

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6436233号
(P6436233)

(45) 発行日 平成30年12月12日(2018.12.12)

(24) 登録日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(51) Int.Cl.		F I
HO 2 J 50/12	(2016.01)	HO 2 J 50/12
HO 2 J 50/40	(2016.01)	HO 2 J 50/40
HO 2 J 50/80	(2016.01)	HO 2 J 50/80

請求項の数 10 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願2017-521453 (P2017-521453)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成27年6月4日(2015.6.4)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/066225	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(87) 国際公開番号	W02016/194202	(72) 発明者	大島 弘敬 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
(87) 国際公開日	平成28年12月8日(2016.12.8)	(72) 発明者	下川 聡 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
審査請求日	平成29年11月24日(2017.11.24)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受電器、及び、電力伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【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信号の前記二次側共振コイルが受電する電力の位相に対する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

を含み、

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、受電器。

【請求項2】

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1記載

10

20

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度に、前記位相を繰り返し調整する、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によって受電電力が第 1 電力から第 2 電力まで所定割合低下するときの経過時間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 2 又は 3 記載の受電器。

【請求項 5】

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 2 乃至 4 のいずれか一項記載の受電器。

10

【請求項 6】

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 2 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 6 のいずれか一項記載の受電器。

20

【請求項 8】

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 7 のいずれか一項記載の受電器。

【請求項 9】

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 8 記載の受電器。

【請求項 10】

30

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、

40

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 信号の前記二次側共振コイルが受電する電力の位相に対する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
を含み、

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、電力伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【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、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信号の前記二次側共振コイルが受電する電力の位相に対する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、制御部とを含み、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。

【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電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

10

20

30

40

50

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

10

20

30

40

50

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。

10

【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。

20

【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すべて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。

30

【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。

40

【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】

50

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。

10

【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。

20

【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も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。

30

【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 5 W 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、 12.5 W になる。 12.5 W は、 $(5\text{ W} + 5\text{ W}) / (35\% + 45\%)$ で求まる。

40

【0035】

ところで、送電器 10 から 12.5 W 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 10 W 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 4.4 W 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】

50

この結果、電子機器 40B1 は、電力が約 0.6 W 不足し、電子機器 40B2 は、電力が 0.6 W 余ることになる。

【0037】

すなわち、送電器 10 から 12.5 W 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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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】

50

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。

10

【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】

20

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】

30

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。

【0055】

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。

【0056】

40

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 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。

【0058】

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

50

通信を行う。

【 0 0 5 9 】

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。

【 0 0 6 0 】

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 M H z である形態について説明する。

【 0 0 6 1 】

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。

10

【 0 0 6 2 】

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。

20

【 0 0 6 3 】

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。

【 0 0 6 4 】

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。

【 0 0 6 5 】

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。

30

【 0 0 6 6 】

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。

【 0 0 6 7 】

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。

【 0 0 6 8 】

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 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y の直列回路は、キャパシタ 1 1 5 に並列に接続されている。

40

【 0 0 6 9 】

ダイオード 1 3 2 X とキャパシタ 1 3 3 X は、スイッチ 1 3 1 X に並列に接続されている。ダイオード 1 3 2 Y とキャパシタ 1 3 3 Y は、スイッチ 1 3 1 Y に並列に接続されている。ダイオード 1 3 2 X 及び 1 3 2 Y 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 1 1 5 に接続されている。すなわち、ダイオード 1 3 2 X 及び

50

1 3 2 Y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1 3 2 X及び1 3 2 Y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1 3 0は、キャパシタ1 3 3 X及び1 3 3 Yを含まなくても
よい。

【0071】

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としては、例えば、
F E T(Field Effect Transistor)を用いることができる。Pチャンネル型又はNチャンネル
型のF E Tのドレイン - ソース間のボディダイオードが、ダイオード1 3 2 Xのような整
流方向を有するように接続すればよい。Nチャンネル型のF E Tを用いる場合は、ソースが
ダイオード1 3 2 Xのアノードであり、ドレインがダイオード1 3 2 Xのカソードである
。

10

【0072】

また、スイッチ1 3 1 Xは、制御部1 5 0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1 3 3 X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1 3 1 Y、ダイオード1 3 2 Y、及びキャパシタ1 3 3 Yとしては、
例えば、F E Tを用いることができる。Pチャンネル型又はNチャンネル型のF E Tのドレイ
ン - ソース間のボディダイオードが、ダイオード1 3 2 Bのような整流方向を有するよう
に接続すればよい。Nチャンネル型のF E Tを用いる場合は、ソースがダイオード1 3 2 Y
のアノードであり、ドレインがダイオード1 3 2 Yのカソードである。

20

【0074】

また、スイッチ1 3 1 Yは、制御部1 5 0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。

30

【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。

40

【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。

50

【 0 0 7 9 】

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 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。

【 0 0 8 0 】

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 1 3 0 内では端子 1 3 4 Y からスイッチ 1 3 1 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。

10

【 0 0 8 1 】

従って、スイッチ 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフにされていて、二次側共振コイル 1 1 0 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 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 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が含まれなくなるからである。

【 0 0 8 2 】

調整部 1 3 0 は、上述のようにスイッチ 1 3 1 X 及び 1 3 1 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 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y の切り替えは、制御部 1 5 0 から出力される駆動信号によって行われる。

20

【 0 0 8 3 】

駆動信号の周波数は、二次側共振コイル 1 1 0 が受電する交流周波数に設定される。

【 0 0 8 4 】

スイッチ 1 3 1 X 及び 1 3 1 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 F E T を組み合わせた調整部 1 3 0 は、高速で交流電流の遮断を行うことができる。

【 0 0 8 5 】

なお、駆動信号と調整部 1 3 0 の動作については、図 6 を用いて後述する。

【 0 0 8 6 】

平滑キャパシタ 1 4 0 は、整流回路 1 2 0 の出力側に接続されており、整流回路 1 2 0 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 1 4 0 の出力側には、出力端子 1 6 0 X、1 6 0 Y が接続される。整流回路 1 2 0 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 1 4 0 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。

30

【 0 0 8 7 】

なお、平滑キャパシタ 1 4 0 の上側の端子と出力端子 1 6 0 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 1 4 0 の下側の端子と出力端子 1 6 0 Y とを結ぶ線路は、低電圧側の線路である。

【 0 0 8 8 】

制御部 1 5 0 は、内部メモリにバッテリー 2 2 0 の定格出力を表すデータを保持する。また、送電器 1 0 の制御部 1 5 からのリクエストに応じて、送電器 1 0 から受電器 1 0 0 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 1 7 0 を介して送電器 1 0 に送信する。

40

【 0 0 8 9 】

また、制御部 1 5 0 は、送電器 1 0 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 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y を駆動する。なお、受電電力は、制御部 1 5 0 が、電圧計 1 4 5 で測定される電圧 V と、バッテリー 2 2 0 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 1 5 1 が受電電力 P を求める。

50

【 0 0 9 0 】

ここで、図 5 を用いて制御部 1 5 0 について説明する。図 5 は、制御部 1 5 0 の内部構成を示す図である。

【 0 0 9 1 】

制御部 1 5 0 は、処理部 1 5 1、発振器 1 5 2、位相シフト回路 1 5 3、位相制御部 1 5 4、反転回路 1 5 5、及び位相原点検出部 1 5 6 を有する。

【 0 0 9 2 】

処理部 1 5 1 は、電圧計 1 4 5 で測定される電圧 V と、バッテリー 2 2 0 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 1 5 1 は、受電電力 P に基づいて、位相制御部 1 5 4 を介して、位相シフト回路 1 5 3 のクロック $CLK1$ 、 $CLK2$ の位相を調整する。

10

【 0 0 9 3 】

また、処理部 1 5 1 は、受電電力 P を位相原点検出部 1 5 6 に入力し、位相原点検出部 1 5 6 に位相の原点を検出させる。

【 0 0 9 4 】

発振器 1 5 2 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 1 5 2 が発振する正弦波は、スイッチ 1 3 1 X 及び 1 3 1 Y を駆動するクロック $CLK1$ 、 $CLK2$ として用いられる。

【 0 0 9 5 】

発振器 1 5 2 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 1 5 2 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。

20

【 0 0 9 6 】

また、発振器 1 5 2 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 1 5 2 を用いる場合の方が、安価に受電器 1 0 0 を提供することができる。

【 0 0 9 7 】

位相シフト回路 1 5 3 は、発振器 1 5 2 の出力側に接続されており、位相制御部 1 5 4 から入力される位相を表す信号に基づき、発振器 1 5 2 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 1 5 3 としては、例えば、Phase Shifter を用いればよい。

30

【 0 0 9 8 】

位相制御部 1 5 4 は、送電器 1 0 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 1 5 3 用の信号に変換して出力する。

【 0 0 9 9 】

位相制御部 1 5 4 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 1 5 5 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 1 5 0 が出力する制御信号である。

40

【 0 1 0 0 】

反転回路 1 5 5 は、位相シフト回路 1 5 3 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 1 5 5 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。

【 0 1 0 1 】

位相原点検出部 1 5 6 は、位相シフト回路 1 5 3 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 1 5 2 が出力するクロックに対する位相シフト回路 1 5 3 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 1 5 6 は、処理部 1 5 1 によって制御される。

50

【 0 1 0 2 】

電圧計 1 4 5 は、出力端子 1 6 0 X と 1 6 0 Y の間に接続される。電圧計 1 4 5 は、受電器 1 0 0 の受電電力を計算するために用いられる。電圧計 1 4 5 で測定される電圧 V と、バッテリー 2 2 0 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 1 0 0 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。

【 0 1 0 3 】

DC - DC コンバータ 2 1 0 は、出力端子 1 6 0 X、1 6 0 Y に接続されており、受電器 1 0 0 から出力される直流電力の電圧をバッテリー 2 2 0 の定格電圧に変換して出力する。DC - DC コンバータ 2 1 0 は、整流回路 1 2 0 の出力電圧の方がバッテリー 2 2 0 の定格電圧よりも高い場合は、整流回路 1 2 0 の出力電圧をバッテリー 2 2 0 の定格電圧まで降圧する。また、DC - DC コンバータ 2 1 0 は、整流回路 1 2 0 の出力電圧の方がバッテリー 2 2 0 の定格電圧よりも低い場合は、整流回路 1 2 0 の出力電圧をバッテリー 2 2 0 の定格電圧まで昇圧する。

【 0 1 0 4 】

バッテリー 2 2 0 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 1 0 0 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 2 2 0 は、このような電子機器のメインのバッテリーである。

【 0 1 0 5 】

なお、一次側コイル 1 1、一次側共振コイル 1 2、二次側共振コイル 1 1 0 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 1 1、一次側共振コイル 1 2、二次側共振コイル 1 1 0 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 1 1、一次側共振コイル 1 2、二次側共振コイル 1 1 0 の材質は異なってもよい。

【 0 1 0 6 】

このような構成において、一次側コイル 1 1 及び一次側共振コイル 1 2 が電力の送電側であり、二次側共振コイル 1 1 0 が電力の受電側である。

【 0 1 0 7 】

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。

【 0 1 0 8 】

磁界共鳴方式は、共振コイル同士の間隔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。

【 0 1 0 9 】

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。

【 0 1 1 0 】

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 の内部を通過して端子 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 の内部を通過して端子 1 3 4 X に流れる電流の向きを反時計回り（CCW (Counterclockwise)）と称す。

【 0 1 1 1 】

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

10

20

30

40

50

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。

【0112】

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。

【0113】

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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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信号の一例であり、スイッチ131X、131Yのスイッチングに用いられる信号である。

50

【 0 1 2 0 】

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。

【 0 1 2 1 】

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。

【 0 1 2 2 】

実施の形態1の受電器100は、交流電圧 V_0 とクロックCLK1、CLK2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CLK1、CLK2の位相を基準として、クロックCLK1、CLK2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。

10

【 0 1 2 3 】

図7(B)では、クロックCLK1、CLK2の位相は、交流電圧 V_0 に対して度遅れている。このように交流電圧 V_0 に対して位相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。

【 0 1 2 4 】

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。

20

【 0 1 2 5 】

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(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。

【 0 1 2 6 】

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。

30

【 0 1 2 7 】

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。

40

【 0 1 2 8 】

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。

【 0 1 2 9 】

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。

【 0 1 3 0 】

50

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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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。

50

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。

10

【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くない状態が生じうる。

【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。

20

【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。

30

【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（A、B）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。

40

【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】

50

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 100 A 及び 100 B に送電される電力を受電器 100 A と 100 B とで分配している。このため、受電器 100 A の調整部 130 A 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 100 A の受電量が減る分だけ、受電器 100 B 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 100 A の受電効率の比率は低下する。また、これに伴い受電器 100 B の受電効率の比率は増大する。

【0152】

受電器 100 A の調整部 130 A 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 100 A の受電効率の比率は、略 0 まで低下し、受電器 100 B の受電効率の比率は、約 0.8 まで増大する。

10

【0153】

そして、受電器 100 A 及び 100 B の受電効率の和は、受電器 100 A の調整部 130 A 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 100 B の調整部 130 A 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 100 A 及び 100 B の受電効率の和は、約 0.8 になる。

【0154】

このように、受電器 100 A の調整部 130 B 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 100 A の調整部 130 A を駆動する駆動信号の位相を 0 度から変化させると、受電器 100 A の受電効率の比率が低下し、受電器 100 B の受電効率の比率が増大する。そして、受電器 100 A 及び 100 B の受電効率の和は、約 0.8 前後の値で大きく変動しない。

20

【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 100 A 及び 100 B に送電される電力を受電器 100 A と 100 B とで分配しているため、位相が変化しても、受電器 100 A 及び 100 B の受電効率の和が大きく変動しない。

【0156】

同様に、受電器 100 A の調整部 130 A 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 100 B の調整部 130 B 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 100 B の受電効率の比率が低下し、受電器 100 A の受電効率の比率が増大することになる。そして、受電器 100 A 及び 100 B の受電効率の和は、約 0.8 前後の値で大きく変動しない。

30

【0157】

従って、受電器 100 A 又は 100 B の調整部 130 A 又は 130 B 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 100 A 及び 100 B 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 130 A 又は 130 B を駆動する駆動信号の位相を変化させると、受電器 100 A 及び 100 B の二次側共振コイル 110 A 及び 110 B の受電効率の比率が変わる。

40

【0159】

このため、実施の形態 1 では、調整部 130 A 及び 130 B 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 220 A の定格出力を二次側共振コイル 110 A の受電効率で除算して得る第 1 の値と、バッテリー 220 B の定格出力を二次側共振コイル 110 B 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 (100 A 又は 100 B)

50

0 B) 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 (100 A 又は 100 B) 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 (100 A 又は 100 B) 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 (100 A 又は 100 B) 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 (100 A 又は 100 B) への電力供給量を増やすことができる。この結果、受電器 100 A 及び 100 B への電力供給量のバランスを改善

10

【0164】

図 10 から分かるように、いずれか一方の受電器 (100 A 又は 100 B) の位相を変化させると、その受電器 (100 A 又は 100 B) の受電電力量が低下する。また、いずれか他方の受電器 (100 A 又は 100 B) 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 (100 A 又は 100 B) 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 (100 A 又は 100 B) 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 (100 A

20

【0166】

このようにして、受電器 100 A 及び 100 B 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 0 W 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_0 の周波数と、クロック CLK 1、CLK 2 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。

30

【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。

40

【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くても、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 6.78 MHz である場合に、交流電圧 V_0 の周波数と、クロック CLK 1、CLK 2 の周波数との周波数差が 1 mHz 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 CLK 1、CLK 2 の周波数との周波数差が 1 mHz 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。

50

【 0 1 7 3 】

交流電圧 V_0 の周波数が 6 . 7 8 M H z 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 1 m H z にすることも簡単ではない。

【 0 1 7 4 】

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。

【 0 1 7 5 】

図 1 3 及び図 1 4 は、実施の形態 1 の受電器 1 0 0 でうなりの影響を緩和する手法を示す図である。図 1 3 及び図 1 4 において、横軸は時間であり、縦軸は受電器 1 0 0 の受電電力を示す。

10

【 0 1 7 6 】

図 1 3 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 C L K 1、C L K 2 の位相を調整して、受電電力を増大させる。図 1 3 では、 $t = t_1$ でクロック C L K 1、C L K 2 の位相を調整して、受電電力を増大させている。

【 0 1 7 7 】

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 C L K 1、C L K 2 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 1 0 0 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 C L K 1、C L K 2 の周波数を調整する。

20

【 0 1 7 8 】

このようなクロック C L K 1、C L K 2 の周波数の調整は、電圧計 1 4 5 の検出電圧に基づいて処理部 1 5 1 が算出する受電電力に基づいて発振器 1 5 2 (図 5 参照) が行う。なお、受電電力 P_0 は、クロック C L K 1、C L K 2 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 1 0 0 が送電器 1 0 から受電する場合には、複数の受電器 1 0 0 への電力配分を最適化するために、送電器 1 0 によって設定される。

【 0 1 7 9 】

また、うなりが発生している場合には、クロック C L K 1、C L K 2 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 C L K 1、C L K 2 の位相を繰り返し調整することによって、図 1 4 に示すように、受電電力の低下分を 1% 以内に行うことができる。図 1 4 では、クロック C L K 1、C L K 2 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。

30

【 0 1 8 0 】

このようなクロック C L K 1、C L K 2 の位相の調整は、位相シフト回路 1 5 3 (図 5 参照) が処理部 1 5 1 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 1 3 に示す電力 P_0 である。

【 0 1 8 1 】

図 1 4 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。

40

【 0 1 8 2 】

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 C L K 1、C L K 2 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。

【 0 1 8 3 】

図 1 5 は、位相の原点を見つける手法を示す図である。

【 0 1 8 4 】

実施の形態 1 の受電器 1 0 0 では、クロック C L K 1、C L K 2 の位相を 360 度スキ

50

ヤ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 CLK 1、CLK 2 の位相のスキューは、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 CLK 1、CLK 2 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

10

20

30

40

50

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 $L_{R A}$ と抵抗器 $R_{R A}$ であり、キャパシタ115Aは、キャパシタ $C_{R A}$ である。また、平滑キャパシタ140Aはキャパシタ $C_{S A}$ であり、DC-DCコンバータ210Aとバッテリー220Aは、抵抗器 $R_{L A}$ である。

【0205】

同様に、二次側共振コイル110Bは、コイル $L_{R B}$ と抵抗器 $R_{R B}$ であり、キャパシ

10

20

30

40

50

タ 1 1 5 B は、キャパシタ $C_{R B}$ である。また、平滑キャパシタ 1 4 0 B はキャパシタ $C_{S B}$ であり、D C - D C コンバータ 2 1 0 B とバッテリー 2 2 0 B は、抵抗器 $R_{L B}$ である。

【 0 2 0 6 】

また、送電装置 8 0 の一次側共振コイル 1 2 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 1 4 は、キャパシタ C_T である。

【 0 2 0 7 】

送電装置 8 0 と電子機器 2 0 0 A との相互インダクタンスを $M_{T A}$ 、送電装置 8 0 と電子機器 2 0 0 B との相互インダクタンスを $M_{T B}$ 、電子機器 2 0 0 A と 2 0 0 B との相互インダクタンスを $M_{A B}$ とする。

10

【 0 2 0 8 】

ここで、相互インダクタンス $M_{T A}$ と相互インダクタンス $M_{T B}$ を比べると、相互インダクタンス $M_{A B}$ 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 $M_{T A}$ と相互インダクタンス $M_{T B}$ について検討する。

【 0 2 0 9 】

相互インダクタンス $M_{T A}$ は、送電装置 8 0 と、電子機器 2 0 0 A の受電器 1 0 0 A との受電効率によって決まる。受電効率は、送電装置 8 0 に対する受電器 1 0 0 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 $M_{T B}$ は、送電装置 8 0 と、電子機器 2 0 0 B の受電器 1 0 0 B との受電効率によって決まる。

20

【 0 2 1 0 】

受電器 1 0 0 A の受電効率は、受電器 1 0 0 B をオフにした状態で、送電器 1 0 から受電器 1 0 0 A に電力を送電し、受電器 1 0 0 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 1 0 0 B の受電効率は、受電器 1 0 0 A をオフにした状態で、送電器 1 0 から受電器 1 0 0 B に電力を送電し、受電器 1 0 0 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。

【 0 2 1 1 】

従って、受電器 1 0 0 A と 1 0 0 B の単独での受電効率を求めれば、相互インダクタンス $M_{T A}$ と、相互インダクタンス $M_{T B}$ を求めることができる。

【 0 2 1 2 】

実施の形態 1 では、受電器 1 0 0 A 及び 1 0 0 B の二次側共振コイル 1 1 0 A 及び 1 1 0 B の受電効率の比率を変えるために、調整部 1 3 0 A 又は 1 3 0 B を駆動する駆動信号の位相を変化させる。

30

【 0 2 1 3 】

このため、相互インダクタンス $M_{T A}$ と相互インダクタンス $M_{T B}$ 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。

【 0 2 1 4 】

図 1 8 は、相互インダクタンス $M_{T A}$ と相互インダクタンス $M_{T B}$ 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。

40

【 0 2 1 5 】

図 1 8 の (A) は、調整部 1 3 0 B 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 1 3 0 A 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。

【 0 2 1 6 】

相互インダクタンス $M_{T A 1}$ 、 $M_{T A 2}$ 、 $M_{T A 3} \dots$ は、実際には、具体的な相互インダクタンス $M_{T A}$ の値をとる。同様に、相互インダクタンス $M_{T B 1}$ 、 $M_{T B 2}$ 、 $M_{T B 3} \dots$ は、実際には、具体的な相互インダクタンス $M_{T B}$ の値をとる。位相 $PH 1 A$ 、 $PH 2 A$ 、 $PH 3 A$ 、 \dots 、 $PH 1 1 A$ 、 $PH 1 2 A$ 、 $PH 1 3 A$ 、 \dots 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。

【 0 2 1 7 】

50

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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

3 1 A)。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。

【 0 2 2 9 】

なお、位相の原点は、位相シフト回路 1 5 3 で駆動信号の位相を変化させて、電圧計 1 4 5 の検出電圧に基づいて処理部 1 5 1 が算出する受電電力を検出することにより、図 1 5 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。

【 0 2 3 0 】

次いで、制御部 1 5 は、受電器 1 0 0 B の調整部 1 3 0 B を駆動する駆動信号の位相を設定する（ステップ S 3 2 A）。具体的には、制御部 1 5 は、図 1 4 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 1 0 0 A、1 0 0 B の受電効率 E_A 、 E_B から受電器 1 0 0 A、1 0 0 B の相互インダクタンス M_{TA} 、 M_{TB} を求める。そして、制御部 1 5 は、図 1 3 の（B）に示すテーブルデータから、受電器 1 0 0 A、1 0 0 B の相互インダクタンス M_{TA} 、 M_{TB} に基づいて、受電器 1 0 0 B の調整部 1 3 0 B を駆動する駆動信号の位相を求める。

10

【 0 2 3 1 】

ステップ S 3 2 A 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。

【 0 2 3 2 】

また、制御部 1 5 は、第 1 の値が第 2 の値よりも小さい（S 3 1 : NO）と判定すると、受電器 1 0 0 B の調整部 1 3 0 B 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 3 1 B）。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。

20

【 0 2 3 3 】

次いで、制御部 1 5 は、受電器 1 0 0 A の調整部 1 3 0 A を駆動する駆動信号の位相を設定する（ステップ S 3 2 B）。具体的には、制御部 1 5 は、図 1 4 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 1 0 0 A、1 0 0 B の受電効率 E_A 、 E_B から受電器 1 0 0 A、1 0 0 B の相互インダクタンス M_{TA} 、 M_{TB} を求める。そして、制御部 1 5 は、図 1 3 の（A）に示すテーブルデータから、受電器 1 0 0 A、1 0 0 B の相互インダクタンス M_{TA} 、 M_{TB} に基づいて、受電器 1 0 0 A の調整部 1 3 0 A を駆動する駆動信号の位相を求める。

【 0 2 3 4 】

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。

30

【 0 2 3 5 】

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。

【 0 2 3 6 】

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。

【 0 2 3 7 】

ここでは、クロック CLK 1、CLK 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。

【 0 2 3 8 】

40

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。

【 0 2 3 9 】

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。

【 0 2 4 0 】

スイッチ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

50

整を行わないことを表す場合である。

【 0 2 4 1 】

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。

【 0 2 4 2 】

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。

10

【 0 2 4 3 】

制御部 1 5 0 は、受電器 1 0 0 (自己) が移動しているかどうかを判定する (ステップ S 3 3 0)。受電器 1 0 0 (自己) が移動しているかどうかは、例えば、制御部 1 5 0 を含む電子機器が内蔵する加速度センサ 4 1 (図 4 参照) の検出値に基づいて判定すればよい。

【 0 2 4 4 】

ステップ S 3 3 0 で受電器 1 0 0 (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 1 5 0 が送電器 1 0 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。

20

【 0 2 4 5 】

制御部 1 5 0 は、受電器 1 0 0 (自己) が移動していない (S 3 3 0 : N O) 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 S 3 4 0)。ステップ S 3 4 0 の詳細は、図 2 4 を用いて後述するが、ステップ S 3 4 0 では、制御部 1 5 0 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。

【 0 2 4 6 】

制御部 1 5 0 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 3 5 0)。ステップ S 3 5 0 では、受電器 1 0 0 (自己) が受電しているかどうかで判定すればよい。

30

【 0 2 4 7 】

制御部 1 5 0 は、受電状態が継続している (S 3 5 0 : Y E S) と判定すると、フローをステップ S 3 4 0 にリターンする。この結果、制御部 1 5 0 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。

【 0 2 4 8 】

また、制御部 1 5 0 は、受電状態が継続していない (S 3 5 0 : N O) と判定すると、一連の処理を終了する (エンド)。

【 0 2 4 9 】

制御部 1 5 0 は、受電器 1 0 0 (自己) が移動している (S 3 3 0 : Y E S) 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 S 3 5 1)。

40

【 0 2 5 0 】

制御部 1 5 0 は、受電電力が減少している (S 3 5 1 : Y E S) と判定すると、スイッチング信号の位相は最大値 $M_{A X}$ であるかどうかを判定する (ステップ S 3 5 2)。受電電力が減少しているかどうかは、電圧計 1 4 5 の検出電圧に基づいて処理部 1 5 1 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。

【 0 2 5 1 】

最大値 $M_{A X}$ 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 3 5 2 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 $M_{A X}$ は、3 6 0 度である。

【 0 2 5 2 】

50

ステップS352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 $M A X$ である (S352: 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S353)。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S354)。ステップS354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。

10

【0255】

制御部150は、受電状態が継続していない (S354: 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 (S354: 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S358)。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。

20

【0257】

また、制御部150は、ステップS351において、受電電力が減少していない (S351: 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S355)。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S351の処理を終えると、フローをステップS300にリターンする。

【0259】

また、制御部150は、ステップS352において、スイッチング信号の位相が最大値 $M A X$ ではない (S352: 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S356)。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。

30

【0260】

制御部150は、ステップS356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S357)。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S357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。

40

【0261】

制御部150は、設定した受電電力に到達している (S357: YES) と判定すると、フローをステップS300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 (S357: NO) と判定すると、フローをステップS353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 (S300: 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S359)。ステップ

50

S 3 5 9 の処理が終了すると、一連の処理が終了する（エンド）。

【 0 2 6 4 】

以上で、図 2 1 に示すフローが終了する。

【 0 2 6 5 】

次に、図 2 2 に示すフローチャートについて説明する。

【 0 2 6 6 】

制御部 1 5 0 は、テスト受電を開始する（ステップ S 3 1 1）。テスト受電は、予め設定した所定電力を送電器 1 0 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。

10

【 0 2 6 7 】

制御部 1 5 0 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 3 1 2）。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。

【 0 2 6 8 】

制御部 1 5 0 は、受電電力のうなりが所定レベル以下である（S 3 1 2 : 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 S 3 1 3）。ステップ S 3 1 3 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 CLK 1、CLK 2 の周波数を調整する。

20

【 0 2 6 9 】

制御部 1 5 0 は、ステップ S 3 1 3 の処理を終えると、フローをステップ S 3 1 2 にリターンする。

【 0 2 7 0 】

制御部 1 5 0 は、受電電力のうなりが所定レベル以下ではない（S 3 1 2 : 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 S 3 1 4）。

【 0 2 7 1 】

以上で、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 が完了する（エンド）。

【 0 2 7 2 】

次に、図 2 3 に示すフローチャートについて説明する。

30

【 0 2 7 3 】

制御部 1 5 0 は、テスト受電を開始する（ステップ S 3 2 1）。テスト受電は、予め設定した所定電力を送電器 1 0 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。

【 0 2 7 4 】

制御部 1 5 0 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 S 3 2 2）。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 1 5 3 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 1 4 5 の検出電圧に基づいて処理部 1 5 1 が受電電力を測定すればよい。これにより、図 1 5 に示すような特性が求められる。

40

【 0 2 7 5 】

制御部 1 5 0 は、ステップ S 3 2 2 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 S 3 2 3）。

【 0 2 7 6 】

制御部 1 5 0 は、ステップ S 3 2 3 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。

【 0 2 7 7 】

50

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）。

【 0 2 7 8 】

次に、図 2 4 に示すフローチャートについて説明する。

【 0 2 7 9 】

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。

【 0 2 8 0 】

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 P 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 P 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。

10

【 0 2 8 1 】

制御部 1 5 0 は、誤差 P 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）。

【 0 2 8 2 】

制御部 1 5 0 は、誤差 P 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）。

【 0 2 8 3 】

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。

20

【 0 2 8 4 】

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。

【 0 2 8 5 】

制御部 1 5 0 は、誤差 P 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。

30

【 0 2 8 6 】

以上、実施の形態 1 によれば、受電器 1 0 0 A 及び 1 0 0 B の二次側共振コイル 1 1 0 A 及び 1 1 0 B の受電効率と、電子機器 2 0 0 A 及び 2 0 0 B の定格出力とにより、受電器 1 0 0 A 及び 1 0 0 B への必要送電量を求める。

【 0 2 8 7 】

そして、受電器 1 0 0 A 及び 1 0 0 B のうち、必要送電量が小さい方の受電器（1 0 0 A 又は 1 0 0 B）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。

【 0 2 8 8 】

この結果、必要送電量が小さい方の受電器（1 0 0 A 又は 1 0 0 B）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（1 0 0 A 又は 1 0 0 B）への電力供給量を増やすことができる。

40

【 0 2 8 9 】

このようにして、受電器 1 0 0 A 及び 1 0 0 B への電力供給量のバランスを改善する。

【 0 2 9 0 】

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 1 0 0 A 又は 1 0 0 B 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 4 0 0 を提供することができる。

【 0 2 9 1 】

50

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 CLK 1、CLK 2 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 CLK 1、CLK 2 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 P が大きくなると、クロック CLK 1、CLK 2 (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。

10

【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 CLK 1、CLK 2 (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。

20

【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。

30

【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。

40

【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 CLK 1、CLK 2 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】

50

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 (150A 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 の内部を通過して端子 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 の内部を通過して端子 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。

10

20

30

40

50

【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。

10

【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。

20

【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。

30

【0317】

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。

40

【0318】

図27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。

【0319】

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

50

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。

【 0 3 2 0 】

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。

【 0 3 2 1 】

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。

10

【 0 3 2 2 】

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。

【 0 3 2 3 】

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 5 0 0 とデータ通信を行う。

【 0 3 2 4 】

20

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 5 0 0 の二次側共振コイル 1 1 0 に送電する。

【 0 3 2 5 】

次に、受電器 5 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。

【 0 3 2 6 】

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。

30

【 0 3 2 7 】

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 5 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。

【 0 3 2 8 】

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 5 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。

40

【 0 3 2 9 】

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 5 3 0 が並列に接続されている。キャパシタ 1 1 5 は、第 1 キャパシタの一例である。

【 0 3 3 0 】

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

50

24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135を有する。スイッチ131X、131Y、ダイオード132X、132Y、キャパシタ133X、133Y、端子134X、134Yは、実施の形態1と同様である。

10

【0333】

キャパシタ135は、端子134X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131Xの一端と、ダイオード132Xのカソードと、キャパシタ133X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131X及び131Y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132X及び132Yの直列回路に直列に挿入されており、キャパシタ133X及び133Y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133X又は133Y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133X又は133Yのいずれか一方と、キャパシタ135と、キャパシタ115とが含まれる場合に、磁界共鳴による共振が発生する。

20

【0335】

なお、二次側共振コイル110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110のインダクタンスである。

【0336】

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530内では端子134Xからキャパシタ135、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27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。

30

【0337】

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530内では端子134Xからキャパシタ135、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。

【0338】

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。

40

【0339】

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530内では端子134Yからキャパシタ133Y、スイッチ131X、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に共振電流が流れ得る状態になる。すなわち、図27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。

50

【0340】

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530内では端子134Yからスイッチ131Y、ダイオード132X、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。

【0341】

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。

10

【0342】

調整部530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。

【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530は、高速で交流電流の遮断を行うことができる。

20

【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。

30

【0347】

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。

【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134Xからキャパシタ115又は調整部530の内部を通過して端子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530の内部を通過して端子134Xに流れる電流の向きを反時計回り(CCW(Counterclockwise))と称す。

40

【0349】

また、ここでは、スイッチ131X及び131Y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131X及び131Y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135、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。

50

【 0 3 5 1 】

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 (C C W) の場合は、端子 1 3 4 Y からキャパシタ 1 3 3 Y、ダイオード 1 3 2 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。

【 0 3 5 2 】

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 (C W) の場合は、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。従って、二次側共振コイル 1 1 0 には共振電流は流れない。なお、この場合には、スイッチ 1 3 1 Y をオンにしても、二次側共振コイル 1 1 0 には共振電流は流れない。

10

【 0 3 5 3 】

スイッチ 1 3 1 X がオンでスイッチ 1 3 1 Y がオフで、電流が反時計回り (C C W) の場合は、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。なお、スイッチ 1 3 1 X と並列なダイオード 1 3 2 X にも電流が流れる。

20

【 0 3 5 4 】

スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンで、電流が時計回り (C W) の場合は、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。なお、スイッチ 1 3 1 Y と並列なダイオード 1 3 2 Y にも電流が流れる。

【 0 3 5 5 】

スイッチ 1 3 1 X がオフでスイッチ 1 3 1 Y がオンで、電流が反時計回り (C C W) の場合は、調整部 5 3 0 内では端子 1 3 4 Y からスイッチ 1 3 1 Y、ダイオード 1 3 2 X、及びキャパシタ 1 3 5 を経て端子 1 3 4 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 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 1 1 0 には共振電流は流れない。なお、この場合には、スイッチ 1 3 1 X をオンにしても、二次側共振コイル 1 1 0 には共振電流は流れない。

30

【 0 3 5 6 】

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 1 1 5 と、キャパシタ 1 3 2 X 又は 1 3 2 Y と、キャパシタ 1 3 5 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 1 3 2 X 又は 1 3 2 Y のいずれか一方が含まれる。このため、キャパシタ 1 3 2 X と 1 3 2 Y の静電容量は等しいことが望ましい。

【 0 3 5 7 】

図 2 9 は、実施の形態 2 の変形例の調整部 5 3 0 - 1、5 3 0 - 2 を示す図である。

40

【 0 3 5 8 】

図 2 9 (A) に示す調整部 5 3 0 - 1 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、端子 1 3 4 X、1 3 4 Y、及びキャパシタ 1 3 5 A を有する。

【 0 3 5 9 】

キャパシタ 1 3 5 A は、スイッチ 1 3 1 Y の右側の端子と、ダイオード 1 3 2 Y のアノードと、キャパシタ 1 3 3 Y の右側の端子との接続点 1 3 6 A と、端子 1 3 4 Y との間に直列に挿入されている。

【 0 3 6 0 】

50

図 29 (B) に示す調整部 530 - 2 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 B を有する。

【0361】

キャパシタ 135 B は、スイッチ 131 X の右側の端子と、ダイオード 132 X のカソードと、キャパシタ 133 X の右側の端子との接続点 136 C と、スイッチ 131 Y の左側の端子と、ダイオード 132 Y のカソードと、キャパシタ 133 Y の左側の端子との接続点 136 D 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 135 B 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 135 B を加えてもよい。このような場合には、キャパシタ 135 B 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 132 X 及び 132 Y 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 530 V を示す図である。

【0364】

調整部 530 V は、スイッチ 131 X、131 Y、ダイオード 132 V X、132 V 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。ダイオード 132 V X、132 V Y の整流方向は、それぞれ、図 27 に示すダイオード 132 X、132 Y 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 530 V における電流経路を示す図である。図 31 では、端子 134 X からキャパシタ 115 又は調整部 530 V 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 V 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。

【0366】

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 V 内では端子 134 X からキャパシタ 135、ダイオード 132 V X 及びスイッチ 131 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。

【0367】

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 V 内では端子 134 Y からスイッチ 131 Y、キャパシタ 133 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。

【0368】

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 V 内では端子 134 X からキャパシタ 135、スイッチ 131 X 及びキャパシタ 133 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。

【0369】

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 V 内では端子 134 Y からダイオード 132 V Y、スイッチ 131

10

20

30

40

50

X、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、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る、効率的に受電することができる。

10

【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】

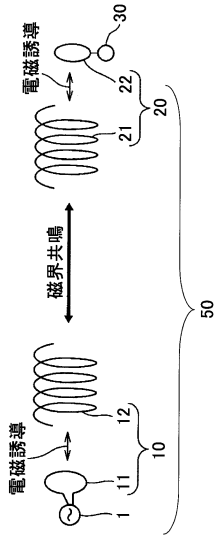
- 10 送電器
- 11 一次側コイル
- 12 一次側共振コイル
- 13 整合回路
- 14 キャパシタ
- 15 制御部
- 100、100A、100B、101、101-1～101-N、103、500 受電器
- 110、110A、110B 二次側共振コイル
- 120、121、122、123、124 整流回路
- 130、130A、130B 調整部
- 131X、131Y スイッチ
- 132X、132Y ダイオード
- 133X、133Y キャパシタ
- 134X、134Y 端子
- 140、140A、140B 平滑キャパシタ
- 150、150A、150B 制御部
- 160X、160Y 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

20

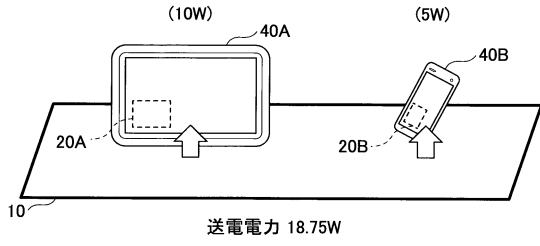
30

40

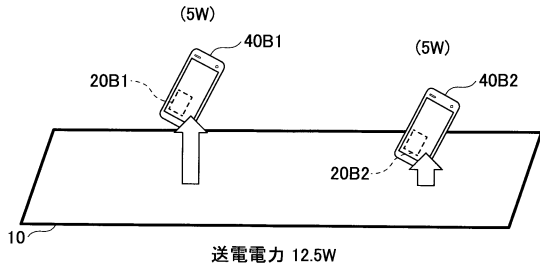
【図1】



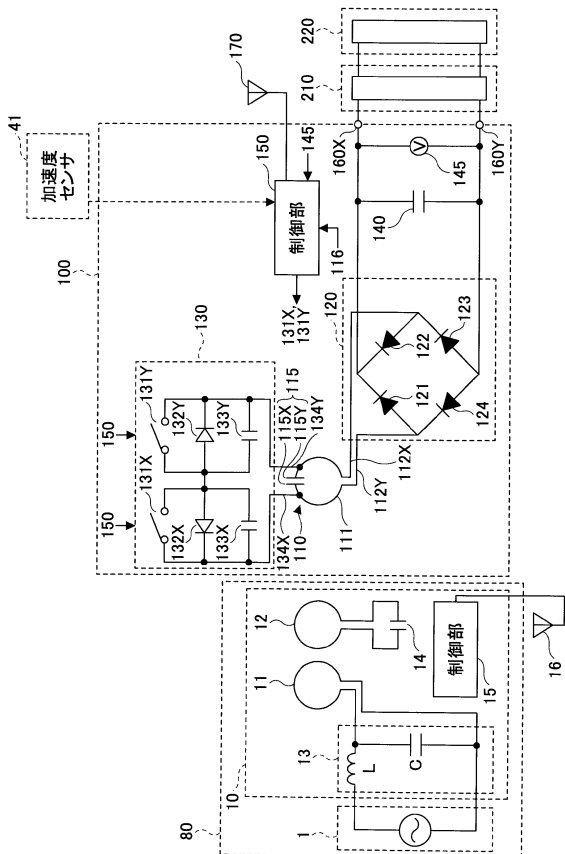
【図2】



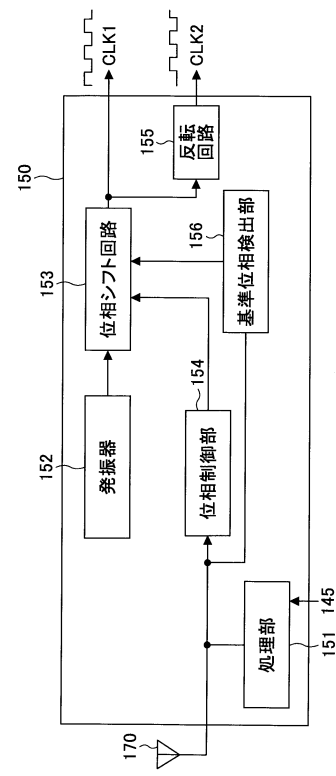
【図3】



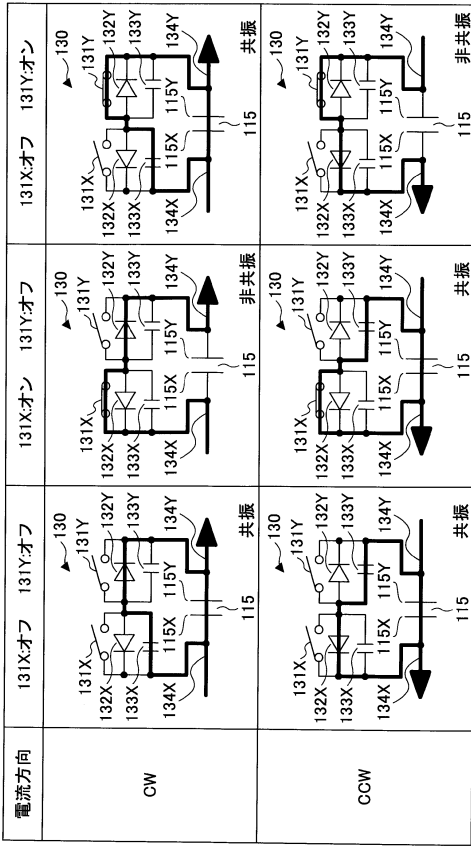
【図4】



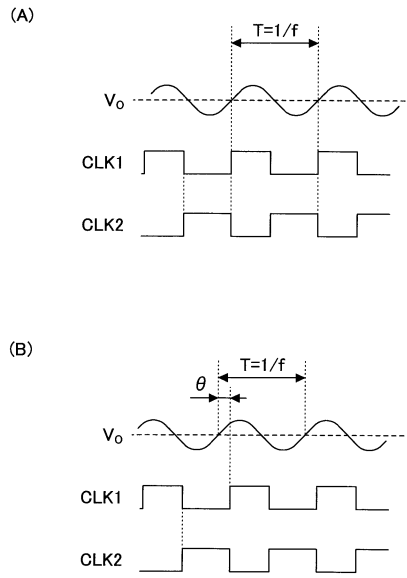
【図5】



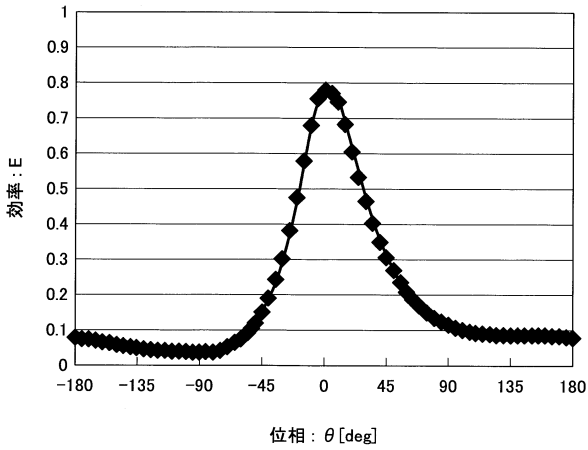
【 図 6 】



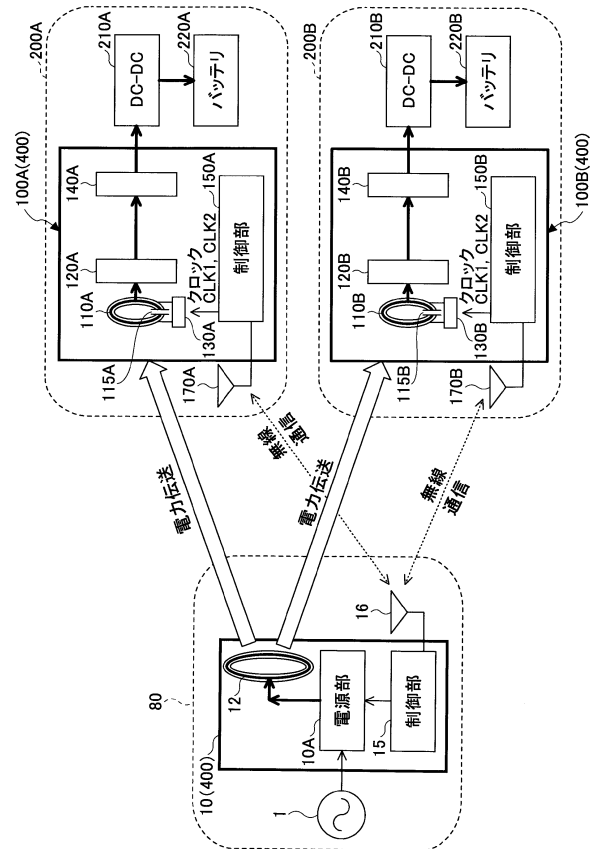
【 図 7 】



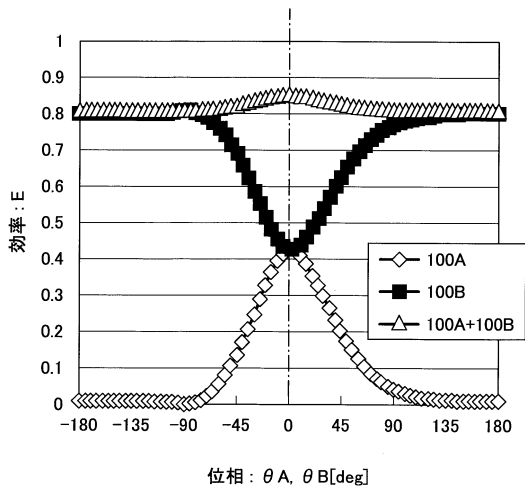
【 図 8 】



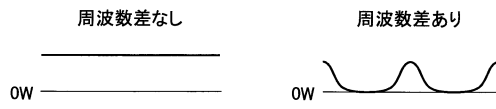
【 図 9 】



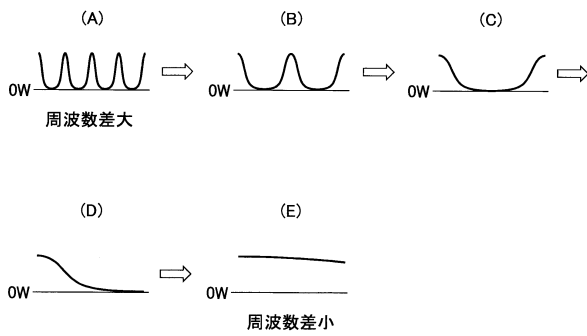
【図10】



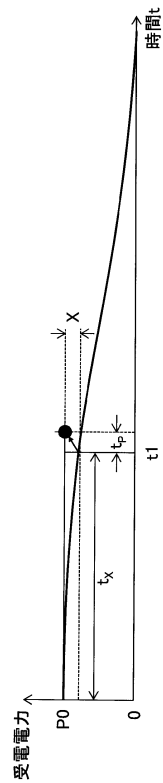
【図11】



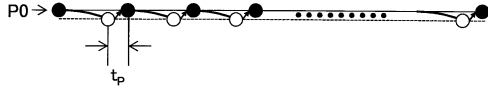
【図12】



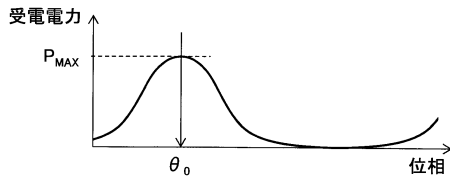
【図13】



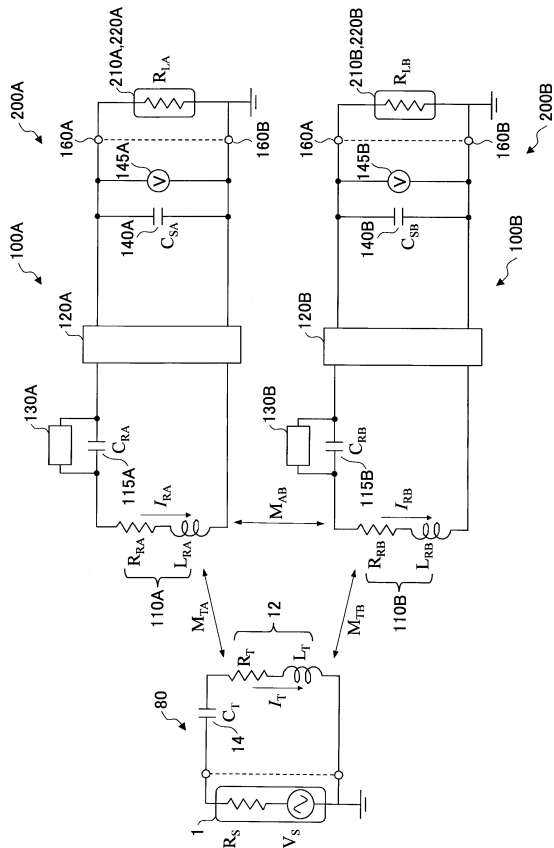
【図14】



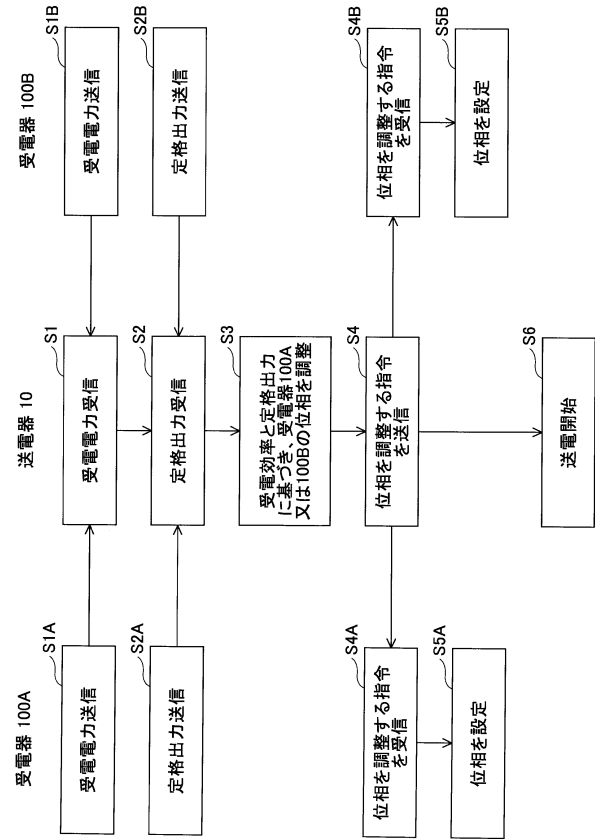
【図15】



【図17】



【図16】



【図18】

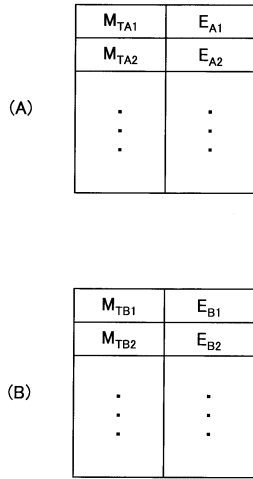
(A)

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

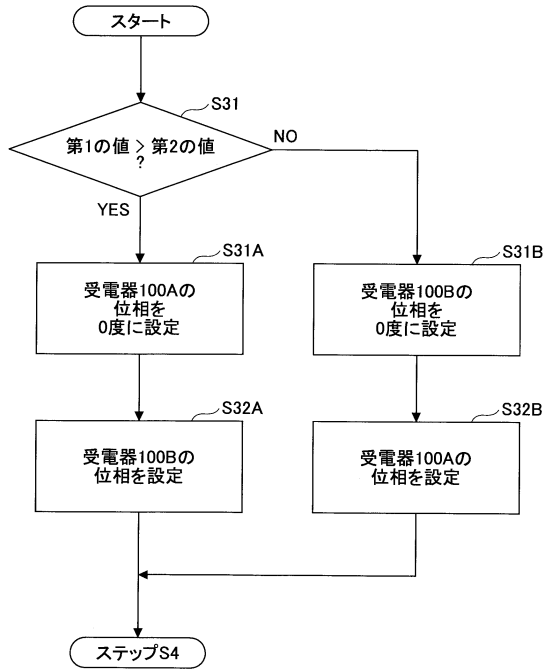
(B)

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

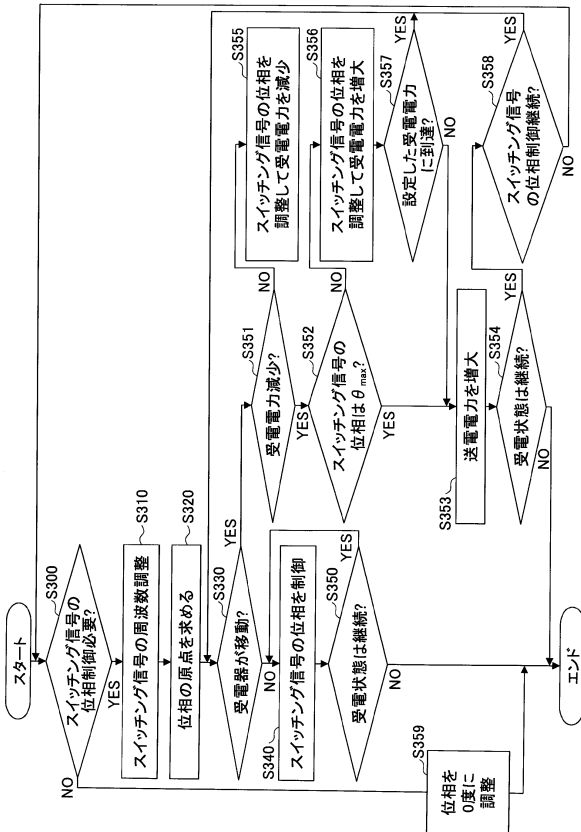
【図19】



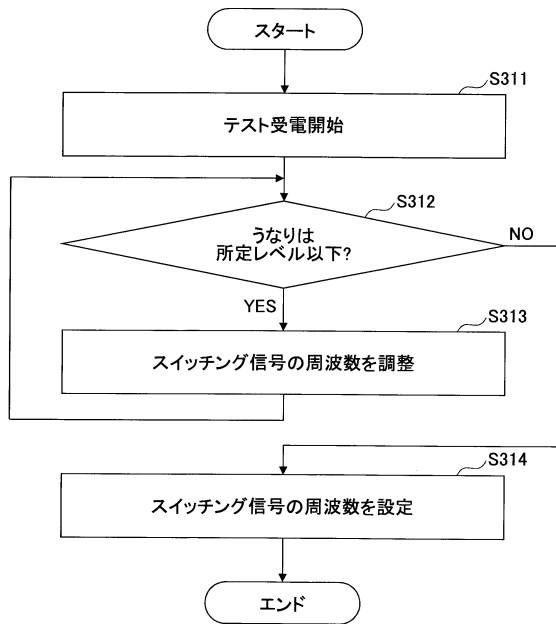
【図20】



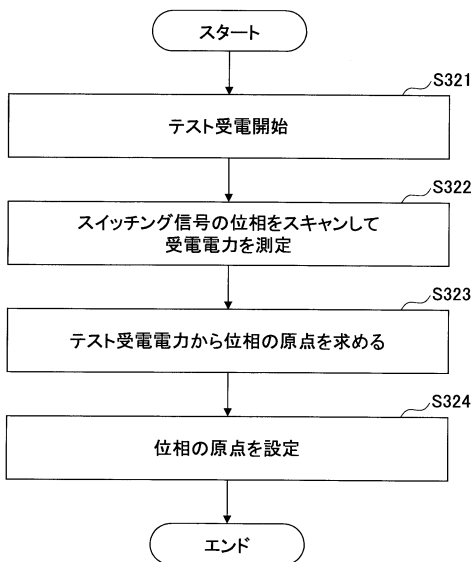
【図21】



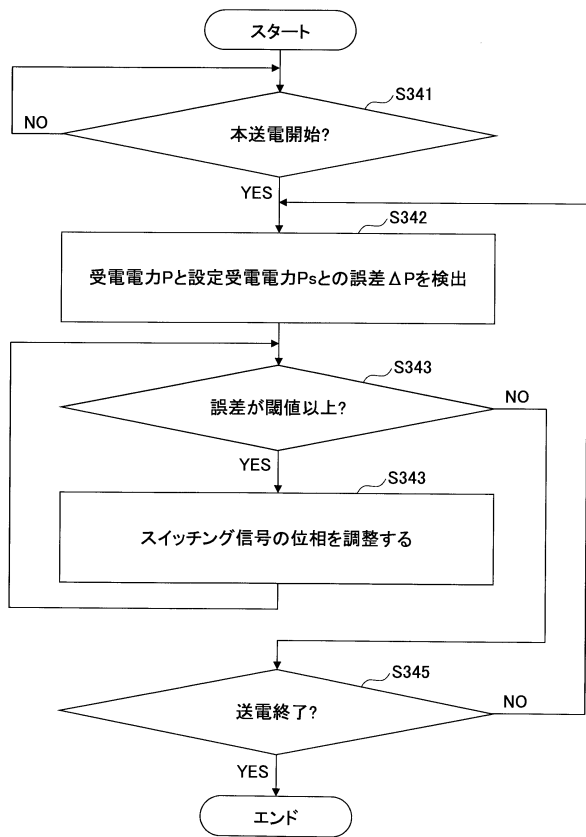
【図22】



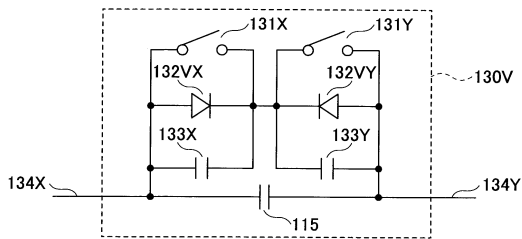
【図23】



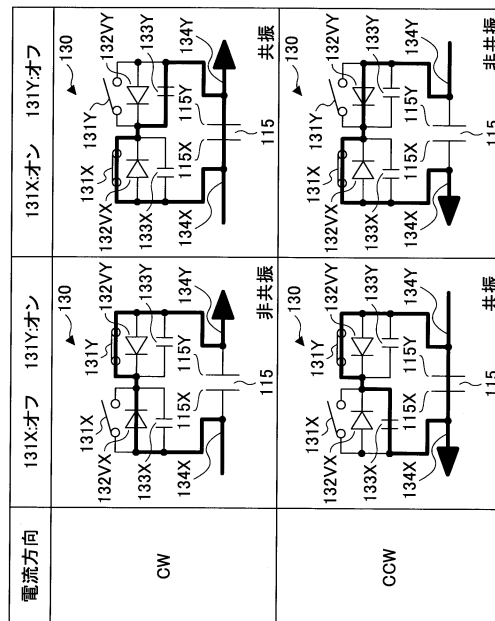
【図24】



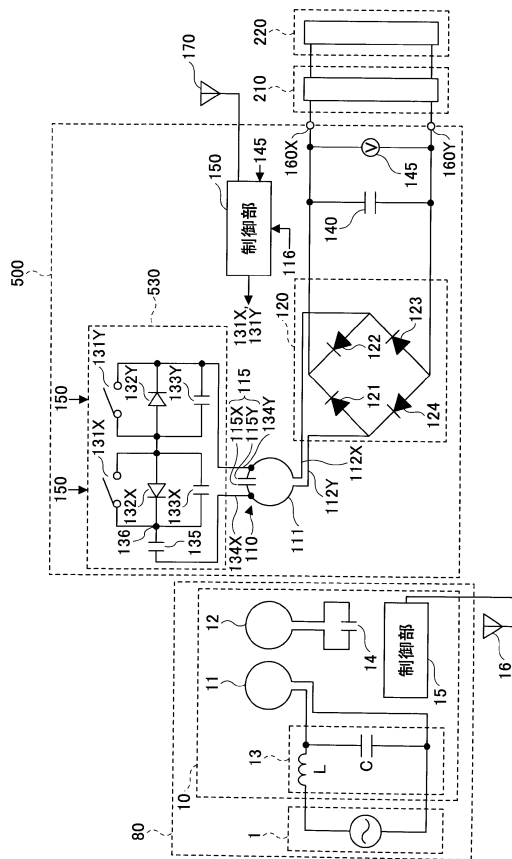
【図25】



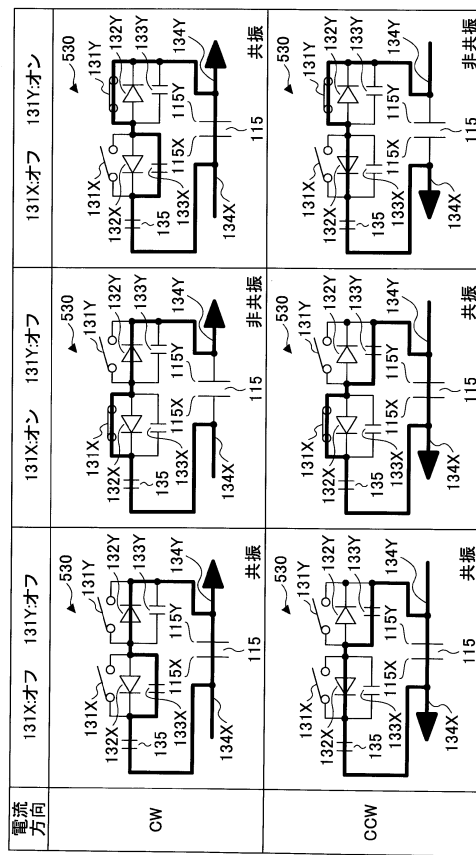
【図26】



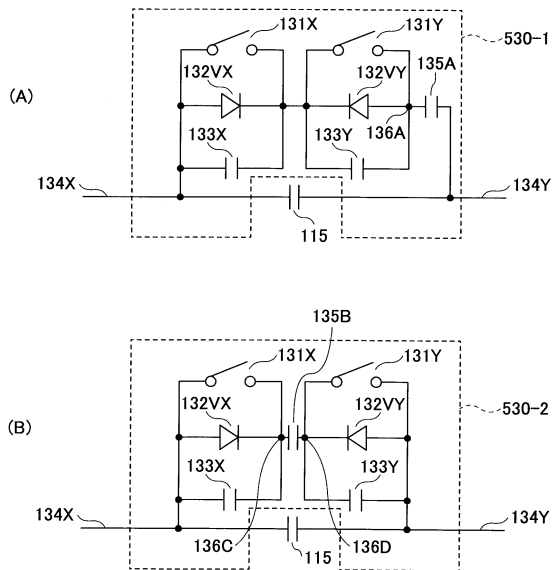
【図 27】



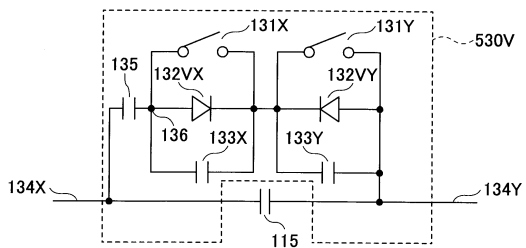
【図 28】



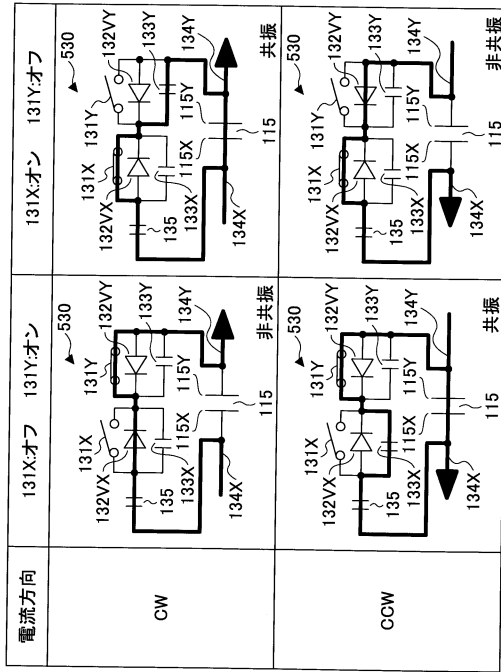
【図 29】



【図 30】



【 図 3 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 内田 昭嘉

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

審査官 宮本 秀一

(56)参考文献 特開2004-072832(JP,A)

国際公開第2013/146929(WO,A1)

特開2014-155418(JP,A)

特開2014-093829(JP,A)

米国特許出願公開第2014/0028108(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J50/00-50/90