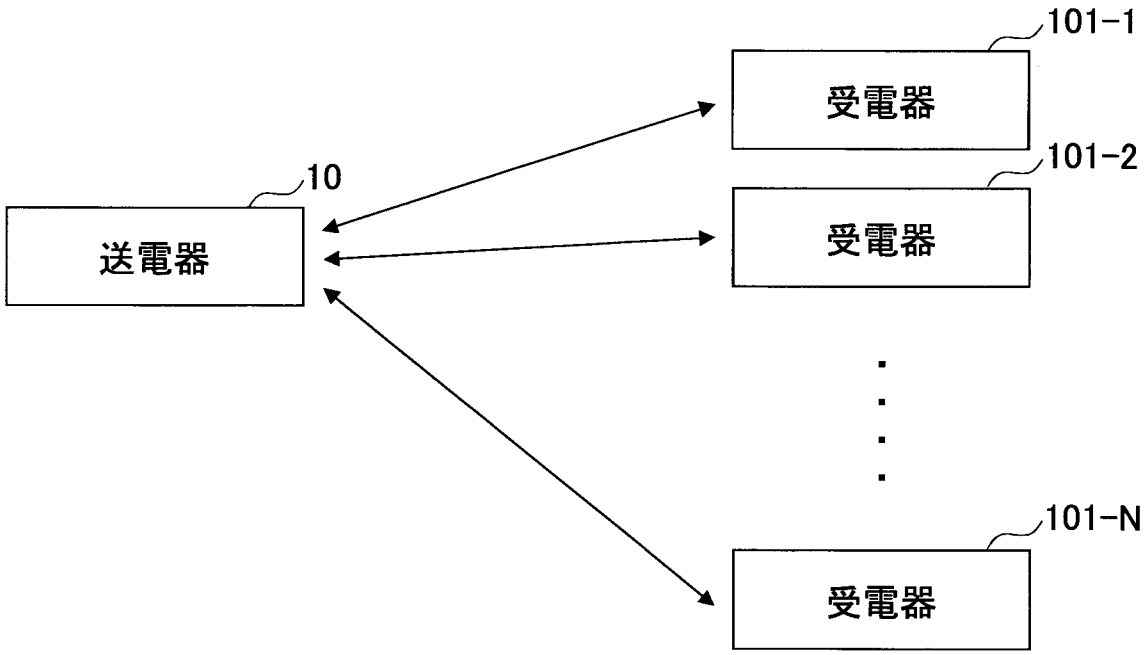
[図20]


(1)
S121
位相差決定/通知
S123
テスト送電開始
S125
受電電力検知
S126
受電電力が目標範囲内?
YES
(2)
NO
A
(1A)
S122A
位相差を用いて駆動
S124A
受電電力通知/スイッチ131A,131Bオン
(2A)
B
(1B)
S122B
位相差を用いて駆動
S124B
受電電力通知/スイッチ131A,131Bオン
(2B)
C

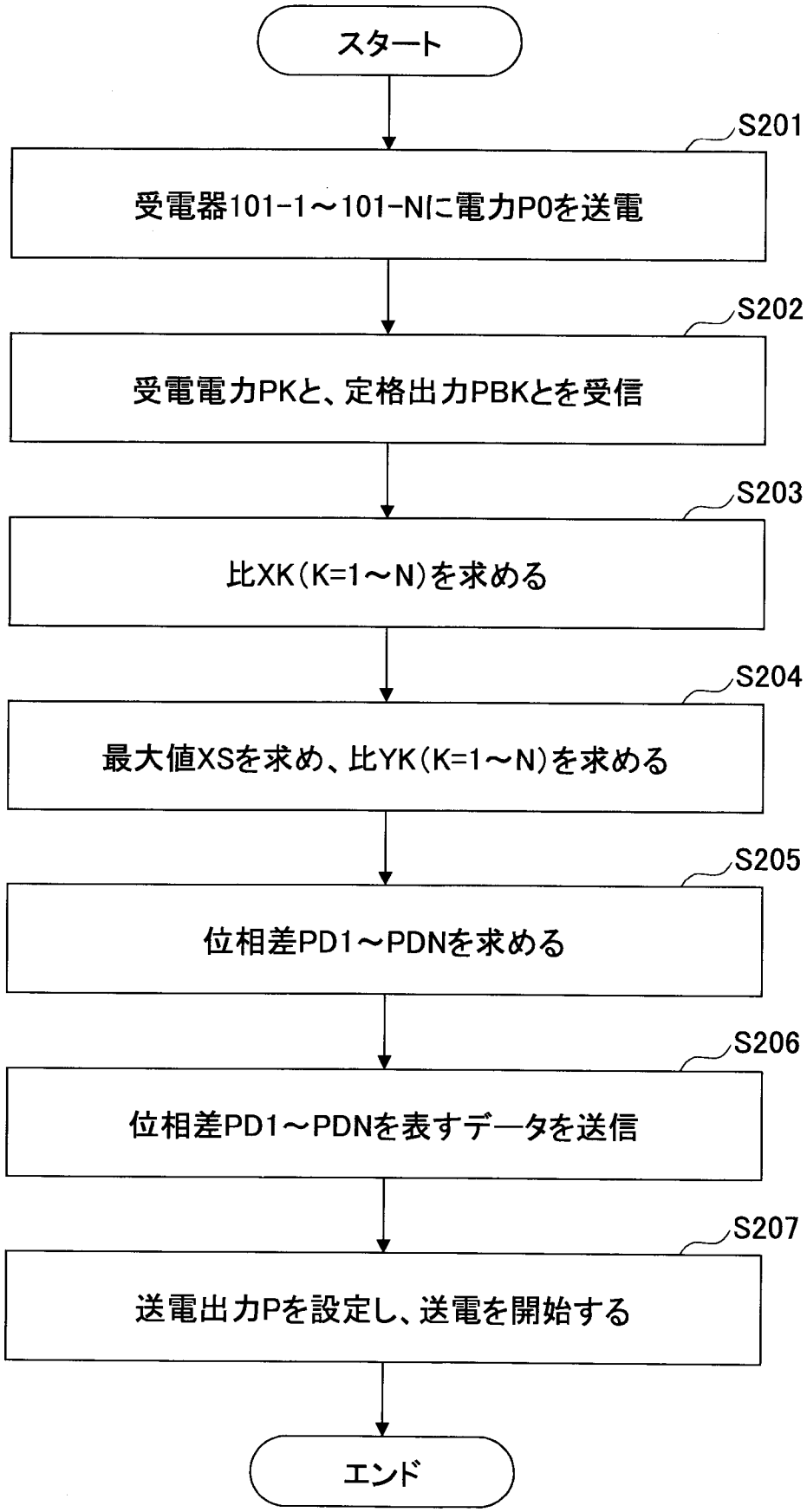
[図21]


(2)
(2A)
(2B)
A
B
C
S131
本送電通知
S134
本送電開始
S137
充電完了/
停止通知有?
NO
YES
S139
全受電器
充電完了/
停止?
NO
YES
終了
S132A
本送電
通知有?
NO
YES
S133A
位相差を用いて駆動
バッテリ接続/通知
S135A
満充電/
停止操作有?
NO
YES
S136A
位相差
再調整?
NO
YES
S138A
スイッチ131A,
131Bオン
終了
S132B
本送電
通知有?
NO
YES
S133B
位相差を用いて駆動
バッテリ接続/通知
S135B
満充電/
停止操作有?
NO
YES
S136B
位相差
再調整?
NO
YES
S138B
スイッチ131A,
131Bオン
終了

[図22]



[図23]


スタート
S201
受電器101-1～101-Nに電力P0を送電
S202
受電電力PKと、定格出力PBKとを受信
S203
比XK(K=1～N)を求める
S204
最大値XSを求め、比YK(K=1～N)を求める
S205
位相差PD1～PDNを求める
S206
位相差PD1～PDNを表すデータを送信
S207
送電出力Pを設定し、送電を開始する
エンド

[図24]

Y1～YNの組み合わせ				PD1～PDNの組み合わせ			
Ya1	Ya2	・・・	YaN	PDa1	PDa2	・・・	PDaN
Yb1	Yb2	・・・	YbN	PDb1	PDb2	・・・	PDbN
		・・・				・・・	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/079471

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-039707 A (Panasonic Corp.), 23 February 2012 (23.02.2012), paragraphs [0028], [0030], [0032]; fig. 1, 5 (Family: none)	1-11
A	JP 2013-504298 A (Qualcomm, Inc.), 04 February 2013 (04.02.2013), paragraph [0078]; fig. 12 & US 2011/0053500 A1 & WO 2011/028956 A2 & CN 102498633 A	1-11
A	JP 2011-239655 A (MERSTech Inc.), 24 November 2011 (24.11.2011), entire text; all drawings & WO 2011/142440 A1	1-11

☐ 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
19 December 2014 (19.12.14)	06 January 2015 (06.01.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０７９４７１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

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（ＩＰＣ））

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2012-039707 A (パナソニック株式会社) 2012.02.23, 段落【0028】, 【0030】, 【0032】, 第１図, 第５図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2013-504298 A (クアルコム, インコーポレイテッド) 2013.02.04, 段落【0078】, 第12図 & US 2011/0053500 A1 & WO 2011/028956 A2 & CN 102498633 A	1-11
A	JP 2011-239655 A (株式会社ＭＥＲＳＴｅｃｈ) 2011.11.24, 全文, 全図 & WO 2011/142440 A1	1-11

☐　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
１９．１２．２０１４	０６．０１．２０１５

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　９７４９
松尾　俊介
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６８