

(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12月8日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/194202 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066225
- (22) 国際出願日: 2015年6月4日(04.06.2015)
- (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: 大島 弘敬 (OSHIMA, Hirotaka); 〒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). 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, Akiy-
oshi); 〒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 M Y P L A Z A (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, 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).

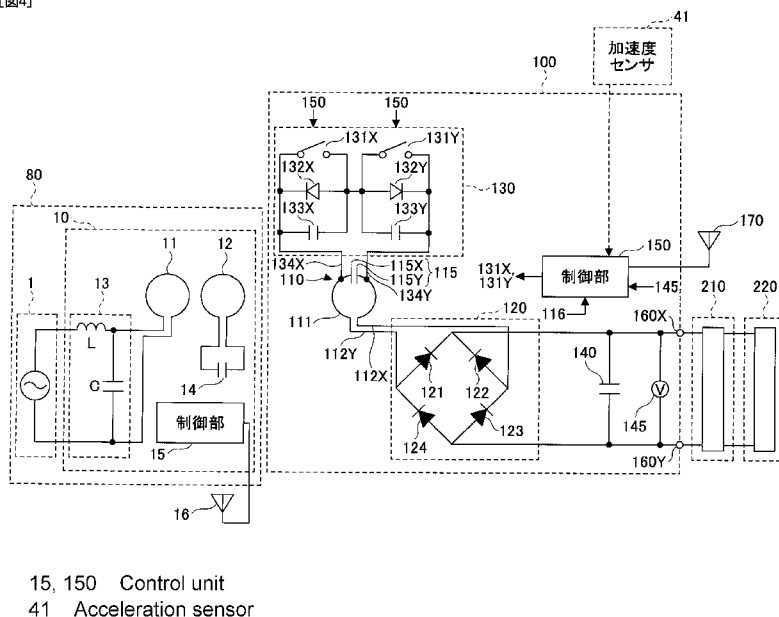
添付公開書類:

— 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
41 Acceleration sensor

(57) Abstract: Provided are a power receiver capable of adjusting receiving power, and a power transmission system. The present invention includes: a secondary-side resonance coil that receives power by means of magnetic field resonance or electric field resonance, which is generated between a primary-side resonance coil and the secondary-side resonance coil; capacitors inserted in series into a resonance coil unit of the secondary-side resonance coil; a series circuit of a first switch and a second switch, which are connected in parallel to the capacitors; a first rectifying element, which is connected in parallel to the first switch, and has the first rectifying direction; a second rectifying element, which is connected in parallel to the second switch, and has the second rectifying direction opposite to the first rectifying direction; a detection unit that detects the power received by the secondary-side resonance coil; and a control unit that adjusts the quantity of power to be received by the secondary-side resonance coil by adjusting the phases of a first signal and a second signal, which are for switching

to turn on and off the first switch and the second switch.

(57) 要約:

[続葉有]



受電電力を調整できる受電器、及び、電力伝送システムを提供する。一次側共振コイルとの間で生じる磁界共鳴又は電界共鳴によって電力を受電する二次側共振コイルと、二次側共振コイルの共振コイル部に直列に挿入されるキャパシタと、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、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、第2スイッチに並列に接続され、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、二次側共振コイルが受電する電力を検出する検出部と、第1スイッチ及び第2スイッチのオン／オフを切り替える第1信号及び第2信号の位相を調整することにより、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。

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 2 0 1 1 - 0 1 9 2 9 1 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、共鳴素子が受電する受電電力の調整を考慮していない。受電電力を調整できれば、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、受電電力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又は電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が受電する電力を検出する検出部と、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] 受電電力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]電力伝送システムを示す図である。

[図2]送電器から電子機器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]送電器から電子機器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 の受電器と送電装置を示す図である。

[図5]制御部の内部構成を示す図である。

[図6]キャパシタ及び調整部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]駆動信号の位相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を用いた送電装置と電子機器を示す図である。

[図10]駆動信号の位相と、受電器の受電電力量との関係を示す図である。

[図11]受電器が受電する電力（受電電力）のうなりを示す図である。

[図12]受電器が受電する電力（受電電力）のうなりを示す図である。

[図13]実施の形態 1 の受電器でうなりの影響を緩和する手法を示す図である。

[図14]実施の形態1の受電器でうなりの影響を緩和する手法を示す図である。

[図15]位相の原点を見つける手法を示す図である。

[図16]送電器と受電器とが位相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17]送電装置と電子機器の等価回路を示す図である。

[図18]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、位相を関連付けたテーブルデータを示す図である。

[図19]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20]実施の形態1の送電器が受電器の位相を設定する方法を示すフローチャートである。

[図21]受電器が実行する処理を示すフローチャートである。

[図22]受電器が実行する処理を示すフローチャートである。

[図23]受電器が実行する処理を示すフローチャートである。

[図24]受電器が実行する処理を示すフローチャートである。

[図25]実施の形態1の変形例の調整部を示す図である。

[図26]キャパシタ及び調整部における電流経路を示す図である。

[図27]実施の形態2の受電器と送電装置を示す図である。

[図28]キャパシタ及び調整部における電流経路を示す図である。

[図29]実施の形態2の変形例の調整部を示す図である。

[図30]実施の形態2の変形例の調整部を示す図である。

[図31]キャパシタ及び調整部における電流経路を示す図である。

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記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 と二次側共振コイル(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 6.78 MHz 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 6.78 MHz 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

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 から非接触の状態と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、 18.75 W になる。 18.75 W は、 $(10\text{ W} + 5\text{ W}) / (40\% + 40\%)$ で求まる。

[0026] ところで、送電器10から 18.75 W 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 15 W 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 7.5 W 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 2.5 W 不足し、電子機器40Bは、電力が 2.5 W 余ることになる。

[0028] すなわち、送電器10から 18.75 W 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] また、受電器１００は、例えば、図２に示す電子機器４０Ａあるいは４０Ｂ、又は、図３に示す電子機器４０Ｂ１又は４０Ｂ２と同様の電子機器に含まれる。電子機器は、加速度センサ４１を内蔵する。

[0048] 送電装置８０は、交流電源１と送電器１０を含む。

- [0049] 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。
- [0050] 受電器 100 は、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、電圧計 145、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ー 220 が接続されている。
- [0051] 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。
- [0052] 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。
- [0053] 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。
- [0054] 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 1 2 のインダクタンスと、キャパシタ 1 4 の静電容量によって決まる。このため、一次側共振コイル 1 2 のインダクタンスと、キャパシタ 1 4 の静電容量は、一次側共振コイル 1 2 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。

[0055] 整合回路 1 3 は、一次側コイル 1 1 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。

[0056] 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。

[0057] キャパシタ 1 4 は、一次側共振コイル 1 2 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 1 4 は、一次側共振コイル 1 2 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 1 5 によって設定される。

[0058] 制御部 1 5 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 1 4 の静電容量の制御等を行う。また、制御部 1 5 は、アンテナ 1 6 を通じて、受電器 1 0 0 とデータ通信を行う。

[0059] 以上のような送電装置 8 0 は、交流電源 1 から一次側コイル 1 1 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 1 2 に送電し、一次側共振コイル 1 2 から磁界共鳴により電力を受電器 1 0 0 の二次側共振コイル 1 1 0 に送電する。

[0060] 次に、受電器 1 0 0 に含まれる二次側共振コイル 1 1 0 について説明する。ここでは、一例として、共振周波数が 6. 7 8 MHz である形態について説明する。

[0061] 二次側共振コイル 1 1 0 は、一次側共振コイル 1 2 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 1 1 0 は、共振コイル部 1 1 1 と、端子 1 1 2 X、1 1 2 Y とを有する。ここで、共振コイル部 1 1 1 は、実体的には二次側共振コイル 1 1 0 そのものであるが

、ここでは、共振コイル部 1 1 1 の両端に端子 1 1 2 X、1 1 2 Y を設けたものを二次側共振コイル 1 1 0 として取り扱う。

[0062] 共振コイル部 1 1 1 には、共振周波数を調整するためのキャパシタ 1 1 5 が直列に挿入されている。また、キャパシタ 1 1 5 には、調整部 1 3 0 が並列に接続されている。また、共振コイル部 1 1 1 の両端には、端子 1 1 2 X、1 1 2 Y が設けられている。端子 1 1 2 X、1 1 2 Y は、整流回路 1 2 0 に接続されている。端子 1 1 2 X、1 1 2 Y は、それぞれ、第 1 端子及び第 2 端子の一例である。

[0063] 二次側共振コイル 1 1 0 は、二次側コイルを介さずに整流回路 1 2 0 に接続されている。二次側共振コイル 1 1 0 は、調整部 1 3 0 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 1 0 の一次側共振コイル 1 2 から磁界共鳴によって送電される交流電力を整流回路 1 2 0 に出力する。

[0064] キャパシタ 1 1 5 は、二次側共振コイル 1 1 0 の共振周波数を調整するために、共振コイル部 1 1 1 に直列に挿入されている。キャパシタ 1 1 5 は、端子 1 1 5 X 及び 1 1 5 Y を有する。キャパシタ 1 1 5 には、調整部 1 3 0 が並列に接続されている。

[0065] 整流回路 1 2 0 は、4 つのダイオード 1 2 1 ~ 1 2 4 を有する。ダイオード 1 2 1 ~ 1 2 4 は、ブリッジ状に接続されており、二次側共振コイル 1 1 0 から入力される電力を全波整流して出力する。

[0066] 調整部 1 3 0 は、二次側共振コイル 1 1 0 の共振コイル部 1 1 1 において、キャパシタ 1 1 5 に並列に接続されている。

[0067] 調整部 1 3 0 は、スイッチ 1 3 1 X、1 3 1 Y、ダイオード 1 3 2 X、1 3 2 Y、キャパシタ 1 3 3 X、1 3 3 Y、及び端子 1 3 4 X、1 3 4 Y を有する。

[0068] スイッチ 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y は、端子 1 3 4 X 及び 1 3 4 Y の間で互いに直列に接続されている。スイッチ 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y 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 1 3 4 X、1 3 4 Y は、それぞれ、キャパシタ 1 1 5 の端子 1 1 5 X、1 1 5 Y 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 132Y 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

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 1 3 3 Y 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 1 3 1 X、ダイオード 1 3 2 X、及びキャパシタ 1 3 3 X は、F E T 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 1 3 1 Y、ダイオード 1 3 2 Y、及びキャパシタ 1 3 3 Y についても同様である。

[0076] スイッチ 1 3 1 X と 1 3 1 Y は、互いに逆位相でオン／オフが切り替えられる。スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンのときには、調整部 1 3 0 内では端子 1 3 4 X からキャパシタ 1 3 3 X 及びスイッチ 1 3 1 Y を経て端子 1 3 4 Y に向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ 1 1 5 には端子 1 1 5 X から端子 1 1 5 Y 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 1 1 0 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 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフのときには、調整部 1 3 0 内では端子 1 3 4 X からスイッチ 1 3 1 X 及びダイオード 1 3 2 Y を経て端子 1 3 4 Y に向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ 1 1 5 に並列であるため、キャパシタ 1 1 5 には電流が流れなくなる。

[0078] 従って、スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンにされていて、二次側共振コイル 1 1 0 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 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y 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 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフのときには、調整部 1 3 0 内では端子 1 3 4 Y からキャパシタ 1 3 3 Y 及びスイッチ 1 3 1 X を経て端子 1 3 4 X に向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ 1 1 5 には端子 1 1 5 Y から端子 1 1 5 X 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witch131X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 160 X 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 160 Y 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ー 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 から位相を表すデータを受信すると、受信した位相を用いて駆動信号を生成して、スイッチ 131 X 及び 131 Y を駆動する。なお、受電電力は、制御部 150 が、電圧計 145 で測定される電圧 V と、バッテリー 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。また、処理部 151 が受電電力 P を求める。

[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、処理部 151、発振器 152、位相シフト回路 153、位相制御部 154、反転回路 155、及び位相原点検出部 156 を有する。

[0092] 処理部 151 は、電圧計 145 で測定される電圧 V と、バッテリー 220 の内部抵抗値 R とに基づいて、受電電力 P を求める。処理部 151 は、受電電力 P に基づいて、位相制御部 154 を介して、位相シフト回路 153 のクロック CLK 1、CLK 2 の位相を調整する。

[0093] また、処理部 151 は、受電電力 P を位相原点検出部 156 に入力し、位相原点検出部 156 に位相の原点を検出させる。

[0094] 発振器 152 は、交流電源 1 が出力する交流電圧の周波数と等しい周波数の正弦波を発振でき、かつ、発振周波数を調整できる発振器であればよい。ここでは、交流電圧の周波数は、6.78 MHz である。発振器 152 が発振する正弦波は、スイッチ 131 X 及び 131 Y を駆動するクロック CLK

1、CLK2として用いられる。

[0095] 発振器152としては、例えば、水晶発振器を用いることができる。また、発振器152としては、水晶振動子の代わりに、例えば、セラミック製の振動子（例えば、ピエゾ素子）を用いて正弦波を発振してもよい。

[0096] また、発振器152の代わりにPLL (Phase Locked Loop)を用いてもよいが、PLLを用いる場合よりも発振器152を用いる場合の方が、安価に受電器100を提供することができる。

[0097] 位相シフト回路153は、発振器152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を表す信号に基づき、発振器152から出力されるクロックの位相を信号が表す位相だけ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。

[0098] 位相制御部154は、送電器10から送信される位相を表す信号が入力されると、位相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。

[0099] 位相制御部154から入力される信号に基づいて、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、他方は反転回路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。

[0100] 反転回路155は、位相シフト回路153から出力される正弦波を反転してクロックCLK2として出力する。反転回路155は、正弦波を反転できる回路であればよく、例えば、オペアンプ等を用いればよい。

[0101] 位相原点検出部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、発振器152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、最大の電力が得られる位相を検出する。このようにして求まる位相は、位相の原点として用いられるものである。なお、位相原点検出部156は、処理部151によって制御される。

- [0102] 電圧計 145 は、出力端子 160 X と 160 Y の間に接続される。電圧計 145 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 145 で測定される電圧 V と、バッテリー 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。
- [0103] DC-DC コンバータ 210 は、出力端子 160 X、160 Y 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ー 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ー 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ー 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ー 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ー 220 の定格電圧まで昇圧する。
- [0104] バッテリー 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、バッテリー 220 は、このような電子機器のメインのバッテリーである。
- [0105] 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 の材質は異なってもよい。
- [0106] 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。

[0107] 磁界共鳴方式によって、一次側共振コイル 1 2 と二次側共振コイル 1 1 0 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。

[0108] 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。

[0109] 次に、図 6 を用いて、駆動信号でスイッチ 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y を駆動したときの電流経路について説明する。

[0110] 図 6 は、キャパシタ 1 1 5 及び調整部 1 3 0 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 1 3 4 X からキャパシタ 1 1 5 又は調整部 1 3 0 の内部を通して端子 1 3 4 Y に流れる電流の向きを時計回り (CW (Clockwise)) と称す。また、端子 1 3 4 Y からキャパシタ 1 1 5 又は調整部 1 3 0 の内部を通して端子 1 3 4 X に流れる電流の向きを反時計回り (CCW (Counterclockwise)) と称す。

[0111] まず、スイッチ 1 3 1 X と 1 3 1 Y がともにオフで電流が時計回り (CW) の場合は、端子 1 3 4 X からキャパシタ 1 3 3 X 及びダイオード 1 3 2 Y を経て端子 1 3 4 Y に向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ 1 1 5 には端子 1 1 5 X から端子 1 1 5 Y に共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル 1 1 0 には時計回りの方向に共振電流が流れる。

[0112] スイッチ 1 3 1 X と 1 3 1 Y がともにオフで電流が反時計回り (CCW) の場合は、端子 1 3 4 Y からキャパシタ 1 3 3 Y 及びダイオード 1 3 2 X を経て端子 1 3 4 X に向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ 1 1 5 には端子 1 1 5 Y から端子 1 1 5 X に共振電流が流れる。従って、二次側共振コイル 1 1 0 には反時計回りの方向に共振電流が流れる。

[0113] スイッチ 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフで、電流が時計回り (CW) の場合は、調整部 1 3 0 内では端子 1 3 4 X からスイッチ 1 3 1 X 及びダイオード 1 3 2 Y を経て端子 1 3 4 Y に向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ 1 1 5 に並列であるため、キャパシタ 1 1 5 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。

[0114] 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。

[0115] 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。

[0116] 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。

[0117] 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。

[0118] 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。

[0119] 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る。また、クロック CLK 1、CLK 2 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 CLK 1 は、スイッチ 131 X の駆動用に用いられ、クロック CLK 2 は、スイッチ 131 Y の駆動用に用いられる。クロック CLK 1 及び CLK 2 は、それぞれ、第1信号及び第2信号の一例であり、スイッチ 131 X、131 Y のスイッチングに用いられる信号である。

[0120] 図7 (A) では、クロック CLK 1、CLK 2 は、交流電圧 V_0 に同期している。すなわち、クロック CLK 1、CLK 2 の周波数は、交流電圧 V_0 の周波数に等しく、クロック CLK 1 の位相は、交流電圧 V_0 の位相に等しい。なお、クロック CLK 2 は、クロック CLK 1 とは180度位相が異なり、逆位相である。

[0121] 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6.78 MHz である。

[0122] 実施の形態1の受電器100は、交流電圧 V_0 とクロック CLK 1、CLK 2 を同期させることは行わずに、受電電力が最大になるときのクロック CLK 1、CLK 2 の位相を基準として、クロック CLK 1、CLK 2 の位相を制御する。ここでは、基準になる位相を位相の原点と称す。位相の原点については後述する。

[0123] 図7 (B) では、クロック CLK 1、CLK 2 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 θ 度を有するクロック CLK 1、CLK 2 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。

[0124] 次に、図8を用いて、駆動信号の位相を調整した場合に、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。

[0125] 図8は、駆動信号の位相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。横軸の位相は、受電電力が最大となる位相を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（ P_{in} ）に対する、受電器100が出力する電力（ P_{out} ）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。

[0126] 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。

[0127] 図8に示すように、位相を0度から増大させて行くと、受電効率が低下する。位相が約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。

[0128] 図9は、実施の形態1の電力伝送システム400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。

[0129] 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。

[0130] 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。

[0131] 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 210A 及び 210B、及び、バッテリー 220A 及び 220B を内蔵する。

[0132] 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。以下では、受電器 100A 及び 100B を特に区別しない場合には、受電器 100 と称す。

[0133] 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、バッテリー 220A 及び 220B は、それぞれ、図 4 に示すバッテリー 220 と同様である。

[0134] 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。

[0135] 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 145 及び出力端子 160X、160Y は省略する。

[0136] 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。

- [0137] 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145及び出力端子160X、160Yは省略する。
- [0138] 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。
- [0139] 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、バッテリー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、バッテリー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。
- [0140] 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ー220A及び220Bを充電することができる。バッテリー220A及び220Bの充電は、同時に行うことが可能である。
- [0141] 電力伝送システム400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400を採用している。

[0142] ここで、バッテリー 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い状態が生じうる。

[0143] 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、バッテリー 220A の定格出力、二次側共振コイル 110B の受電効率、及びバッテリー 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）の位相を設定する。

[0144] 図 10 は、駆動信号の位相と、受電器 100A 及び 100B の受電効率との関係を示す図である。

[0145] 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を受電効率が最大となる位相（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を受電効率が最大となる位相（0 度）から変化させる場合について説明する。

[0146] なお、受電効率が最大になることは、受電電力が最大になることである。このため、受電効率が最大となる位相とは、受電電力が最大になる位相と同義であり、位相の原点を意味する。

[0147] 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（ 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。

[0148] 受電器 100B の調整部 130B を駆動する駆動信号の位相を 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。

[0149] 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。

[0150] 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。

[0151] 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。

[0152] 受電器 100A の調整部 130A を駆動する駆動信号の位相が約 ± 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。

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 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。

- [0156] 同様に、受電器 100A の調整部 130A を駆動する駆動信号の位相を 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。
- [0157] 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。
- [0158] 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。
- [0159] このため、実施の形態 1 では、調整部 130A 及び 130B のどちらの駆動信号の位相を位相の原点から変更するかは、次のように判定する。
- [0160] まず、バッテリー 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、バッテリー 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。
- [0161] 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を 0 度から変化させて適切な位相に設定する。
- [0162] 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。
- [0163] 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。

[0164] 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、位相が0度に固定された状態で、受電電力量が増大する。

[0165] 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を位相の原点（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。

[0166] 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、具体的な位相の設定方法については後述する。

[0167] 図11及び図12は、受電器100が受電する電力（受電電力）のうなりを示す図である。図11及び図12では、横軸は時間軸であり、縦軸は受電電力を表す。図11及び図12では、受電電力がゼロのレベルを0Wと表す。

[0168] 受電器100が受電する電力（受電電力）には、うなりが含まれる。二次側共振コイル110に生じる交流電圧 V_o の周波数と、クロックCLK1、CLK2の周波数との差（周波数差）がない場合には、図11の左側に示すように、うなりは、発生しない。

[0169] しかしながら、周波数差がある場合には、図11の右側に示すように、うなりが発生する。うなりが発生すると、受電電力が周期的に変化し、ほとんどゼロになる期間が発生する。

[0170] 図12の（A）に示すように、周波数差が大きい場合には、うなりの周波数は高くなる。また、周波数差が小さくなって行くと、図12の（B）、（C）、（D）に示すように、うなりの周波数は低くなる。

[0171] そして、図12の（E）に示すように、周波数差がかなり小さくなってても、うなりは発生するため、時間の変化に対して受電電力は一定ではなく、時間経過とともに低下している。

[0172] ここで、一例として、交流電圧 V_0 の周波数が6.78MHzである場合に、交流電圧 V_0 の周波数と、クロックCLK1、CLK2の周波数との周波数差が1mHzであったとする。この場合に、うなりの周期は約30分になる。このため、例えば、受電開始時に交流電圧 V_0 の周波数と、クロックCLK1、CLK2の周波数との周波数差が1mHzであっても、約15分後には受電電力が略ゼロになることになる。

[0173] 交流電圧 V_0 の周波数が6.78MHzである場合に、周波数差をゼロにすることは非常に困難であり、周波数差を1mHzにすることも簡単ではない。

[0174] 実施の形態1では、このような受電電力のうなりが発生している場合において、受電電力を確保する。

[0175] 図13及び図14は、実施の形態1の受電器100でうなりの影響を緩和する手法を示す図である。図13及び図14において、横軸は時間であり、縦軸は受電器100の受電電力を示す。

[0176] 図13に示すように、うなりが発生している場合の受電電力は、 $t=0$ から時間の経過に伴って徐々に減少する。このような場合に、受電電力が $t=0$ のときの P_0 に対して、 $X\%$ 低下したときに、クロックCLK1、CLK2の位相を調整して、受電電力を増大させる。図13では、 $t=t_1$ でクロックCLK1、CLK2の位相を調整して、受電電力を増大させている。

[0177] このとき、受電電力が $X\%$ 低下するまでの経過時間 t_x が、クロックCLK1、CLK2の位相を調整してから受電電力が安定するまでの過渡応答期間 t_p よりも十分に長いことが望ましい。このため、実施の形態1の受電器100では、経過時間 t_x が過渡応答期間 t_p よりも十分に長くなるように、クロックCLK1、CLK2の周波数を調整する。

[0178] このようなクロックCLK1、CLK2の周波数の調整は、電圧計145の検出電圧に基づいて処理部151が算出する受電電力に基づいて発振器152（図5参照）が行う。なお、受電電力 P_0 は、クロックCLK1、CLK2の位相を調整して、受電電力を増大させる際の目標値となる所定の設定

値の一例である。電力 P_0 は、複数の受電器100が送電器10から受電する場合には、複数の受電器100への電力配分を最適化するために、送電器10によって設定される。

[0179] また、うなりが発生している場合には、クロックCLK1、CLK2の位相を調整することによって増大させても再び受電電力は低下するため、クロックCLK1、CLK2の位相を繰り返し調整することによって、図14に示すように、受電電力の低下分を1%以内にするができる。図14では、クロックCLK1、CLK2の位相を調整することによって増大させた受電電力を黒丸(●)で示し、増大する前の受電電力を白丸(○)で示す。

[0180] このようなクロックCLK1、CLK2の位相の調整は、位相シフト回路153(図5参照)が処理部151が算出する受電電力に基づいて行う。増大させた受電電力(●)は、図13に示す電力 P_0 である。

[0181] 図14に示すように受電電力を増大させるために位相を調整する際に、どの程度位相を進めるか、又は、遅延させるかについては、例えば、実験等で位相と受電電力の変化の関係を予め調べた上で設定すればよい。

[0182] ここでは、一例として、受電電力が1%低下する度にクロックCLK1、CLK2の位相を調整する形態について説明するが、用途等に応じてX%の値を適宜設定すればよい。

[0183] 図15は、位相の原点を見つける手法を示す図である。

[0184] 実施の形態1の受電器100では、クロックCLK1、CLK2の位相を360度スキャンすることによって、受電電力の最大値 P_{MAX} を与える位相 θ_0 を求める。この位相 θ_0 を位相の原点として用いる。クロックCLK1、CLK2の位相のスキャンは、制御部150の処理部151が位相原点検出部156に位相シフト回路153を制御させて、位相シフト回路153がクロックCLK1、CLK2の位相をシフトさせることによって実行すればよい。

[0185] 次に、図16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。

- [0186] 図16は、送電器10と受電器100A及び100Bとが位相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。
- [0187] 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）。
- [0188] 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。
- [0189] 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。
- [0190] 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。
- [0191] 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。
- [0192] 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。

[0193] 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）。

[0194] 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。

[0195] 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 又は 100B のいずれか一方の駆動信号の位相を調整する（ステップ S3）。いずれか他方の駆動信号の位相は調整しない。

[0196] 次に、送電器 10 は、位相を調整する指令を受電器 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、位相を調整する指令を受信する（ステップ S4A 及び S4B）。

[0197] 位相を調整する指令は、電力の分配比を変更するために位相を調整する第 1 指令と、図 14 に示すように、うなりに対する位相の調整を行うかどうかという第 2 指令との 2 種類の指令を含む。

[0198] ここで、送電器 10 の制御部 15 は、アンテナ 16 を介して位相を調整する指令を受電器 100A 及び 100B に送信するように設定されている。ここで、一例として、受電器 100A の受電量を減らすために受電器 100A

の駆動信号の位相を調整する場合には、受電器 100B に送信される第 1 指令は、位相を 0 度（位相の原点）に調整する指令になる。すなわち、位相を調整しない指令になる。

[0199] また、位相を調整する指令のうちの第 2 指令については、受電器 100A 及び 100B のそれぞれでうなりに対する位相の調整を行うかどうかで指令の内容を設定すればよい。

[0200] 受電器 100A 及び 100B の制御部 150A 及び 150B は、位相を調整する指令を駆動信号に設定する（ステップ S5A 及び S5B）。ここで、一例として、受電器 100A の駆動信号の位相を調整する場合には、受電器 100B の制御部 150B は、位相を調整しないことになる。

[0201] 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、駆動信号への位相を調整する指令の設定を制御部 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。

[0202] ここで、図 17 及び図 18 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。

[0203] 図 17 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 17 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 145A 及び 145B を含む。

[0204] 図 17 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 とバッテリー 220A は、抵抗器 R_{LA} である。

[0205] 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 14

0 Bはキャパシタ C_{SB} であり、DC-DCコンバータ210 Bとバッテリー220 Bは、抵抗器 R_{LB} である。

[0206] また、送電装置80の一次側共振コイル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。

[0207] 送電装置80と電子機器200 Aとの相互インダクタンスを M_{TA} 、送電装置80と電子機器200 Bとの相互インダクタンスを M_{TB} 、電子機器200 Aと200 Bとの相互インダクタンスを M_{AB} とする。

[0208] ここで、相互インダクタンス M_{TA} と相互インダクタンス M_{TB} を比べると、相互インダクタンス 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 M_{TA} と相互インダクタンス M_{TB} について検討する。

[0209] 相互インダクタンス M_{TA} は、送電装置80と、電子機器200 Aの受電器100 A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100 A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200 Bの受電器100 Bとの受電効率によって決まる。

[0210] 受電器100 Aの受電効率は、受電器100 Bをオフにした状態で、送電器10から受電器100 Aに電力を送電し、受電器100 A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100 Bの受電効率は、受電器100 Aをオフにした状態で、送電器10から受電器100 Bに電力を送電し、受電器100 B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。

[0211] 従って、受電器100 Aと100 B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。

[0212] 実施の形態1では、受電器100 A及び100 Bの二次側共振コイル110 A及び110 Bの受電効率の比率を変えるために、調整部130 A又は130 Bを駆動する駆動信号の位相を変化させる。

[0213] 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、駆動信号の位相を調整する。

[0214] 図18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、位相を関連付けたテーブルデータを示す図である。

[0215] 図18の(A)は、調整部130Bを駆動する駆動信号の位相を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を調整するためのテーブルデータである。

[0216] 相互インダクタンス M_{TA1} 、 M_{TA2} 、 M_{TA3} ・・・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_{TB1} 、 M_{TB2} 、 M_{TB3} ・・・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 $PH1A$ 、 $PH2A$ 、 $PH3A$ 、・・・、 $PH11A$ 、 $PH12A$ 、 $PH13A$ 、・・・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の値をとる。

[0217] 図18の(B)は、調整部130Aを駆動する駆動信号の位相を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を調整するためのテーブルデータである。

[0218] 相互インダクタンス M_{TA1} 、 M_{TA2} 、 M_{TA3} ・・・と、相互インダクタンス M_{TB1} 、 M_{TB2} 、 M_{TB3} ・・・は、図18の(A)と同様である。位相 $PH1B$ 、 $PH2B$ 、 $PH3B$ 、・・・、 $PH11B$ 、 $PH12B$ 、 $PH13B$ 、・・・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の値をとる。

[0219] 図18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 M_{TA} と M_{TB} を計測しつつ、位相の最適化を図ることによって作成することができる。

[0220] 図19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19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19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。

[0221] 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100A、100Bとの受電効率 E_A 、 E_B によって決まる。

[0222] 図19の(A)では、相互インダクタンス M_{TA1} 、 M_{TA2} 、・・・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19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。

[0223] 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19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。

[0224] 次に、図20を用いて、位相の設定方法について説明する。

[0225] 図20は、実施の形態1の送電器10が受電器100A又は100Bの位相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16のステップS3の処理内容の詳細を示すものである。

[0226] 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20に示す処理を開始する。

[0227] 制御部15は、バッテリー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、バッテリー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な否かを判定する(ステップS31)。

[0228] 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を 0 度に設定する（ステップ S 31A）。位相を 0 度に設定するとは、位相の原点に設定することをいう。

[0229] なお、位相の原点は、位相シフト回路 153 で駆動信号の位相を変化させて、電圧計 145 の検出電圧に基づいて処理部 151 が算出する受電電力を検出することにより、図 15 に示す受電電力の最大値 P_{MAX} を与える位相 θ_0 を求めればよい。

[0230] 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を設定する（ステップ S 32A）。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を求める。

[0231] ステップ S 32A の処理が終了すると、制御部 15 はフローをステップ S 4（図 11 参照）に進行する。

[0232] また、制御部 15 は、第 1 の値が第 2 の値よりも小さい（S 31 : 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を 0 度に設定する（ステップ S 31B）。位相を 0 度に設定するとは、位相の原点に設定することをいう。

[0233] 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を設定する（ステップ S 32B）。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

る駆動信号の位相を求める。

[0234] ステップS 3 2 Bの処理が終了すると、制御部 1 5はフローをステップS 4（図 1 1 参照）に進行する。

[0235] 以上のようにして、制御部 1 5は、受電器 1 0 0 A、1 0 0 Bの調整部 1 3 0 A、1 3 0 Bを駆動する駆動信号の位相を設定する。

[0236] 図 2 1 乃至図 2 4 は、制御部 1 5 0 が実行する処理を示すフローチャートである。

[0237] ここでは、クロック C L K 1、C L K 2をスイッチ 1 3 1 X、1 3 1 Yのスイッチングを行うスイッチング信号と称す。

[0238] 制御部 1 5 0は、スイッチング信号の位相制御が必要であるかどうかを判定する（ステップS 3 0 0）。スイッチング信号の位相制御が必要であるかどうかは、送電器 1 0から受信する位相を調整する指令に含まれる第 1 指令と第 2 指令の内容によって決まる。

[0239] 第 1 指令が、電力の分配比を変更するために位相を調整することを表す場合は、スイッチング信号の位相制御が必要な場合である。また、第 2 指令がうなりに対する位相の調整を行うことを表す場合は、スイッチング信号の位相制御が必要な場合である。

[0240] スwitchング信号の位相制御が必要ではない場合は、第 1 指令が、電力の分配比を変更するための位相の調整を行わないことを表し、かつ、第 2 指令がうなりに対する位相の調整を行わないことを表す場合である。

[0241] 制御部 1 5 0は、スイッチング信号の位相制御が必要である（S 3 0 0 : Y E S）と判定すると、スイッチング信号の周波数を調整する（ステップS 3 1 0）。ステップS 3 1 0の詳細は、図 2 2を用いて後述するが、ステップS 3 1 0では、制御部 1 5 0は、経過時間 t_x が過渡応答期間 t_p よりも十分に長くなるように、クロック C L K 1、C L K 2の周波数を調整する。

[0242] 制御部 1 5 0は、位相の原点を求める（ステップS 3 2 0）。ステップS 3 2 0の詳細は、図 2 3を用いて後述するが、ステップS 3 2 0では、制御部 1 5 0は、図 1 5を用いて説明したように、位相の原点を求める。

- [0243] 制御部150は、受電器100（自己）が移動しているかどうかを判定する（ステップS330）。受電器100（自己）が移動しているかどうかは、例えば、制御部150を含む電子機器が内蔵する加速度センサ41（図4参照）の検出値に基づいて判定すればよい。
- [0244] ステップS330で受電器100（自己）が移動しているかどうかを判定するのは、受電電力の低下が、制御部150が送電器10から離れていることが原因なのか、受電電力のうなりによる低下であるのかを切り分けて処理を行うためである。
- [0245] 制御部150は、受電器100（自己）が移動していない（S330：N）と判定すると、スイッチング信号の位相を制御する（ステップS340）。ステップS340の詳細は、図24を用いて後述するが、ステップS340では、制御部150は、スイッチング信号の位相を制御することにより、うなりによって低下している受電電力を増大させる。
- [0246] 制御部150は、受電状態が継続しているかどうかを判定する（ステップS350）。ステップS350では、受電器100（自己）が受電しているかどうかで判定すればよい。
- [0247] 制御部150は、受電状態が継続している（S350：YES）と判定すると、フローをステップS340にリターンする。この結果、制御部150は、スイッチング信号の位相を制御することにより、うなりによって低下している受電電力を増大させる。
- [0248] また、制御部150は、受電状態が継続していない（S350：NO）と判定すると、一連の処理を終了する（エンド）。
- [0249] 制御部150は、受電器100（自己）が移動している（S330：YES）と判定すると、受電電力が減少しているかどうかを判定する（ステップS351）。
- [0250] 制御部150は、受電電力が減少している（S351：YES）と判定すると、スイッチング信号の位相は最大値 θ_{MAX} であるかどうかを判定する（ステップS352）。受電電力が減少しているかどうかは、電圧計145の検

出電圧に基づいて処理部 151 が算出する受電電力が減少しているかどうかで判定すればよい。

[0251] 最大値 θ_{MAX} とは、スイッチング信号の位相の調整幅の最大値である。すなわち、ステップ S 352 は、スイッチング信号の位相をさらに調整できるかどうかを判定するステップである。最大値 θ_{MAX} は、360 度である。

[0252] ステップ S 352 に辿り着く場合は、受電電力が減少していて、これ以上、スイッチング信号の位相を調整する余裕がない状態である。このような場合には、送電器 10 の送電電力を増大させる。

[0253] 制御部 150 は、スイッチング信号の位相が最大値 θ_{MAX} である (S 352 : YES) と判定すると、送電電力を増大させる指令を送電器 10 に送信する (ステップ S 353)。制御部 150 は、送電電力を増大させる指令を無線通信で送電器 10 に送信する。この処理は処理部 151 が実行する。

[0254] 制御部 150 は、受電状態が継続しているかどうかを判定する (ステップ S 354)。ステップ S 354 では、受電器 100 (自己) が受電しているかどうかで判定すればよい。

[0255] 制御部 150 は、受電状態が継続していない (S 354 : NO) と判定すると、一連の処理を終了する (エンド)。

[0256] 制御部 150 は、受電状態が継続している (S 354 : YES) と判定すると、スイッチング信号の位相制御を継続するかどうかを判定する (ステップ S 358)。位相制御を継続するかどうかは、送電器 10 から受信する位相を調整する指令に含まれる第 1 指令と第 2 指令の内容によって決まる。

[0257] また、制御部 150 は、ステップ S 351 において、受電電力が減少していない (S 351 : NO) と判定すると、スイッチング信号の位相を調整して受電電力を減少させる (ステップ S 355)。受電器 100 (自己) が移動して受電電力が増大している場合は、受電器 100 (自己) が送電器 10 に近づいている場合であるため、受電量を減らすこととしたものである。

[0258] 制御部 150 は、ステップ S 351 の処理を終えると、フローをステップ S 300 にリターンする。

- [0259] また、制御部 150 は、ステップ S 352 において、スイッチング信号の位相が最大値 θ_{MAX} ではない (S 352 : NO) と判定すると、スイッチング信号の位相を調整して受電電力を増大させる (ステップ S 356)。受電器 100 (自己) が移動して受電電力が減少している場合は、受電器 100 (自己) が送電器 10 から遠ざかっている場合であるため、受電量を増大することとしたものである。
- [0260] 制御部 150 は、ステップ S 356 の処理を終えると、設定した受電電力 (設定受電電力) に到達しているかどうかを判定する (ステップ S 357)。設定した受電電力とは、第 1 指令によって決まる電力である。ステップ S 357 の処理は、電圧計 145 の検出電圧に基づいて処理部 151 が算出する受電電力が第 1 指令によって決まる電力に達成したかどうかを処理部 151 が判定することによって行われる。
- [0261] 制御部 150 は、設定した受電電力に到達している (S 357 : YES) と判定すると、フローをステップ S 300 にリターンする。
- [0262] また、制御部 150 は、設定した受電電力に到達していない (S 357 : NO) と判定すると、フローをステップ S 353 に進行させる。
- [0263] また、制御部 150 は、スイッチング信号の位相制御が必要ではない (S 300 : NO) と判定すると、位相を 0 度 (位相の原点) に調整する (ステップ S 359)。ステップ S 359 の処理が終了すると、一連の処理が終了する (エンド)。
- [0264] 以上で、図 21 に示すフローが終了する。
- [0265] 次に、図 22 に示すフローチャートについて説明する。
- [0266] 制御部 150 は、テスト受電を開始する (ステップ S 311)。テスト受電は、予め設定した所定電力を送電器 10 に送電させて、受電状態をテストするものである。ここでは、受電電力にうなりがあるかどうかを判定できればよいので、予め設定した所定電力は、非常に少ない電力でよい。
- [0267] 制御部 150 は、受電電力のうなりが所定レベル以下であるかどうかを判定する (ステップ S 312)。所定レベル以下であるかどうかは、例えば、

時間変化に対するうなりの減少度合が所定値以下であって十分に小さく、うなりの周波数が十分に低いかどうかで判定すればよい。

- [0268] 制御部150は、受電電力のうなりが所定レベル以下である（S312：YES）と判定すると、スイッチング信号の周波数を調整する（ステップS313）。ステップS313では、制御部150は、経過時間 t_x が過渡応答期間 t_p よりも十分に長くなるように、クロックCLK1、CLK2の周波数を調整する。
- [0269] 制御部150は、ステップS313の処理を終えると、フローをステップS312にリターンする。
- [0270] 制御部150は、受電電力のうなりが所定レベル以下ではない（S312：NO）と判定すると、スイッチング信号の周波数をそのときの値に設定する（ステップS314）。
- [0271] 以上で、スイッチング信号の周波数を調整するステップS310が完了する（エンド）。
- [0272] 次に、図23に示すフローチャートについて説明する。
- [0273] 制御部150は、テスト受電を開始する（ステップS321）。テスト受電は、予め設定した所定電力を送電器10に送電させて、受電状態をテストするものである。ここでは、受電電力にうなりがあるかどうかを判定できればよいため、予め設定した所定電力は、非常に少ない電力でよい。
- [0274] 制御部150は、スイッチング信号の位相をスキャンして受電電力を測定する（ステップS322）。スイッチング信号の位相をスキャンするには、位相シフト回路153でスイッチング信号の位相をシフトすればよく、360度シフトさせながら、電圧計145の検出電圧に基づいて処理部151が受電電力を測定すればよい。これにより、図15に示すような特性が求められる。
- [0275] 制御部150は、ステップS322で得た特性から、受電電力が最大値になる位相を位相の原点として求める（ステップS323）。
- [0276] 制御部150は、ステップS323で得た位相の原点をスイッチング信号

に設定する（ステップS 3 2 3）。具体的には、位相制御部 1 5 4 が位相の原点を表す値を保持し、位相シフト回路 1 5 3 に設定すればよい。

[0277] 以上で、位相の原点を求めるステップS 3 2 0の処理が完了する（エンド）。

[0278] 次に、図 2 4 に示すフローチャートについて説明する。

[0279] 制御部 1 5 0 は、本送電が開始したかどうかを判定する（ステップS 3 3 1）。本送電が開始したかどうかは、例えば、送電器 1 0 から本送電を開始することを表す通知信号を受信したかどうかで判定すればよい。

[0280] 制御部 1 5 0 は、処理部 1 5 1 が算出する受電電力 P と設定受電電力 P_s との誤差 ΔP を検出する（ステップS 3 4 2）。設定受電電力 P_s とは、ステップS 3 5 7 の設定受電電力と同一である。誤差 ΔP は、設定受電電力 P_s から受電電力 P を減算することによって得られる。

[0281] 制御部 1 5 0 は、誤差 ΔP が閾値以上であるかどうかを判定する（ステップS 3 4 3）。

[0282] 制御部 1 5 0 は、誤差 ΔP が閾値以上である（S 3 4 3 : YES）と判定すると、スイッチング信号の位相を調整する（ステップS 3 4 4）。

[0283] 制御部 1 5 0 は、調整前の動作状態における位相が図 8 の横軸に示す位相が正の領域にある場合には、受電電力を増大させるために位相を小さくすればよい。例えば、調整前の位相が 3 0 度である場合には、3 0 度よりも 0 度に近づけて、位相を小さくすればよい。

[0284] 制御部 1 5 0 は、調整前の動作状態における位相が図 8 の横軸に示す位相が負の領域にある場合には、受電電力を増大させるために位相を大きくすればよい。例えば、調整前の位相が - 3 0 度である場合には、- 3 0 度よりも 0 度に近づけて、位相を大きくすればよい。

[0285] 制御部 1 5 0 は、誤差 ΔP が閾値以上ではない（S 3 4 3 : NO）と判定すると、送電終了であるかどうかを判定する（ステップS 3 4 5）。送電終了であるかどうかは、例えば、受電器 1 0 0 が送電器 1 0 から送電終了であることを表す信号を受信したかどうかで判断すればよい。

[0286] 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。

[0287] 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を位相の原点から変化させる。

[0288] 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。

[0289] 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。

[0290] 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４００を提供することができる。

[0291] また、実施の形態１によれば、受電電力が $X\%$ 低下するまでの経過時間 t_x が、クロックCLK１、CLK２の位相を調整してから受電電力が安定するまでの過渡応答期間 t_p よりも十分に長くなるようにクロックCLK１、CLK２の周波数を調整する。

[0292] このため、うなりの周期による受電電力の変化を緩和することができ、受電電力の急激な変化を抑制することができる。

[0293] また、実施の形態１によれば、受電電力のうなりによって誤差 ΔP が大きくなると、クロックCLK１、CLK２（スイッチング信号）の位相を調整して受電電力を増大させる。このため、うなりによる受電電力の低下を抑制することができ、効率的に受電することができる。

[0294] また、以上では、位相の原点を求めて、位相の原点からクロックCLK１、CLK２（スイッチング信号）の位相を変化させる形態について説明した

。しかしながら、位相の原点を求めずに、クロックCLK 1、CLK 2（スイッチング信号）の位相を変化させてもよい。この場合には、図18及び図19に示すデータを用いる必要はない。

[0295] 位相の原点を求めずに、クロックCLK 1、CLK 2（スイッチング信号）の位相を変化させる場合は、例えば、実験等で、位相と受電電力の関係を予め調べた上で設定すればよい。また、位相を進めるか遅延させるかについても、位相と受電電力の関係を予め調べた上で設定すればよい。

[0296] 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。

[0297] 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を低減するようにすればよい。

[0298] 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ーを内蔵する電子機器であってもよい。

[0299] 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を調整する形態について説明した。

[0300] 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ー220の定格出力を表すデータを格納しておく必要はない。

- [0301] 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を検出する必要はない。
- [0302] また、以上では、受電器１００Ａ及び１００Ｂがバッテリー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、バッテリー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がバッテリー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、位相を設定すればよい。
- [0303] 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。
- [0304] 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）に位相を調整させるようにしてもよい。この場合に、位相を調整するために必要なデータは、制御部（１５０

A又は150B)が内部メモリに格納すればよい。

[0305] 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25は、実施の形態1の変形例の調整部130Vを示す図である。

[0306] 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。

[0307] 図26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26では、端子134Xからキャパシタ115又は調整部130Vの内部を通して端子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の内部を通して端子134Xに流れる電流の向きを反時計回り(CCW(Counterclockwise))と称す。

[0308] 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。

[0309] 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。

[0310] 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。

[0311] 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。

[0312] <実施の形態 2>

図 27 は、実施の形態 2 の受電器 500 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。以下では、実施の形態 1 の構成要素と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。

[0313] 送電装置 80 は、交流電源 1 と送電器 10 を含む。

[0314] 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。

[0315] 受電器 500 は、二次側共振コイル 110、キャパシタ 115、整流回路 120、調整部 530、平滑キャパシタ 140、制御部 150、電圧計 160V、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ー 220 が接続されている。

[0316] まず、送電器 10 について説明する。図 27 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 1 2 と電磁界結合される。一次側コイル 1 1 は、自己の中心軸が一次側共振コイル 1 2 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 1 1 と一次側共振コイル 1 2 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 1 1 及び一次側共振コイル 1 2 の周囲に発生することを抑制するためである。

[0317] 一次側コイル 1 1 は、交流電源 1 から整合回路 1 3 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 1 2 に送電する。

[0318] 図 2 7 に示すように、一次側共振コイル 1 2 は、一次側コイル 1 1 と非接触で近接して配置されて一次側コイル 1 1 と電磁界結合されている。また、一次側共振コイル 1 2 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 1 2 の共振周波数は、二次側共振コイル 1 1 0 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 1 2 の両端の間に、共振周波数を調整するためのキャパシタ 1 4 が直列に接続される。

[0319] 一次側共振コイル 1 2 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 1 2 の共振周波数は、一次側共振コイル 1 2 のインダクタンスと、キャパシタ 1 4 の静電容量によって決まる。このため、一次側共振コイル 1 2 のインダクタンスと、キャパシタ 1 4 の静電容量は、一次側共振コイル 1 2 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。

[0320] 整合回路 1 3 は、一次側コイル 1 1 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。

[0321] 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。

- [0322] 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。
- [0323] 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 500 とデータ通信を行う。
- [0324] 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 500 の二次側共振コイル 110 に送電する。
- [0325] 次に、受電器 500 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 6.78 MHz である形態について説明する。
- [0326] 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 112 X、112 Y 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 112 X、112 Y を設けたものを二次側共振コイル 110 として取り扱う。
- [0327] 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 530 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 112 X、112 Y が設けられている。端子 112 X、112 Y は、整流回路 120 に接続されている。端子 112 X、112 Y は、それぞれ、第 1 端子及び第 2 端子の一例である。
- [0328] 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 530 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。

[0329] 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 115 X 及び 115 Y を有する。キャパシタ 115 には、調整部 530 が並列に接続されている。キャパシタ 115 は、第 1 キャパシタの一例である。

[0330] 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。

[0331] 調整部 530 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。

[0332] 調整部 530 は、スイッチ 131 X、131 Y、ダイオード 132 X、132 Y、キャパシタ 133 X、133 Y、端子 134 X、134 Y、及びキャパシタ 135 を有する。スイッチ 131 X、131 Y、ダイオード 132 X、132 Y、キャパシタ 133 X、133 Y、端子 134 X、134 Y は、実施の形態 1 と同様である。

[0333] キャパシタ 135 は、端子 134 X と接続点 136 との間に直列に挿入されている。接続点 136 は、スイッチ 131 X の一端と、ダイオード 132 X のカソードと、キャパシタ 133 X の一端とを接続する点である。すなわち、キャパシタ 135 は、スイッチ 131 X 及び 131 Y の直列回路に直列に挿入されている。換言すれば、キャパシタ 135 は、ダイオード 132 X 及び 132 Y の直列回路に直列に挿入されており、キャパシタ 133 X 及び 133 Y の直列回路に直列に挿入されている。

[0334] 二次側共振コイル 110 に磁界共鳴による共振が発生する L、C 条件のうちのキャパシタンス C は、キャパシタ 133 X 又は 133 Y のいずれか一方と、キャパシタ 135 と、キャパシタ 115 との合成容量に設定されている。すなわち、二次側共振コイル 110 の電流経路に、キャパシタ 133 X 又

は 1 3 3 Y のいずれか一方と、キャパシタ 1 3 5 と、キャパシタ 1 1 5 とが含まれる場合に、磁界共鳴による共振が発生する。

[0335] なお、二次側共振コイル 1 1 0 に磁界共鳴による共振が発生する条件のうちのインダクタンスは、二次側共振コイル 1 1 0 のインダクタンスである。

[0336] スイッチ 1 3 1 X と 1 3 1 Y は、互いに逆位相でオン／オフが切り替えられる。スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンのときには、調整部 5 3 0 内では端子 1 3 4 X からキャパシタ 1 3 5、キャパシタ 1 3 3 X 及びスイッチ 1 3 1 Y を経て端子 1 3 4 Y に向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ 1 1 5 には端子 1 1 5 X から端子 1 1 5 Y に共振電流が流れ得る状態になる。すなわち、図 2 7 において、二次側共振コイル 1 1 0 には時計回りの方向に共振電流が流れ得る状態になる。

[0337] また、スイッチ 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフのときには、調整部 5 3 0 内では端子 1 3 4 X からキャパシタ 1 3 5、スイッチ 1 3 1 X 及びダイオード 1 3 2 Y を経て端子 1 3 4 Y に向かう電流経路が生じる。この電流経路は、キャパシタ 1 1 5 に並列であるため、キャパシタ 1 1 5 には電流が流れなくなる。

[0338] 従って、スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンにされていて、二次側共振コイル 1 1 0 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 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y 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 1 3 5 が含まれるが、キャパシタ 1 3 5 だけでは共振条件が成立しないからである。

[0339] また、スイッチ 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフのときには、調整部 5 3 0 内では端子 1 3 4 Y からキャパシタ 1 3 3 Y、スイッチ 1 3 1 X、及びキャパシタ 1 3 5 を経て端子 1 3 4 X に向かう方向に共振電流が流れるとともに、キャパシタ 1 1 5 には端子 1 1 5 Y から端子 1 1 5 X に共振電流が流れ得る状態になる。すなわち、図 2 7 において、二次側共振コイル 1 1 0 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。

[0340] また、スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンのときには、調

整部 530 内では端子 134 Y からスイッチ 131 Y、ダイオード 132 X、及びキャパシタ 135 を経て端子 134 X 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。

[0341] 従って、スイッチ 131 X がオンでスイッチ 131 Y 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 131 X がオフでスイッチ 131 Y 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 135 が含まれるが、キャパシタ 135 だけでは共振条件が成立しないからである。

[0342] 調整部 530 は、上述のようにスイッチ 131 X 及び 131 Y 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 131 X 及び 131 Y 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。

[0343] 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。

[0344] スイッチ 131 X 及び 131 Y 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 530 は、高速で交流電流の遮断を行うことができる。

[0345] なお、駆動信号と調整部 530 の動作については、図 28 を用いて後述する。

[0346] 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 160 X、160 Y 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。

[0347] なお、平滑キャパシタ 140 の上側の端子と出力端子 160 X 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 160 Y とを結ぶ線路は、低電圧側の線路である。

[0348] 図 28 は、キャパシタ 115 及び調整部 530 における電流経路を示す図である。図 28 は、図 27 と同様に、端子 134 X からキャパシタ 115 又は調整部 530 の内部を通して端子 134 Y に流れる電流の向きを時計回り (CW (Clockwise)) と称す。また、端子 134 Y からキャパシタ 115 又は調整部 530 の内部を通して端子 134 X に流れる電流の向きを反時計回り (CCW (Counterclockwise)) と称す。

[0349] また、ここでは、スイッチ 131 X 及び 131 Y が P チャネル型の FET である場合のクロック CLK1 及び CLK2 を示す。スイッチ 131 X 及び 131 Y は、クロック CLK1 及び CLK2 が L レベルのときにオンになり、H レベルのときにオフになる。

[0350] まず、スイッチ 131 X と 131 Y がともにオフで電流が時計回り (CW) の場合は、端子 134 X からキャパシタ 135、キャパシタ 133 X 及びダイオード 132 Y を経て端子 134 Y 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 115 X から端子 115 Y 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。

[0351] スイッチ 131 X と 131 Y がともにオフで電流が反時計回り (CCW) の場合は、端子 134 Y からキャパシタ 133 Y、ダイオード 132 X、及びキャパシタ 135 を経て端子 134 X 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 115 Y から端子 115 X 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。

[0352] スイッチ 131 X がオンでスイッチ 131 Y がオフで、電流が時計回り (CW) の場合は、調整部 530 内では端子 134 X からキャパシタ 135、スイッチ 131 X 及びダイオード 132 Y を経て端子 134 Y 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 131 Y 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。

[0353] スイッチ 131 X がオンでスイッチ 131 Y がオフで、電流が反時計回り (CCW) の場合は、調整部 530 内では端子 134 Y からキャパシタ 133 Y、スイッチ 131 X、及びキャパシタ 135 を経て端子 134 X 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 115 Y から端子 115 X 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 131 X と並列なダイオード 132 X にも電流が流れる。

[0354] スイッチ 131 X がオフでスイッチ 131 Y がオンで、電流が時計回り (CW) の場合は、調整部 530 内では端子 134 X からキャパシタ 135、キャパシタ 133 X 及びスイッチ 131 Y を経て端子 134 Y 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 115 X から端子 115 Y 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 131 Y と並列なダイオード 132 Y にも電流が流れる。

[0355] スイッチ 131 X がオフでスイッチ 131 Y がオンで、電流が反時計回り (CCW) の場合は、調整部 530 内では端子 134 Y からスイッチ 131 Y、ダイオード 132 X、及びキャパシタ 135 を経て端子 134 X 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 131 X 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。

[0356] 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 132 X 又は 132 Y と、キャパシタ 135 との 3 つのキャパシタによって決まる。3 つのキャパシタには、キャパシタ 132 X 又は 132 Y のいずれか一方が含まれる。このため、キャパシタ 132 X と 132 Y

の静電容量は等しいことが望ましい。

[0357] 図29は、実施の形態2の変形例の調整部530-1、530-2を示す図である。

[0358] 図29(A)に示す調整部530-1は、スイッチ131X、131Y、ダイオード132X、132Y、キャパシタ133X、133Y、端子134X、134Y、及びキャパシタ135Aを有する。

[0359] キャパシタ135Aは、スイッチ131Yの右側の端子と、ダイオード132Yのアノードと、キャパシタ133Yの右側の端子との接続点136Aと、端子134Yとの間に直列に挿入されている。

[0360] 図29(B)に示す調整部530-2は、スイッチ131X、131Y、ダイオード132X、132Y、キャパシタ133X、133Y、端子134X、134Y、及びキャパシタ135Bを有する。

[0361] キャパシタ135Bは、スイッチ131Xの右側の端子と、ダイオード132Xのカソードと、キャパシタ133Xの右側の端子との接続点136Cと、スイッチ131Yの左側の端子と、ダイオード132Yのカソードと、キャパシタ133Yの左側の端子との接続点136Dとの間に直列に挿入される。

[0362] また、図27に示す調整部530に、キャパシタ135に加えて、図29(B)に示すキャパシタ135Bを加えてもよく、図29(A)に示す調整部530-1に、図29(B)に示すキャパシタ135Bを加えてもよい。このような場合には、キャパシタ135Bのキャパシタンスも含めて共振条件を設定すればよい。

[0363] また、調整部530のダイオード132X及び132Yの向きは、図27に示す向きとは反対であってもよい。図30は、実施の形態2の変形例の調整部530Vを示す図である。

[0364] 調整部530Vは、スイッチ131X、131Y、ダイオード132VX、132VY、キャパシタ133X、133Y、端子134X、134Y、及びキャパシタ135を有する。ダイオード132VX、132VYの整流

方向は、それぞれ、図 27 に示すダイオード 132X、132Y と反対である。それ以外は、図 27 に示す調整部 530 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。

[0365] 図 31 は、キャパシタ 115 及び調整部 530V における電流経路を示す図である。図 31 では、端子 134X からキャパシタ 115 又は調整部 530V の内部を通して端子 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 530V の内部を通して端子 134X に流れる電流の向きを反時計回り (CCW (Counterclockwise)) と称す。

[0366] 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 530V 内では端子 134X からキャパシタ 135、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。

[0367] 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 530V 内では端子 134Y からスイッチ 131Y、キャパシタ 133X、及びキャパシタ 135 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。

[0368] 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 530V 内では端子 134X からキャパシタ 135、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。

[0369] 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530V内では端子134Yからダイオード132VY、スイッチ131X、及びキャパシタ135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。

[0370] 以上、実施の形態2によれば、実施の形態1の受電器100にキャパシタ135を加えた構成の受電器500が複数ある場合に、電力供給量のバランスを改善することができる。

[0371] また、受電電力のうなりの周期による受電電力の変化を緩和することができる、受電電力の急激な変化を抑制することができる。さらに、うなりによる受電電力の低下を抑制することができ、効率的に受電することができる。

[0372] 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

- [0373] 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
、500 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
400 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又は電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が受電する電力を検出する検出部と、
- 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、前記検出部によって検出される電力に基づき、前記電力のうなりの周波数が低下するように、前記第1信号及び前記第2信号のスイッチング周波数を調整する、請求項1記載の受電器。
- [請求項3] 前記制御部は、前記うなりによって前記電力が所定値まで低下すると、前記電力が前記所定値以上になるように、前記第1信号と前記第2信号の位相を調整する、請求項2記載の受電器。
- [請求項4] 前記制御部は、前記うなりによって前記電力が所定値まで低下する度に、前記位相を繰り返し調整する、請求項3記載の受電器。
- [請求項5] 前記制御部は、前記位相の調整後に前記電力が安定するまでの過渡応答期間が前記うなりの周波数よりも短くなるように、前記スイッチング周波数を調整する、請求項3又は4記載の受電器。

- [請求項6] 前記制御部は、前記うなりによって前記電力が所定値まで低下すると、前記電力が前記所定値よりも高い所定の設定値になるように、前記第1信号と前記第2信号の位相を調整する、請求項3乃至5のいずれか一項記載の受電器。
- [請求項7] 前記制御部は、前記第1信号と前記第2信号の位相をスキャンし、前記スキャンを行ったときに前記電力が最大になる位相を求め、前記電力が最大になる位相を基準として、前記第1信号と前記第2信号の位相を調整する、請求項3乃至6のいずれか一項記載の受電器。
- [請求項8] 前記制御部は、前記第1信号と前記第2信号の位相の減少に対して受電電力が増大する動作領域では、前記第1信号と前記第2信号の位相を減少させ、前記第1信号と前記第2信号の位相の増大に対して受電電力が増大する動作領域では、前記第1信号と前記第2信号の位相を増大させる、請求項1乃至7のいずれか一項記載の受電器。
- [請求項9] 前記直列回路に直列に挿入される第2キャパシタをさらに含む、請求項1乃至8のいずれか一項記載の受電器。
- [請求項10] 前記第2キャパシタは、前記共振コイル部と前記第1スイッチとの間、前記第1スイッチと前記第2スイッチとの間、又は、前記第2スイッチと前記共振コイル部との間で直列に挿入される、請求項9記載の受電器。
- [請求項11] 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受電器とを含む、電力伝送システムであって、
前記受電器は、
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又は電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、

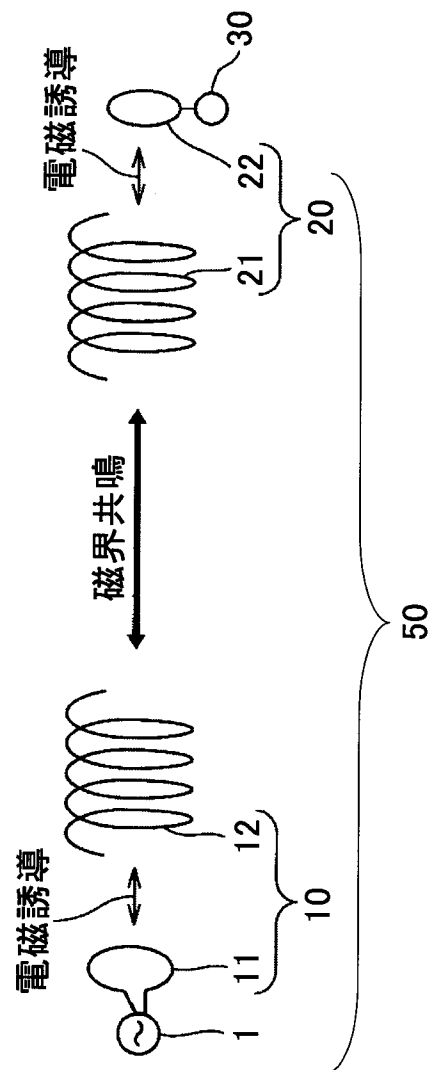
前記第1スイッチに並列に接続され、第1整流方向を有する第1整流素子と、

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、

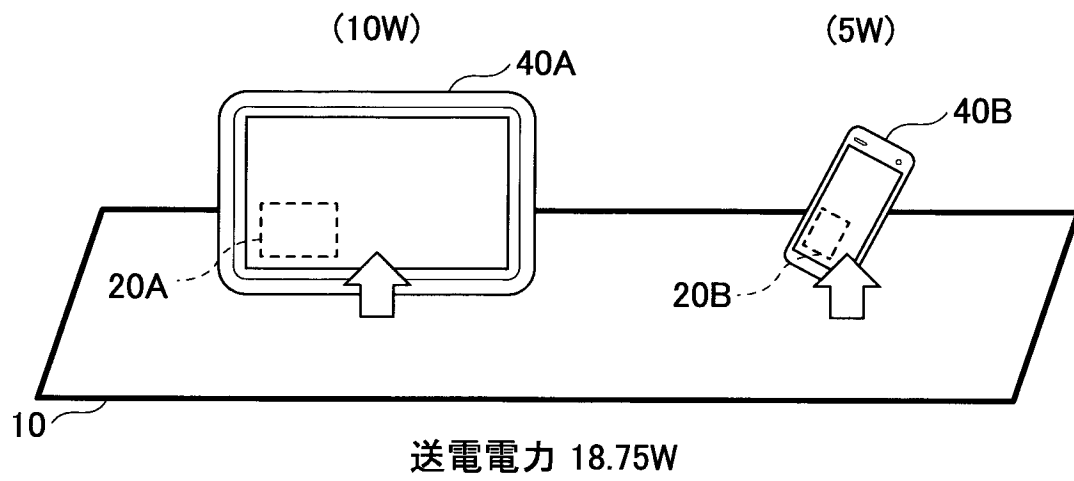
前記二次側共振コイルが受電する電力を検出する検出部と、

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、電力伝送システム。

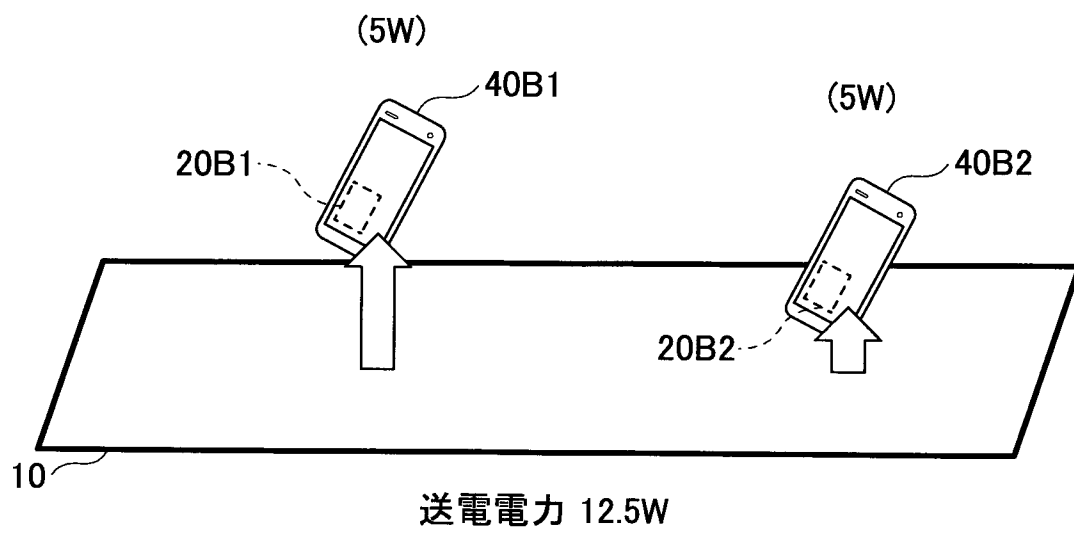
[図1]



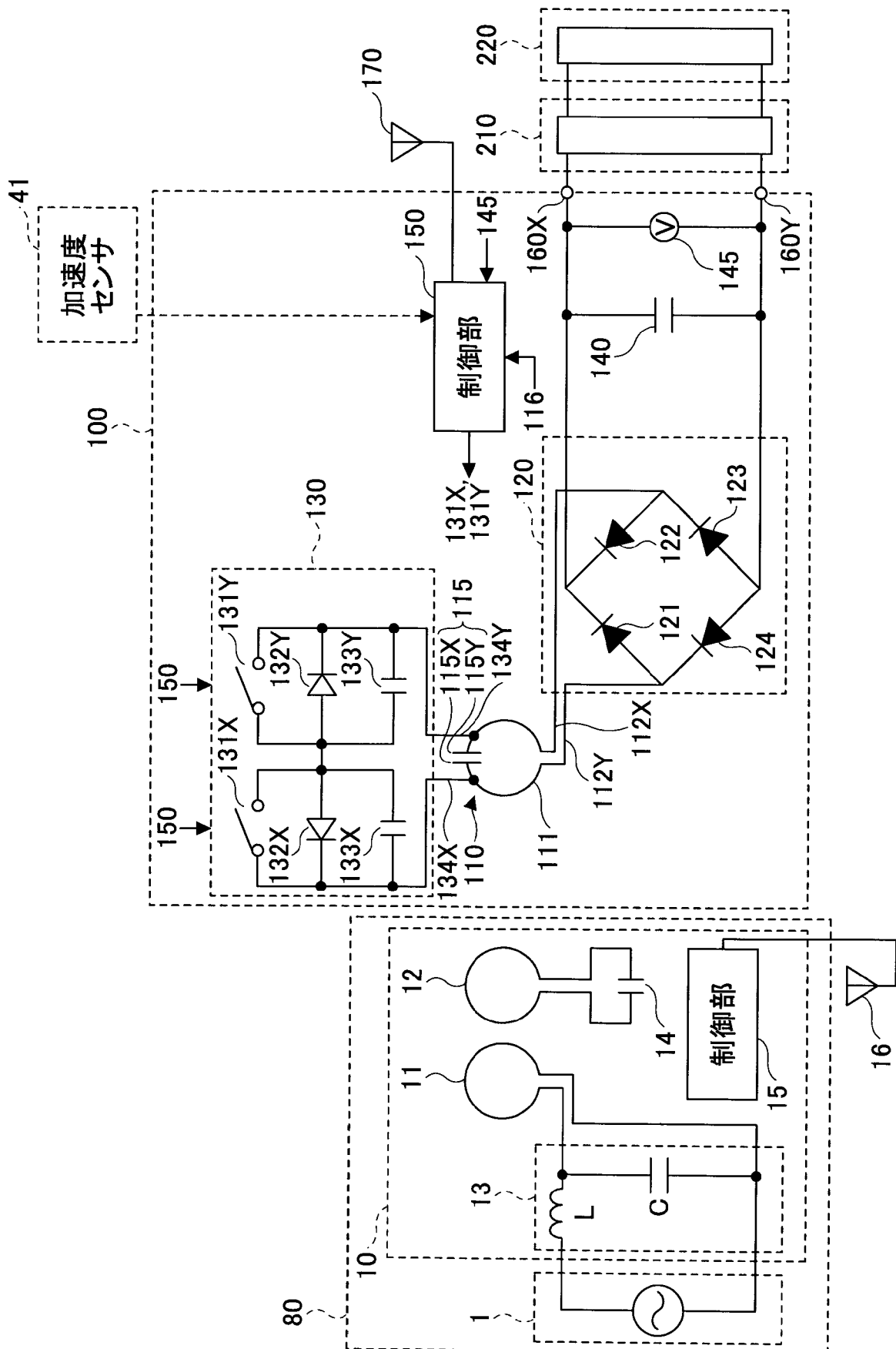
[図2]



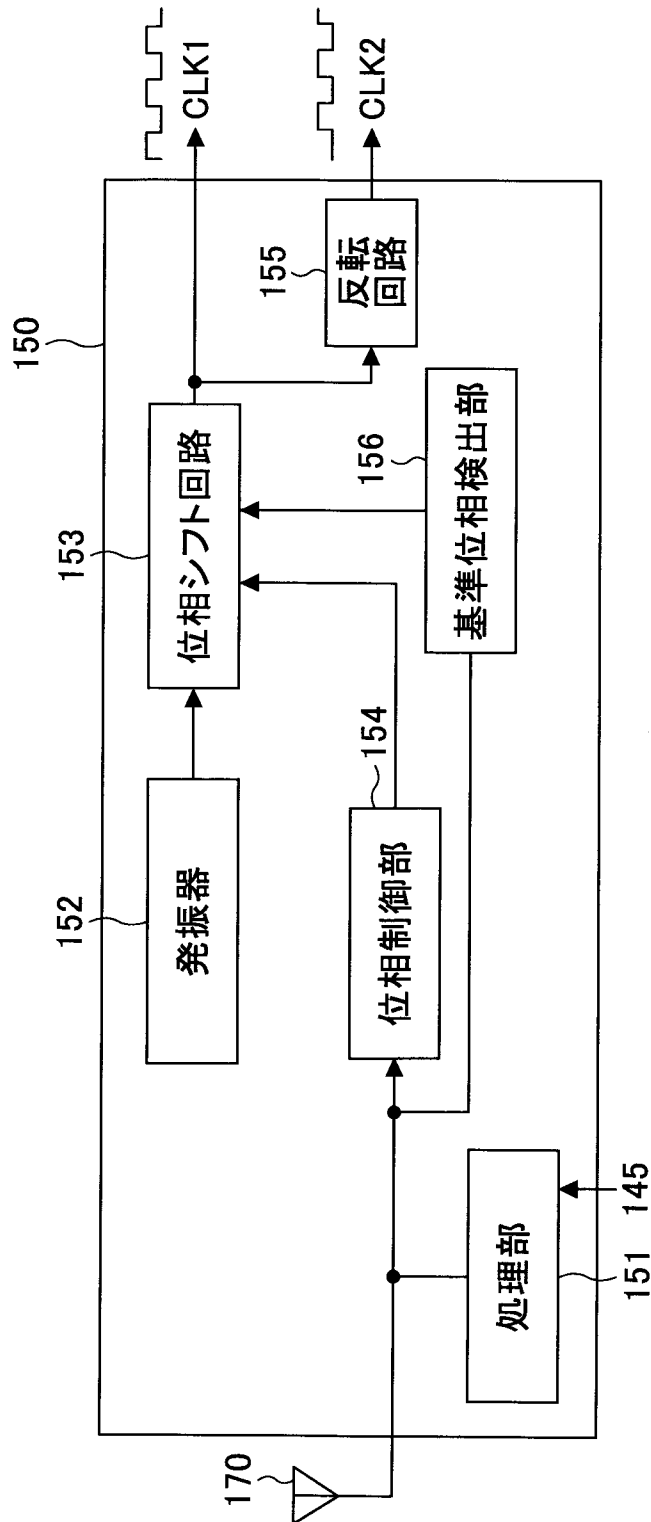
[図3]



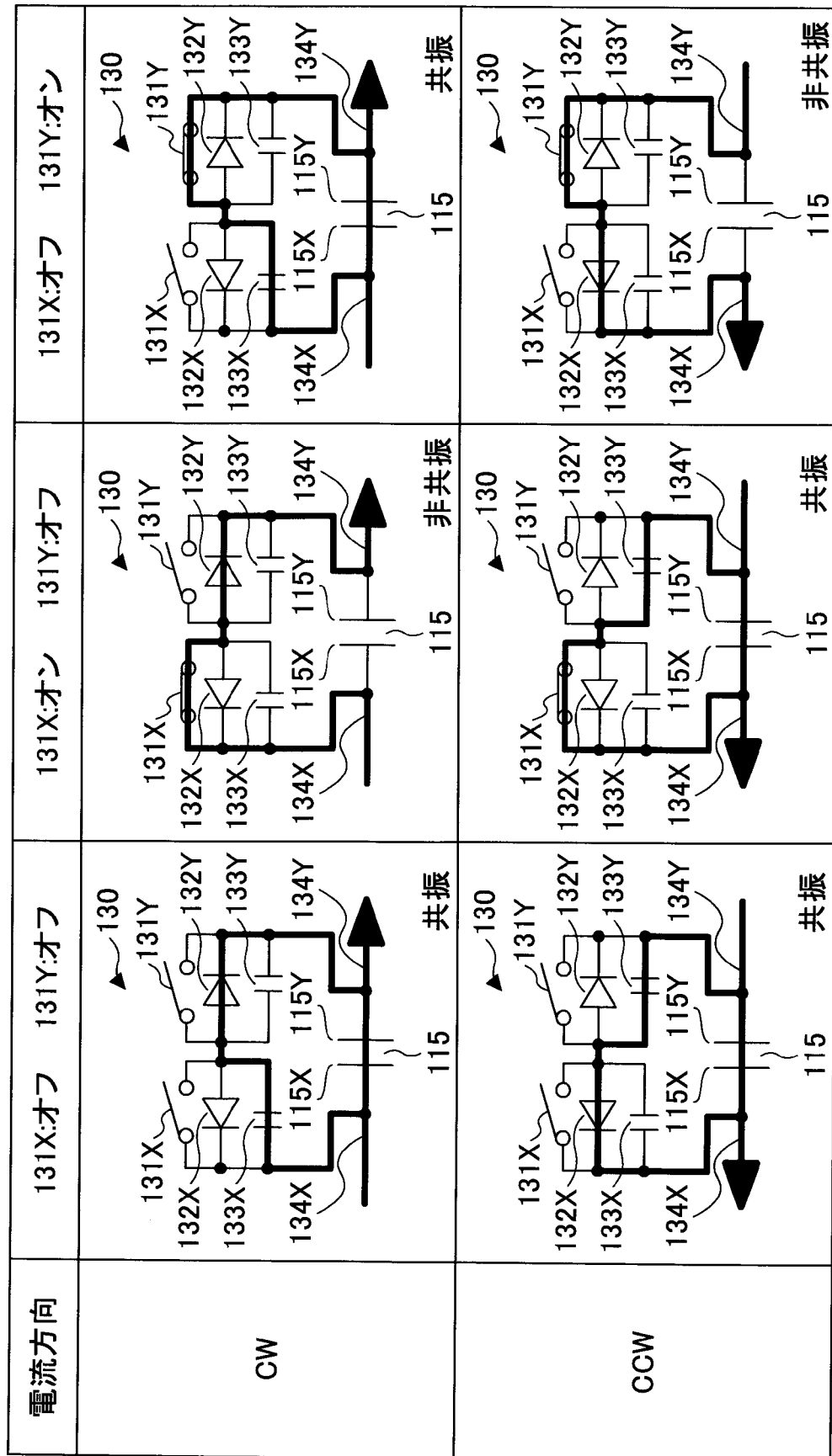
[図4]



[図5]

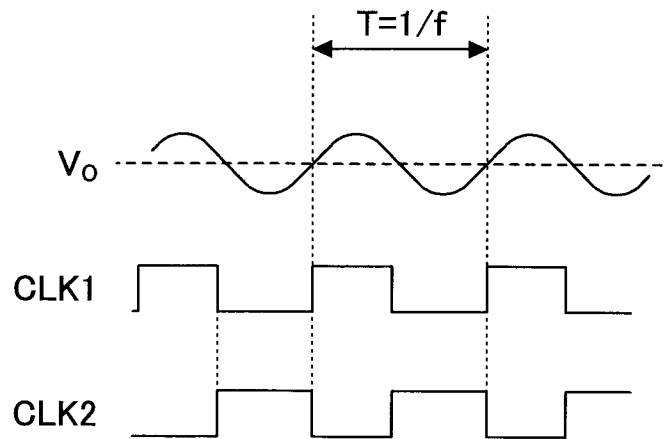


[図6]

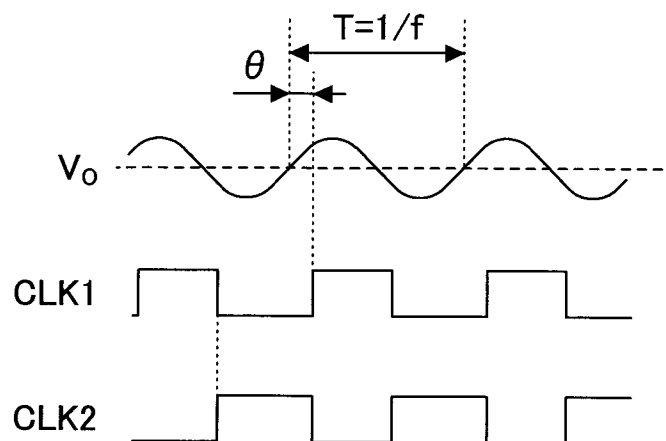


[図7]

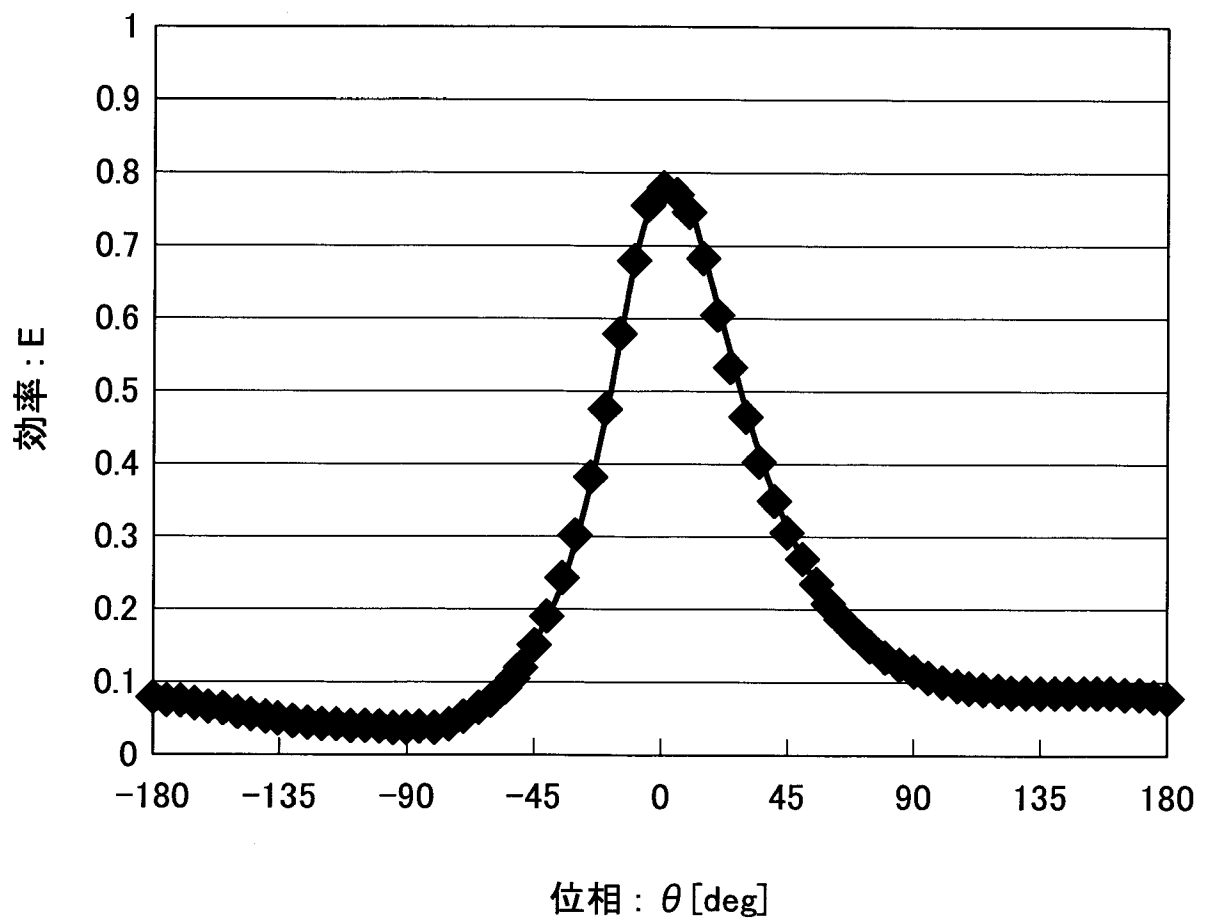
(A)

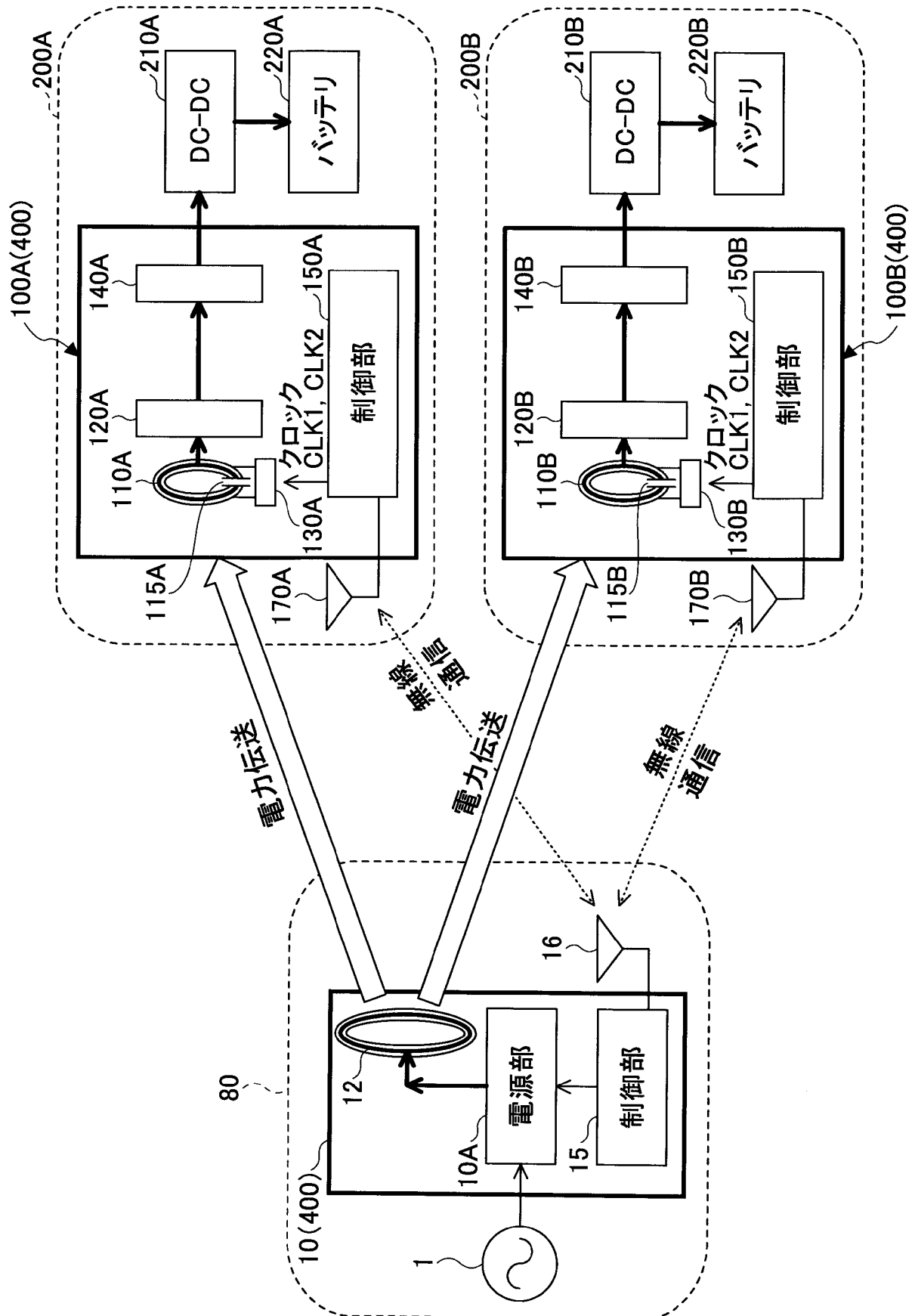


(B)

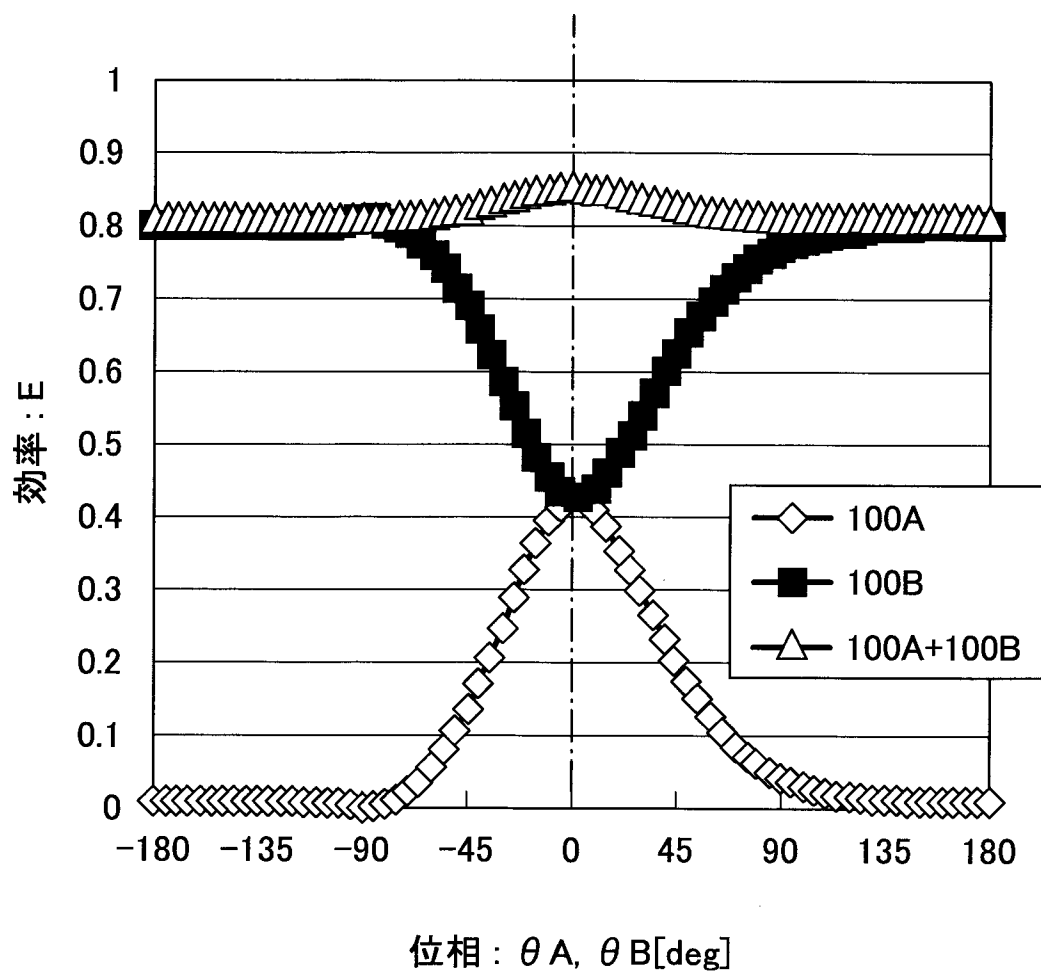


[図8]

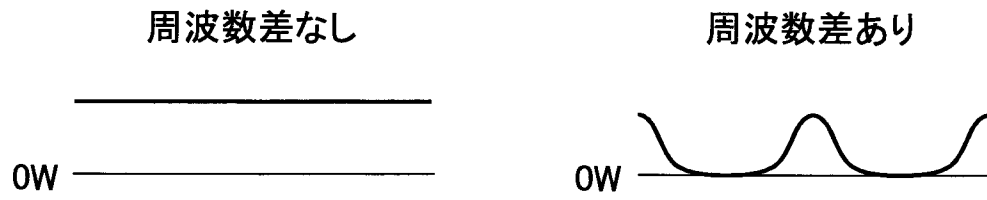




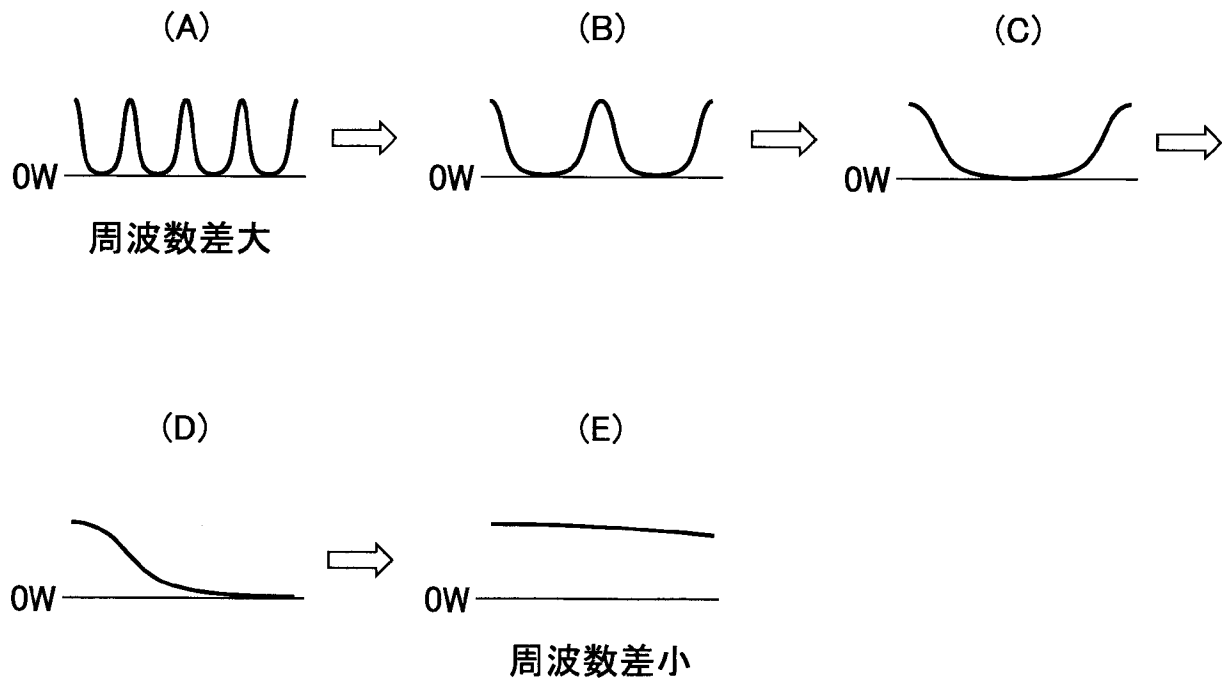
[図10]



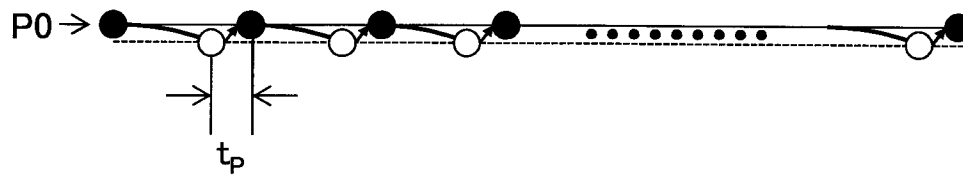
[図11]



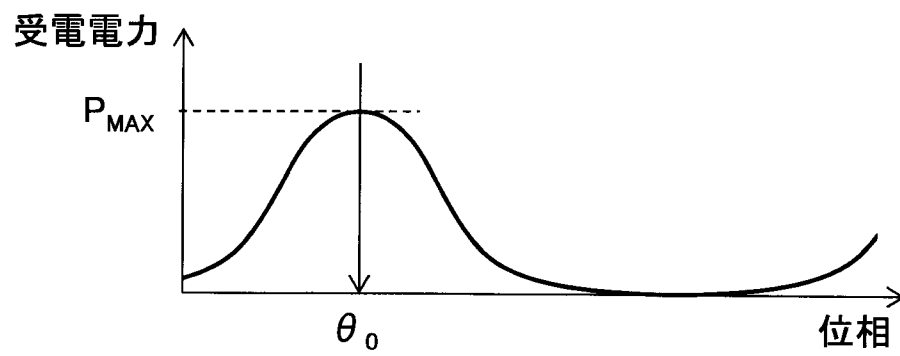
[図12]



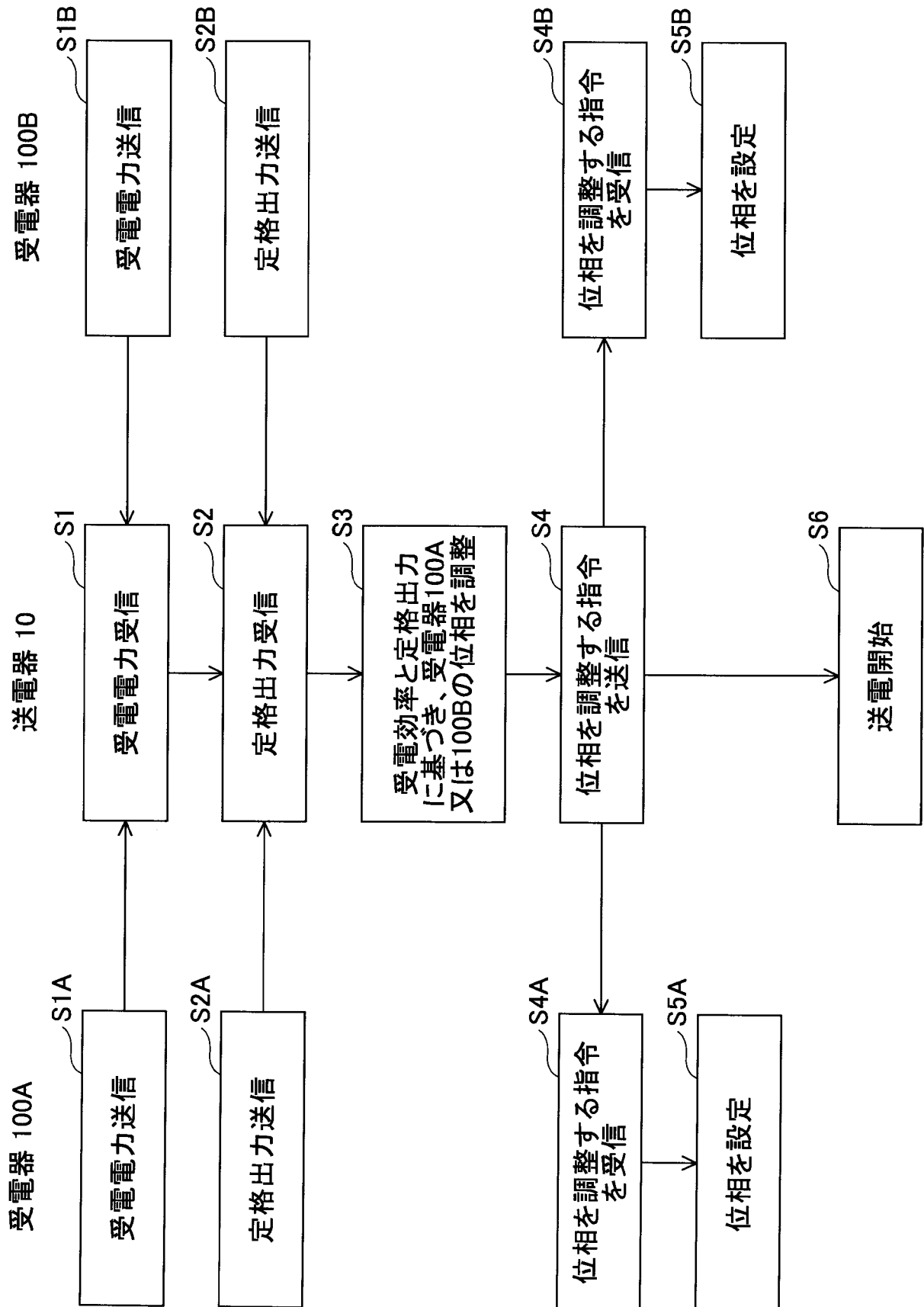
[図14]



[図15]



[図16]



[図18]

(A)

M_{TB} \ M_{TA}	M_{TA1}	M_{TA2}	M_{TA3}	...
M_{TB1}	PH1A	PH2A	PH3A	
M_{TB2}	PH11A	PH12A	PH13A	
⋮				

(B)

M_{TB} \ M_{TA}	M_{TA1}	M_{TA2}	M_{TA3}	...
M_{TB1}	PH1B	PH2B	PH3B	
M_{TB2}	PH11B	PH12B	PH13B	
⋮				

[図19]

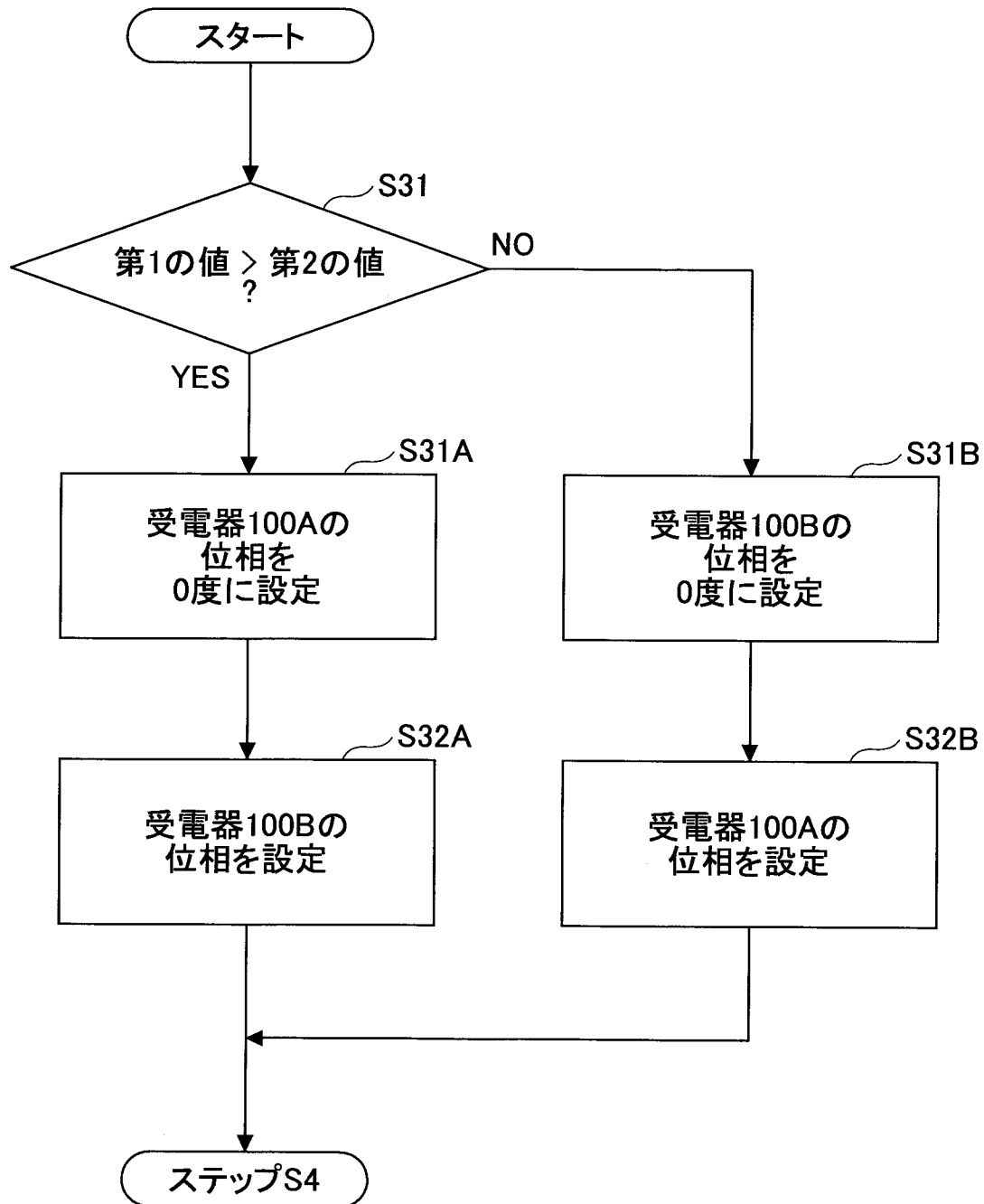
(A)

M_{TA1}	E_{A1}
M_{TA2}	E_{A2}
$\vdots$	$\vdots$

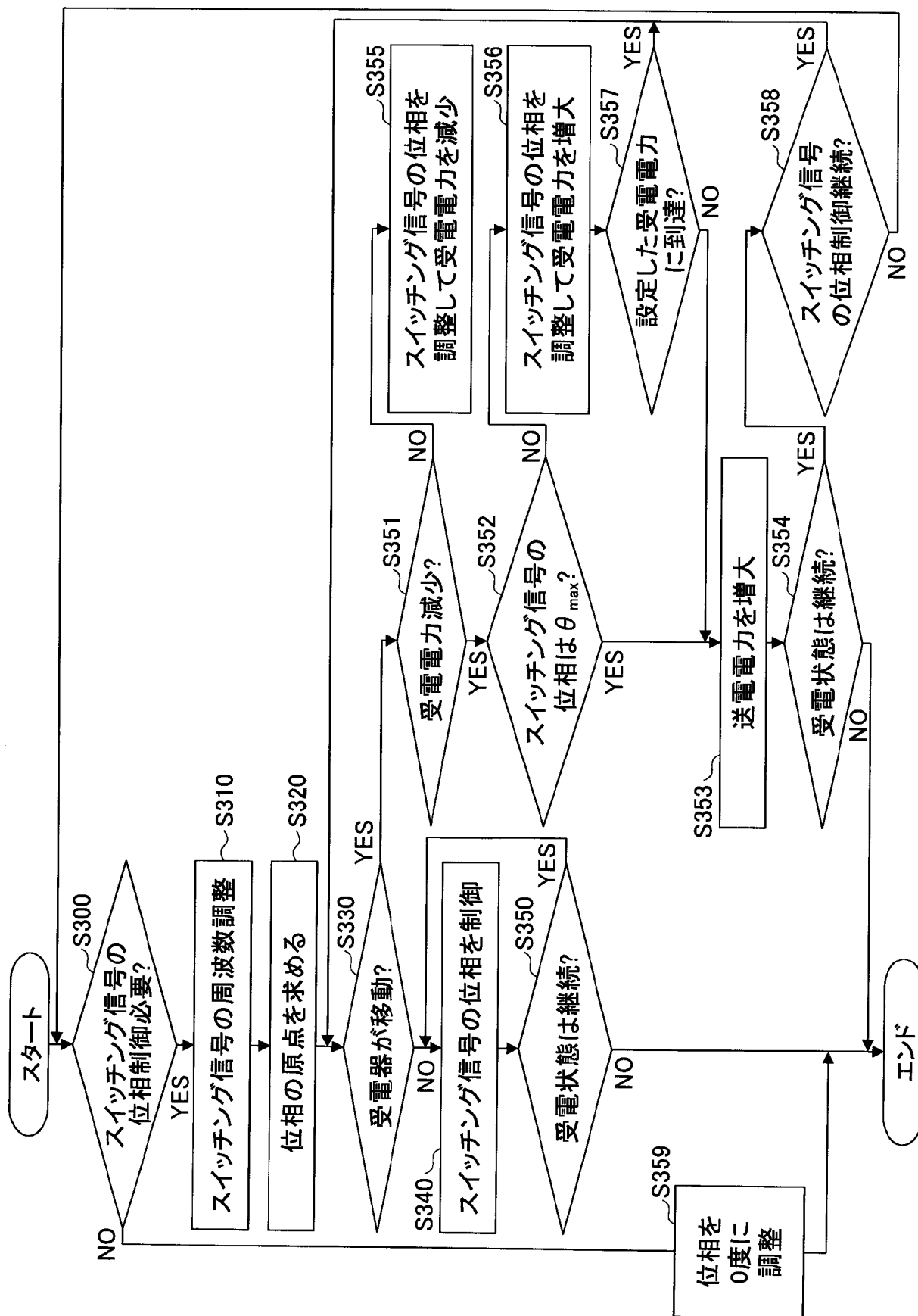
(B)

M_{TB1}	E_{B1}
M_{TB2}	E_{B2}
$\vdots$	$\vdots$

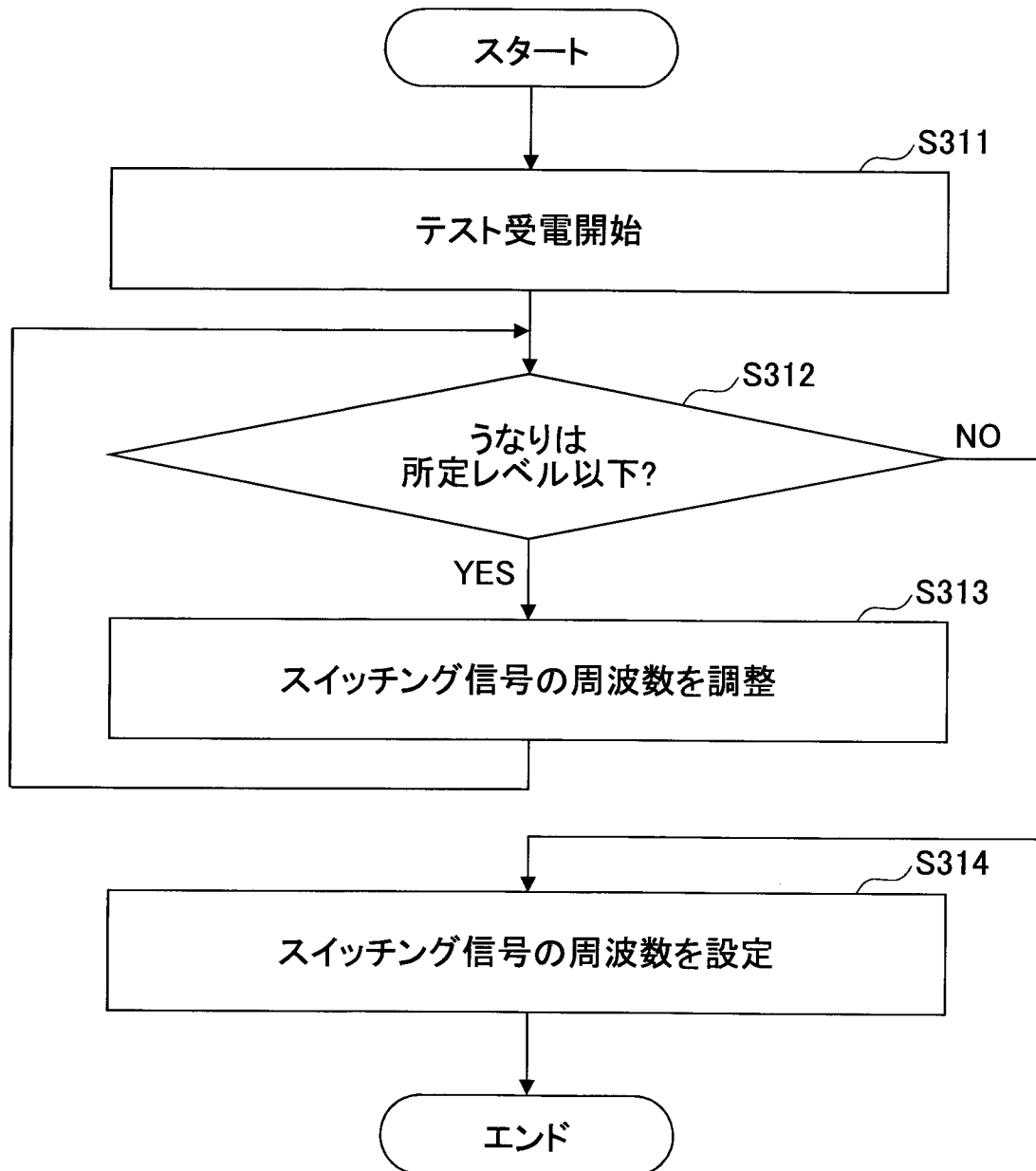
[図20]



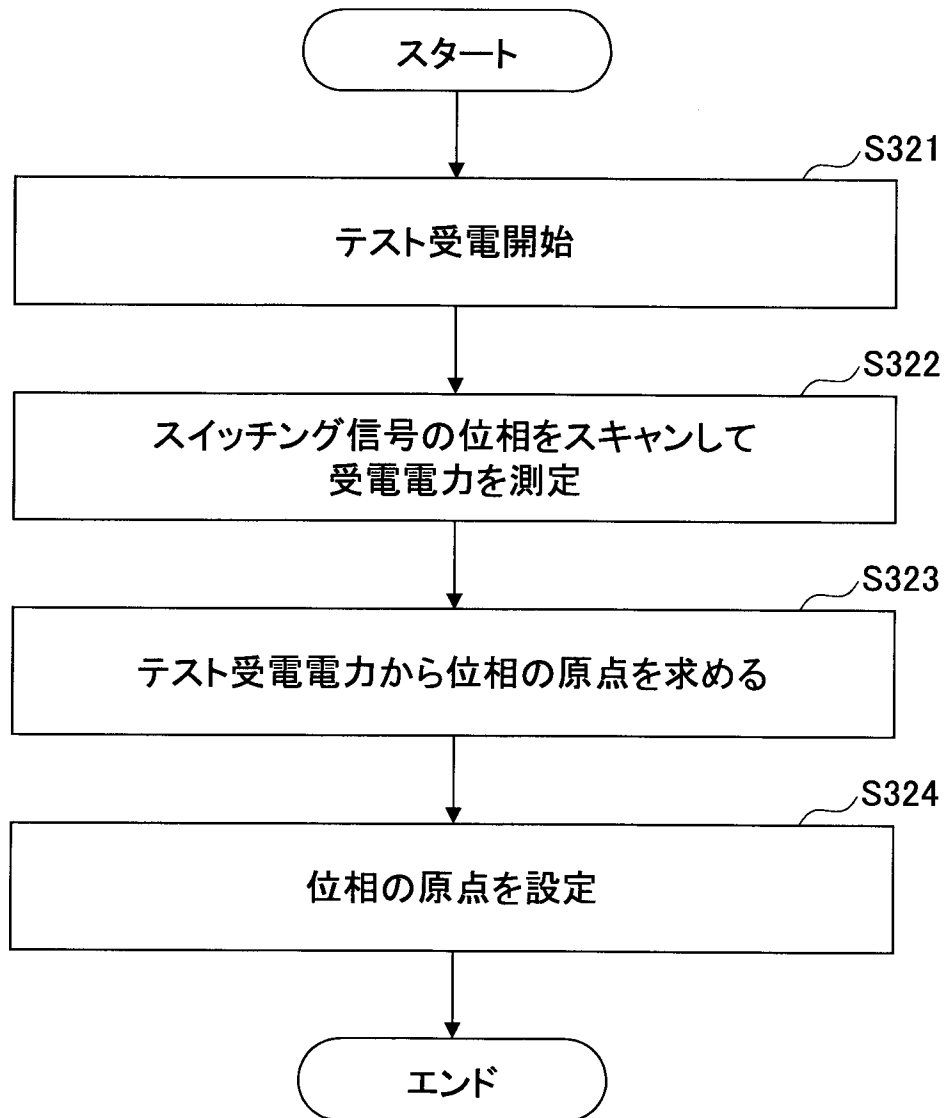
[図21]



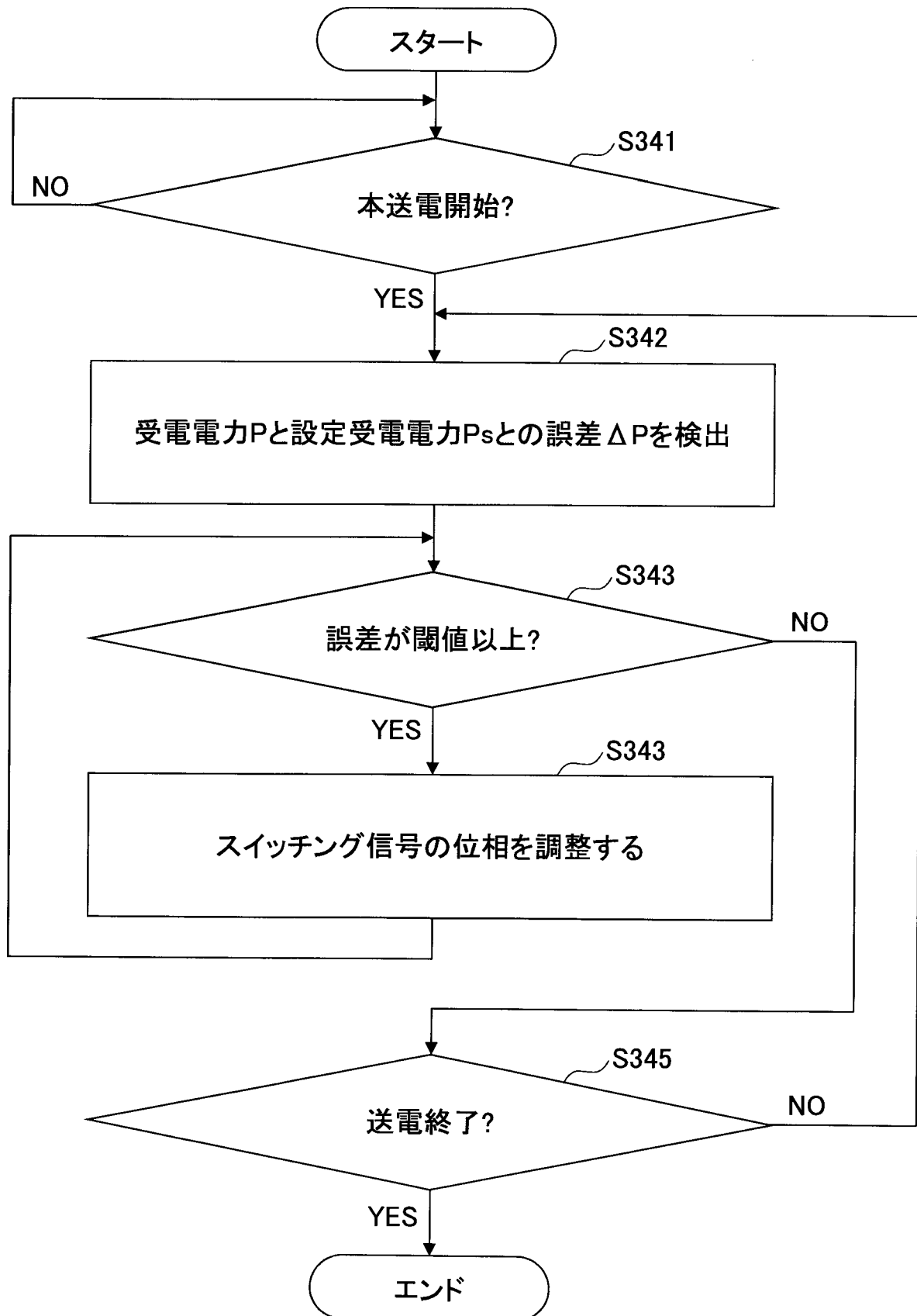
[図22]



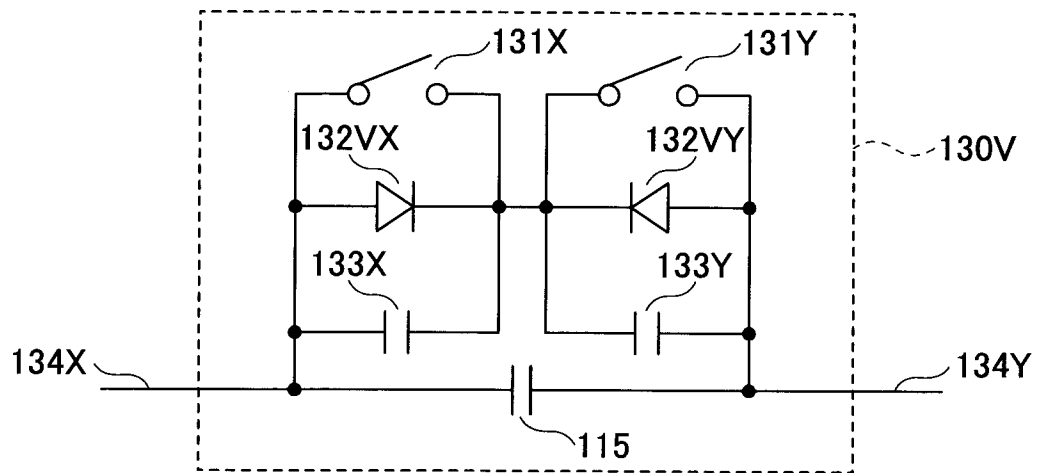
[図23]



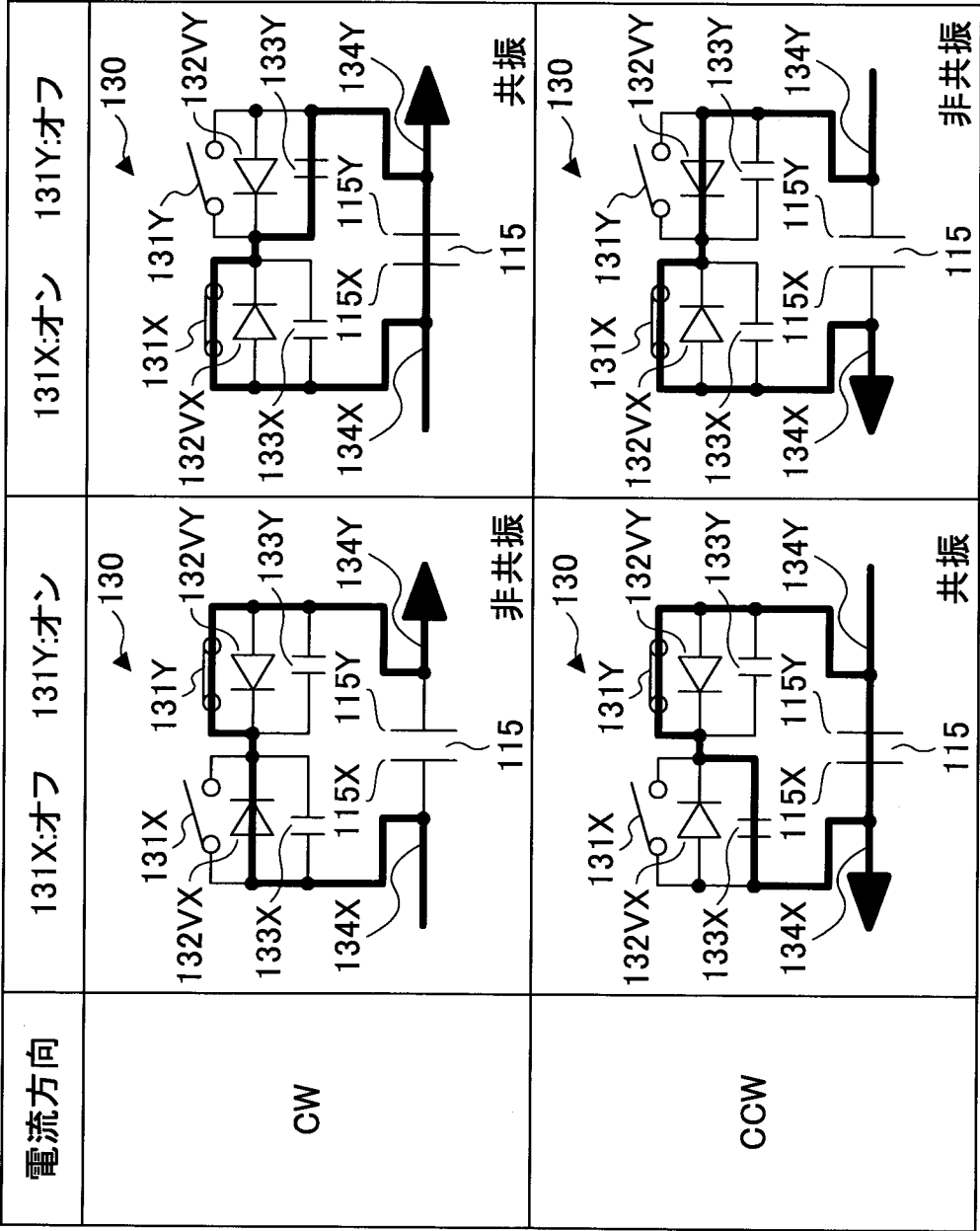
[図24]



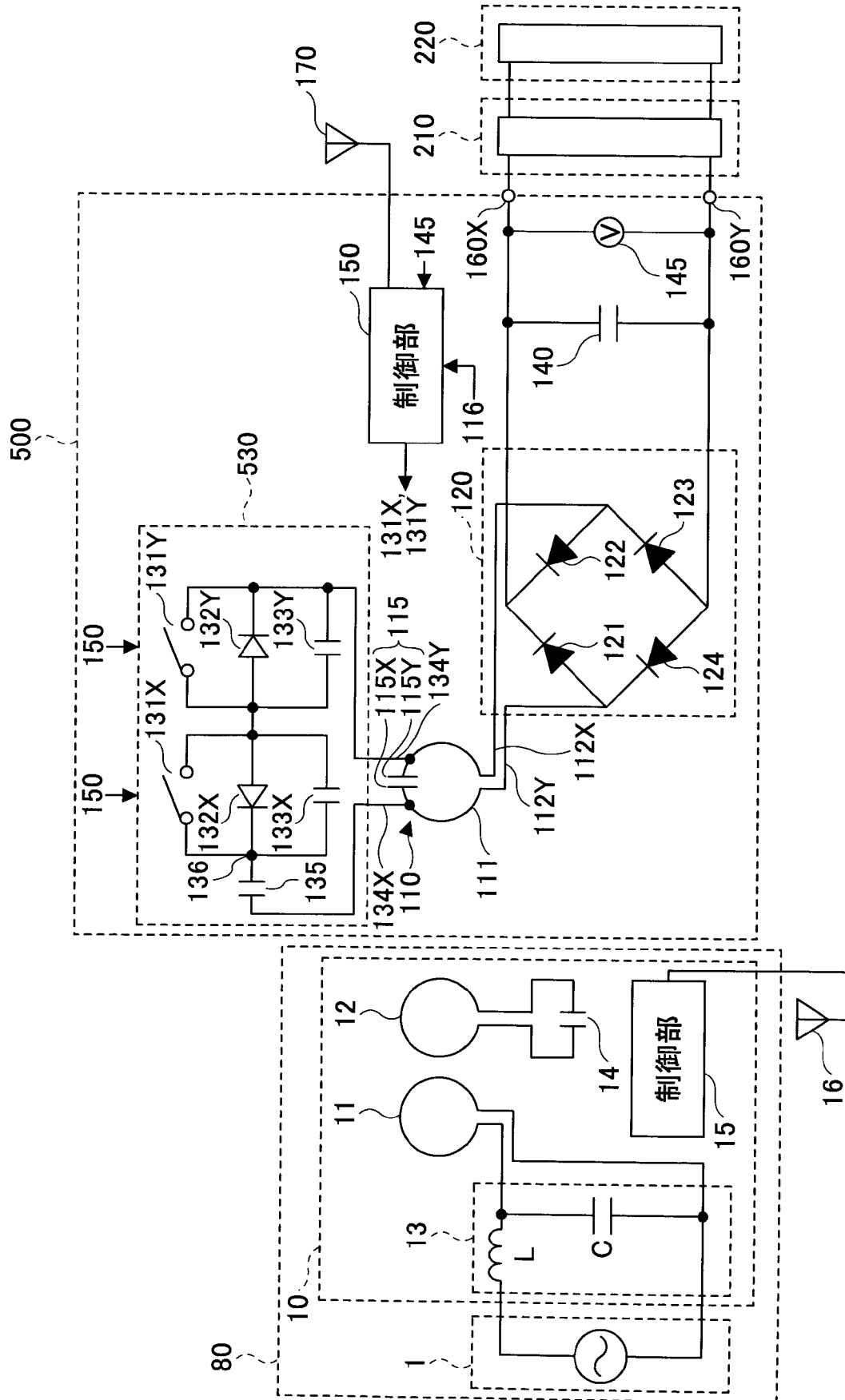
[図25]



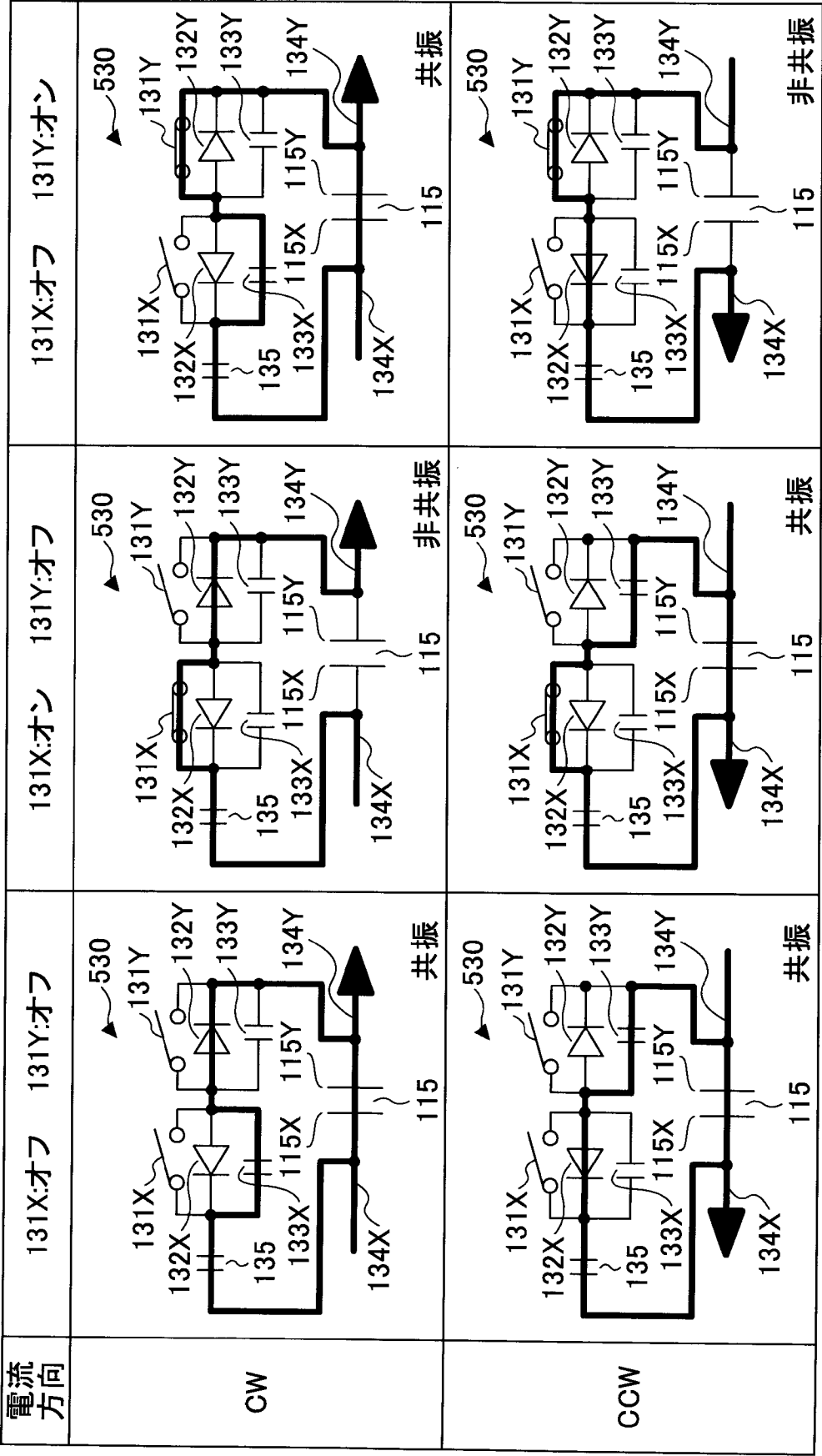
[図26]



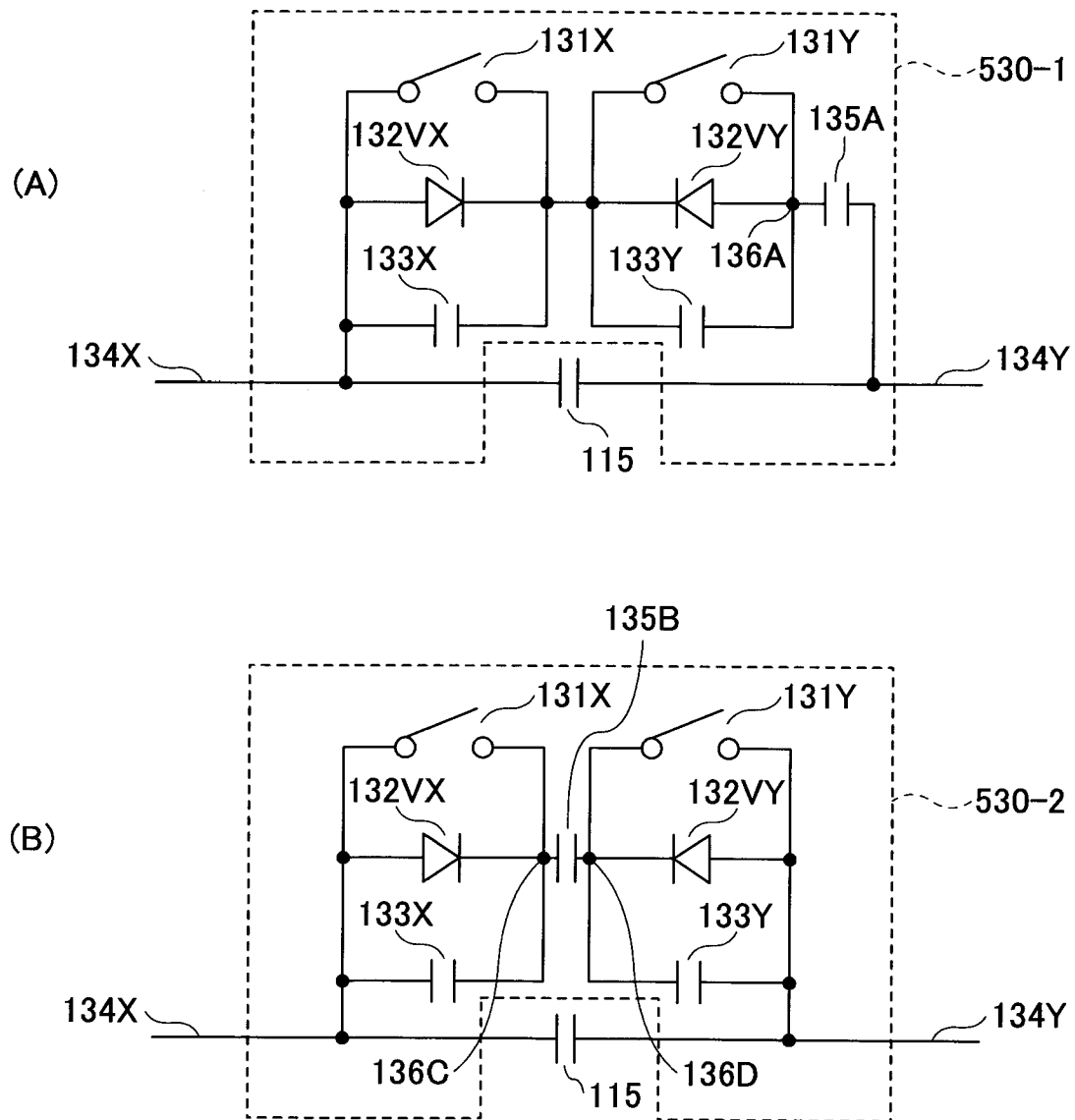
[図27]



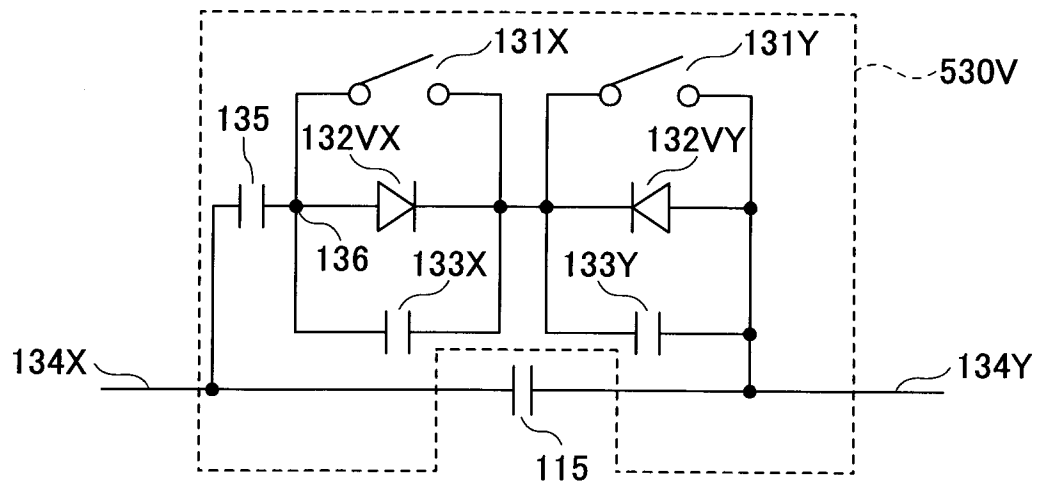
[図28]



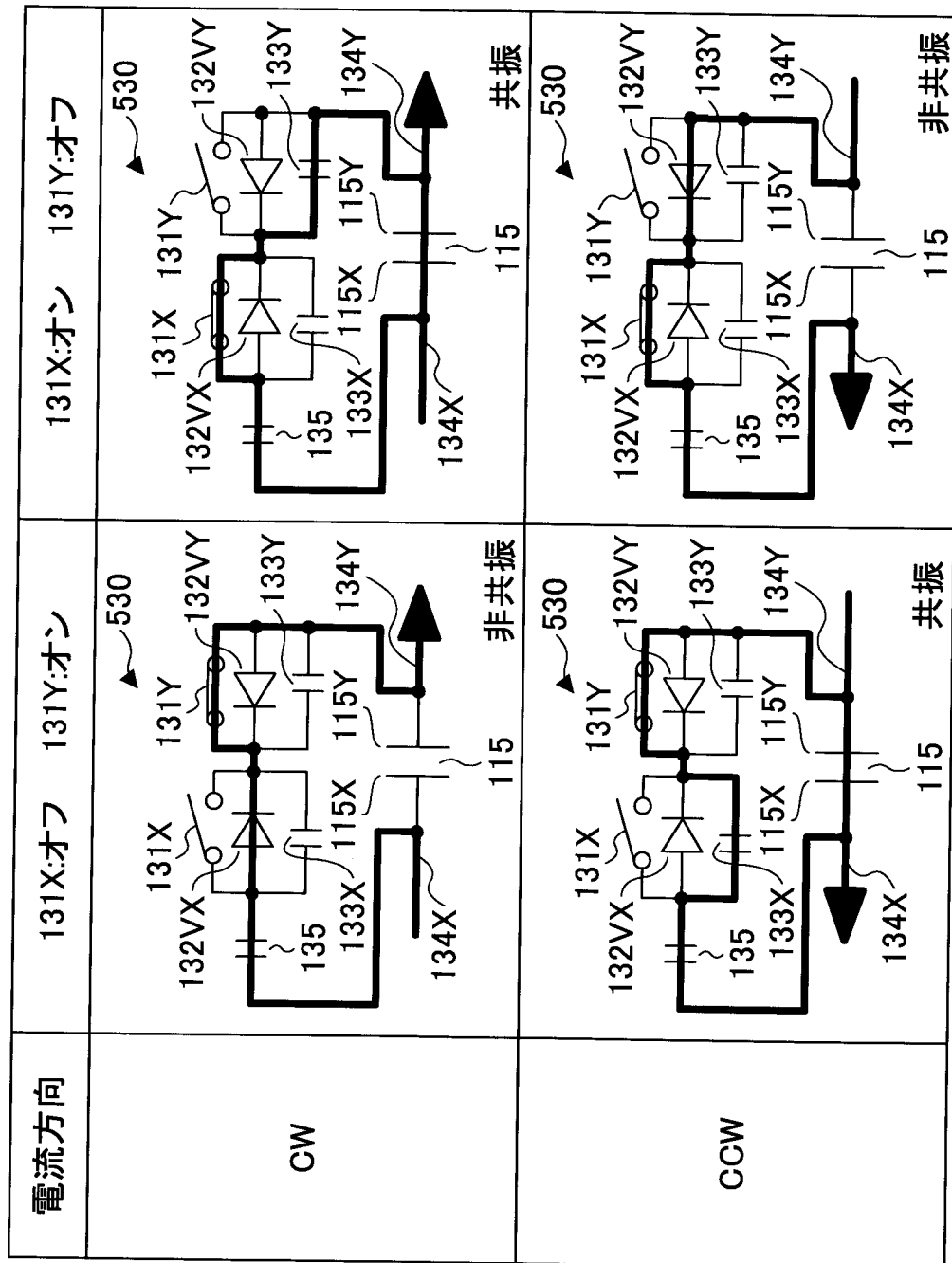
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066225

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2004-072832 A (Hitachi Kiden Kogyo, Ltd.), 04 March 2004 (04.03.2004), paragraphs [0011] to [0021]; fig. 3, 5, 6 (Family: none)	1, 8-11 2-7
A	WO 2013/146929 A1 (Fujitsu Ltd.), 03 October 2013 (03.10.2013), paragraphs [0100] to [0145]; fig. 12 to 14 & US 2015/0008736 A1 & WO 2013/146929 A1 & EP 2833515 A1 & AU 2013241252 A & CA 2868101 A & CN 104205566 A & KR 10-2014-0131368 A & MX 2014011655 A	2-7
A	JP 2014-155418 A (Saitama University), 25 August 2014 (25.08.2014), paragraphs [0022] to [0038]; fig. 1, 2, 4, 5 (Family: none)	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
10 August 2015 (10.08.15)

Date of mailing of the international search report
18 August 2015 (18.08.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066225

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-093829 A (Panasonic Corp.), 19 May 2014 (19.05.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2004-072832 A（日立機電工業株式会社）2004.03.04, 段落 [0 0 1 1] - [0 0 2 1], 図3, 5, 6（ファミリーなし）	1, 8-11 2-7
A	WO 2013/146929 A1（富士通株式会社）2013.10.03, 段落 [0 1 0 0] - [0 1 4 5], 図12 - 14 & US 2015/0008736 A1 & WO 2013/146929 A1 & EP 2833515 A1 & AU 2013241252 A & CA 2868101 A & CN 104205566 A & KR 10-2014-0131368 A & MX 2014011655 A	2-7

☒ 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 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 8 . 2 0 1 5

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）

宮本 秀一

5 T

3 3 5 7

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-155418 A (国立大学法人埼玉大学) 2014. 08. 25, 段落 [0022] - [0038], 図1, 2, 4, 5 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2014-093829 A (パナソニック株式会社) 2014. 05. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11