

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-199975

(P2011-199975A)

(43) 公開日 平成23年10月6日(2011.10.6)

(51) Int.Cl.
H02J 17/00 (2006.01)

F I
H02J 17/00

テーマコード (参考)

B

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-62307(P2010-62307)
(22) 出願日 平成22年3月18日(2010.3.18)

(71) 出願人 000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号
(74) 代理人 100064621
弁理士 山川 政樹
(72) 発明者 帰山 隼一
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

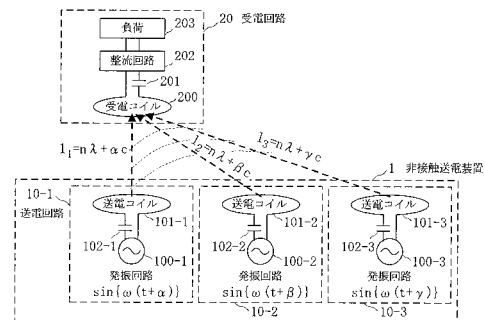
(54) 【発明の名称】 非接触送電装置、非接触送電システムおよび非接触送電方法

(57) 【要約】

【課題】送電効率を改善する。

【解決手段】非接触送電装置1は、N(Nは2以上の整数)個の送電回路10と、このN個の送電回路10を制御する制御回路11とを備える。送電回路10は、直列に接続されたキャパシタ102と送電コイル101とからなる送電側LCタンク回路と、この送電側LCタンク回路に電力を供給する発振回路100とを有する。N個の送電回路10の送電コイル101は、マトリクス状に配置される。制御回路11は、N個の送電回路10の送電コイル101のうち少なくとも2個の送電コイル101から到達する磁場の変化の位相が受電回路20の受電コイル200において揃うように、N個の送電回路10の各発振回路100が発生する信号の位相を制御する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

N (N は 2 以上の整数) 個の送電回路と、この N 個の送電回路を制御する制御手段とを備え、

前記送電回路は、

直列に接続されたキャパシタと送電コイルとからなる送電側 LC タンク回路と、

この送電側 LC タンク回路に電力を供給する発振回路とを有し、

前記 N 個の送電回路の送電コイルは、マトリクス状に配置され、

前記制御手段は、前記 N 個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも 2 個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が受電回路の受電コイルにおいて揃うように、前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の非接触送電装置において、

前記制御手段は、さらに、前記 N 個の送電回路の各発振回路のオン / オフ、発振周波数、発振信号の振幅のうち少なくとも 1 つを制御することを特徴とする非接触送電装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の非接触送電装置において、

前記制御手段は、前記 N 個の送電回路のうち M (M は N 以下の整数) 個の送電回路の発振回路を同じ周波数で発振させ、この M 個の送電回路に含まれる第 1 の送電回路の発振回路が発生する信号と前記 M 個の送電回路に含まれる第 2 の送電回路の発振回路が発生する信号との位相差が、前記第 1 の送電回路の送電コイルと前記受電回路の受電コイルとの間の距離と、前記第 2 の送電回路の送電コイルと前記受電コイルとの間の距離との差に比例するように、前記 M 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

20

【請求項 4】

請求項 2 記載の非接触送電装置において、

前記制御手段は、R (R は N 以下の整数) 個の前記受電回路の各々に対応して少なくとも 2 個の送電回路を受電回路ごとに動作させ、各送電回路が備える発振回路を、対応する受電回路ごとに異なる周波数で発振させることを特徴とする非接触送電装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の非接触送電装置において、

さらに、基準クロック信号を生成する基準クロック信号発生回路と、

前記送電回路ごとに設けられ、クロック入力端子に入力された前記基準クロック信号を遅延させ、遅延させたクロック信号を対応する送電回路が備える発振回路の同期制御入力端子に入力する N 個の変遅延回路とを備え、

前記制御手段は、N 個の位相制御信号を前記 N 個の変遅延回路の制御入力端子に入力し、前記 N 個の変遅延回路の遅延量を制御することにより、前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の非接触送電装置において、

さらに、基準クロック信号を前記 N 個の送電回路が備える発振回路の同期制御入力端子に入力する基準クロック信号発生回路を備え、

前記 N 個の送電回路は、前記発振回路の出力端子と前記送電側 LC タンク回路の入力端子との間に、前記発振回路からクロック入力端子に入力された信号を遅延させ、遅延させた信号を後段の送電側 LC タンク回路に入力する可変遅延回路をそれぞれ備え、

前記制御手段は、N 個の位相制御信号を N 個の前記可変遅延回路の制御入力端子に入力し、前記 N 個の変遅延回路の遅延量を制御することにより、前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

40

【請求項 7】

50

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の非接触送電装置において、

前記 N 個の送電回路は、前記発振回路から前記送電側 LC タンク回路に流れる電流と前記発振回路から前記送電側 LC タンク回路に印加される電圧のうち少なくとも一方を検出する検出回路をそれぞれ備え、

前記制御手段は、前記検出回路の検出結果に基づいて、少なくとも前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の非接触送電装置と、

この非接触送電装置から電力供給を受ける受電回路とを備え、

前記受電回路は、

直列に接続されたキャパシタと受電コイルとからなる受電側 LC タンク回路と、

この受電側 LC タンク回路に接続される負荷インピーダンスを変化させる負荷インピーダンス可変回路と、

前記受電側 LC タンク回路の出力に基づいて受信電力の強度を検出し、受信電力が最大になるように前記負荷インピーダンスを変化させる受信電力強度検出手段とを備えることを特徴とする非接触送電システム。

【請求項 9】

請求項 7 記載の非接触送電装置と、

この非接触送電装置から電力供給を受ける受電回路とを備え、

前記受電回路は、

直列に接続されたキャパシタと受電コイルとからなる受電側 LC タンク回路と、

この受電側 LC タンク回路の出力に基づいて受信電力の強度を検出し、検出した受信電力の強度の情報を前記非接触送電装置に無線送信する受信電力強度検出手段とを備え、

前記送電回路は、前記受電回路から送信された情報を受信する受信手段を備え、

前記制御手段は、前記受電回路から送信された情報に基づいて、前記受電回路の受信電力が最大になるように、少なくとも前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電システム。

【請求項 10】

直列に接続されたキャパシタと送電コイルとからなる送電側 LC タンク回路と、この送電側 LC タンク回路に電力を供給する発振回路とをそれぞれ備えた N (N は 2 以上の整数) 個の送電回路を用いて、受電回路への電力供給を行う非接触送電方法において、

前記 N 個の送電回路の送電コイルは、マトリクス状に配置され、

前記 N 個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも 2 個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が前記受電回路の受電コイルにおいて揃うように、前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、受電回路への電力供給を電磁共鳴を用いて非接触で行う技術に係り、特にフェイズドアレイコイルを用いて受電回路への電力供給を行う非接触送電装置、非接触送電システムおよび非接触送電方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、受電回路への電力供給を電磁共鳴を用いて非接触で行う技術が知られている (特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3、特許文献 4 参照)。

特許文献 1 に開示された技術は、平面状コイルとコンデンサとからなる共振ユニットを非接触 IC カードに複数設け、複数の共振ユニットの各共振周波数を、読み書き装置との間で、電力の伝達を行うのに必要な周波数よりも多少上下にシフトさせて、非接触 IC カードの共振周波数を広帯域化したものである。

【0003】

10

20

30

40

50

特許文献 2 に開示された技術は、送電コイルと受電コイルとの距離に応じて、送電コイルから送信する電力のデューティ比を変化させることにより、受電部の出力電圧の変動を低減するようにしたものである。

【 0 0 0 4 】

特許文献 3 に開示された技術は、走行レール上を移動する移動体に対して給電を行うものである。

【 0 0 0 5 】

特許文献 4 に開示された技術は、複数の送電コイルを給電装置に設け、被給電装置の置かれた位置に応じて、特定の送電コイルのみを選択的に駆動することにより、複数台の被給電装置に対して同時に給電を行うものである。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 1 0 9 8 6 1 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 3 - 1 8 9 5 0 8 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 6 - 1 2 1 7 9 1 号 公 報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 6 - 1 4 9 1 6 8 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 ~ 特許文献 4 に開示された技術では、伝送距離（送電コイルと受電コイル間の距離）の 3 乗に反比例してコイル間の磁気結合係数が低下するため、送電コイルおよび受電コイルの直径を大幅に超えるような長距離では送電効率が下がるという問題点があった。

20

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、従来と比較して送電効率を改善することができる非接触送電装置、非接触送電システムおよび非接触送電方法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 】

【 0 0 0 9 】

本発明の非接触送電装置は、 N (N は 2 以上の整数) 個の送電回路と、この N 個の送電回路を制御する制御手段とを備え、前記送電回路は、直列に接続されたキャパシタと送電コイルとからなる送電側 LC タンク回路と、この送電側 LC タンク回路に電力を供給する発振回路とを有し、前記 N 個の送電回路の送電コイルは、マトリクス状に配置され、前記制御手段は、前記 N 個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも 2 個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が受電回路の受電コイルにおいて揃うように、前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とするものである。

30

【 0 0 1 0 】

また、本発明の非接触送電システムは、非接触送電装置と、この非接触送電装置から電力供給を受ける受電回路とを備え、前記受電回路は、直列に接続されたキャパシタと受電コイルとからなる受電側 LC タンク回路と、この受電側 LC タンク回路に接続される負荷インピーダンスを変化させる負荷インピーダンス可変回路と、前記受電側 LC タンク回路の出力に基づいて受信電力の強度を検出し、受信電力が最大になるように前記負荷インピーダンスを変化させる受信電力強度検出手段とを備えることを特徴とするものである。

40

【 0 0 1 1 】

また、本発明の非接触送電システムは、非接触送電装置と、この非接触送電装置から電力供給を受ける受電回路とを備え、前記受電回路は、直列に接続されたキャパシタと受電コイルとからなる受電側 LC タンク回路と、この受電側 LC タンク回路の出力に基づいて受信電力の強度を検出し、検出した受信電力の強度の情報を前記非接触送電装置に無線送信する受信電力強度検出手段とを備え、前記送電回路は、前記受電回路から送信された情

50

報を受信する受信手段を備え、前記制御手段は、前記受電回路から送信された情報に基づいて、前記受電回路の受信電力が最大になるように、少なくとも前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とするものである。

【0012】

また、本発明は、直列に接続されたキャパシタと送電コイルとからなる送電側LCタンク回路と、この送電側LCタンク回路に電力を供給する発振回路とをそれぞれ備えたN(Nは2以上の整数)個の送電回路を用いて、受電回路への電力供給を行う非接触送電方法において、前記N個の送電回路の送電コイルは、マトリクス状に配置され、前記N個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも2個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が前記受電回路の受電コイルにおいて揃うように、前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とするものである。

10

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、N個の送電回路の送電コイルをマトリクス状に配置し、制御手段が、N個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも2個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が受電回路の受電コイルにおいて揃うように、N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することにより、磁場のビームフォーミングを行い、距離の離れた受電コイル近辺で磁場の強い変化を作ることができる。その結果、本発明では、電磁共鳴を用いた非接触送電システムにおいて、特に送電回路と受電回路との間の距離が遠い場合に、従来方式に比べて送電効率を改善することができる。また、本発明では、複数の受電回路に同時に送電することが可能になる。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る非接触送電システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る非接触送電システムにおいて複数の送電回路を用いて1つの受電回路に電力を送電する場合の例を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態において受電回路への送電に用いる送電回路を複数ある中から選択する場合の送電回路の優先順位について説明する図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る非接触送電システムを用いて複数の受電回路に対して同時に送電する場合の例を示す図である。

30

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る非接触送電システムを用いて距離の離れた複数の受電回路に対して同時に送電する場合の例を示す図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態において送電回路の発振回路が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の例を示すブロック図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態において送電回路の発振回路が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の別の例を示すブロック図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態において送電回路の発振回路が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の別の例を示すブロック図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態において送電回路の発振回路が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の別の例を示すブロック図である。

40

【図10】本発明の第1の実施の形態に係る送電回路の発振回路としてインジェクションロック発振器を用いた場合の構成例を示す回路図である。

【図11】本発明の第1の実施の形態に係る送電回路の発振回路としてインジェクションロック発振器を用いた場合の別の構成例を示す回路図である。

【図12】本発明の第1の実施の形態において送電回路の発振回路が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の別の例を示すブロック図である。

【図13】本発明の第1の実施の形態において送電回路に電流検出回路と電圧検出回路を付加した構成を示すブロック図である。

【図14】本発明の第1の実施の形態における送電回路と受電回路の等価回路図である。

50

【図 1 5】結合係数と周波数の変化に対する送電回路の電流・電圧の変化を示す図である。

【図 1 6】本発明の第 1 の実施の形態において受電回路からのフィードバック情報を用いて送電回路を制御する場合の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

[第 1 の実施の形態]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る非接触送電システムの構成を示すブロック図である。非接触送電システムは、非接触送電装置 1 と、非接触送電装置 1 から電力供給を受ける受電回路 20 とから構成される。

10

【0016】

非接触送電装置 1 は、マトリクス状に配置された N (N は 2 以上の整数) 個の送電回路 10 と、制御回路 11 とから構成される。送電回路 10 は、直列に接続された送電コイル 101 とキャパシタ 102 とを共振回路 100 の出力に接続したものである。 N 個の送電回路 10 をマトリクス状に配置することにより、 N 個の送電コイル 101 がマトリクス状に配置されることになる。制御回路 11 は、各送電回路 10 の共振回路 100 の共振のオン/オフ、共振周波数、共振の位相、共振信号の振幅などを制御する。

【0017】

受電回路 20 は、受電コイル 200 と、受電コイル 200 と直列に接続されたキャパシタ 201 と、受電コイル 200 およびキャパシタ 201 と接続され、送電コイル 101 との電磁共鳴によって受電コイル 200 に生じた電力を整流する整流回路 202 と、整流回路 202 の出力に接続された負荷 203 とから構成される。

20

【0018】

送電回路 10 は、送電コイル 101 とキャパシタ 102 によって固有の共振周波数を有している。同様に、受電回路 20 は、受電コイル 200 とキャパシタ 201 によって固有の共振周波数を有している。送電時には、送電回路 10 の共振周波数と受電回路 20 の共振周波数とを一致させる。

【0019】

送電コイル 101 および受電コイル 200 の Q 値 (Quality Factor) は、自己インダクタンス L 、共振周波数 f 、寄生抵抗 r を用いて、 $Q = L / r$ で表される。送電回路 10 の送電コイル 101 および受電回路 20 の受電コイル 200 の Q 値は、100 以上あることが望ましい。

30

【0020】

また、少なくとも 1 つの送電回路 10 の送電コイル 101 と受電回路 20 の受電コイル 200 との間の結合係数 k に対して、 k と送電回路 10 の送電コイル 101 の Q 値との積 (kQ) が 5 以上あることが望ましい。その理由は、送電回路 10 の送電コイル 101 とキャパシタ 102 とで構成される LC タンク回路の内に蓄えられたエネルギーのうち、 k に比例した大きさのエネルギーが受電回路 20 の受電コイル 200 に伝播され、一方で LC タンク回路内のエネルギーのうち $1/Q$ に比例した大きさのエネルギーが、ジュール熱などによって発散するためである。

40

【0021】

熱などで発散するエネルギー以外は LC タンク回路内に留まり、送電コイル 101 と受電コイル 200 間のエネルギー伝送に寄与するので、系全体としてのエネルギー伝播効率は kQ に比例する。したがって、 kQ の値を高くすることが、非接触送電システムにおいては肝要である。送電回路 10 の送電コイル 101 と受電回路 20 の受電コイル 200 とが密接している場合には k 値は 1 に近い値 (ただし 1 未満) になる。

【0022】

送電コイル 101 と受電コイル 200 間の距離が大きくなると徐々に k 値は下がり、例えば、コイル 101、200 の直径と、送電コイル 101 と受電コイル 200 間の距離と

50

が等しい場合に、 k 値は 0.01 から 0.1 の範囲の値となる。さらに送電コイル 101 と受電コイル 200 間の距離が大きくなると、 k 値は距離の -3 乗に比例して小さくなる。

【0023】

したがって、送電コイル 101 に必要な Q 値は受電コイル 200 との距離によって異なるが、実用的な k 値を 0.005 ~ 0.05 程度（送電コイル 101 と受電コイル 200 間の距離がコイル 101, 200 の直径の 1 ~ 2 倍に相当）で、 kQ の目安を 5 と仮定すると、送電コイル 101 に必要な Q 値は 100 ~ 1000 程度となる。

【0024】

図 2 は本実施の形態の非接触送電システムにおいて、複数の送電回路 10 を用いて 1 つの受電回路 20 に電力を送電する場合の例を示す図である。図 1 で説明したとおり、各送電回路 10 (10-1 ~ 10-3) は、発振回路 100 (100-1 ~ 100-3) と、送電コイル 101 (101-1 ~ 101-3) と、キャパシタ 102 (102-1 ~ 102-3) とからなる。送電回路 10 の送電コイル 101 と受電回路 20 の受電コイル 200 との距離は、送電回路 10 によって異なる。図 2 の例では、送電回路 10-1 の送電コイル 101-1 と受電コイル 200 間の距離が l_1 、送電回路 10-2 の送電コイル 101-2 と受電コイル 200 間の距離が l_2 、送電回路 10-3 の送電コイル 101-3 と受電コイル 200 間の距離が l_3 である。

【0025】

受電回路 20 で受け取る電力の大きさを最大にするには、受電コイル 200 において、送電コイル 101-1 ~ 101-3 から到達する磁場の変化の位相が揃っている必要がある。送電コイル 101-1 ~ 101-3 の電流の変化が磁場の変化として受電コイル 200 に到達するまでには、それぞれ距離 l_1 , l_2 , l_3 に比例した時間遅れが生じるので、発振回路 100-1 ~ 100-3 が生成する信号の位相 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 を調整することで、この時間遅れを補償しなければならない。

【0026】

したがって、発振回路 100-1 ~ 100-3 は、それぞれに接続された送電コイル 101-1 ~ 101-3 と受電コイル 200 間の距離 l_1 , l_2 , l_3 に比例した位相 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 を保ちながら、同じ周波数 f で発振する。すなわち、発振回路 100-1 は例えば $\sin\{\omega(t + \phi_1)\}$ で表される信号を生成し、発振回路 100-2 は $\sin\{\omega(t + \phi_2)\}$ で表される信号を生成し、発振回路 100-3 は $\sin\{\omega(t + \phi_3)\}$ で表される信号を生成する。

【0027】

また、送電コイル 101-1 ~ 101-3 と受電コイル 200 間の距離 l_1 , l_2 , l_3 が、送電コイル 101-1 ~ 101-3 から生じる磁場の変化の波長 λ の n 倍 (n は 1 以上の整数) よりも長い場合には、距離 l_1 , l_2 , l_3 から $n\lambda$ を引いた距離の差分によって、発振回路 100-1 ~ 100-3 が生成する信号の位相 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 を決定する。このとき、距離 l_1 は $l_1 = n\lambda + c$ (c は電磁波の進行速度) で表され、距離 l_2 は $l_2 = n\lambda + c$ で表され、距離 l_3 は $l_3 = n\lambda + c$ で表される。

【0028】

すなわち、制御回路 11 は、 N 個の送電回路 10 のうち M (M は N 以下の整数) 個の送電回路 10 の発振回路 100 を同じ周波数で発振させ、この M 個の送電回路 10 に含まれる第 1 の送電回路の発振回路 100 が発生する信号と M 個の送電回路に含まれる第 2 の送電回路の発振回路 100 が発生する信号との位相差が、第 1 の送電回路の送電コイル 101 と受電回路 20 の受電コイル 200 との間の距離と、第 2 の送電回路の送電コイル 101 と受電コイル 200 との間の距離との差に比例するように、 M 個の送電回路 10 の各発振回路 100 が発生する信号の位相を制御する。以上のような発振位相の制御は、制御回路 11 から各送電回路 10 に出力される位相制御信号によって行われる。なお、このような発振位相の制御は、少なくとも 2 個の送電コイルについて行うことが好ましい。

【0029】

10

20

30

40

50

図3は受電回路20への送電に用いる送電回路10を複数ある中から選択する場合の送電回路10の優先順位について説明する図である。送電コイル101と受電コイル200との距離が近いほど結合係数 k が高く、電力効率の良い電力伝送が可能なので、距離が近い送電回路10を優先的に用いる。図3の例では、送電回路10-1の送電コイル101-1と受電コイル200間の距離を l_1 、送電回路10-2の送電コイル101-2と受電コイル200間の距離を l_2 、送電回路10-3の送電コイル101-3と受電コイル200間の距離を l_3 、送電回路10-4の送電コイル101-4と受電コイル200間の距離を l_4 、送電回路10-5の送電コイル101-5と受電コイル200間の距離を l_5 とする($l_3 < l_4 < l_2 < l_5 < l_1$)。

【0030】

送電コイル101-3が受電コイル200に最も近いので、送電コイル101-3を有する送電回路10-3の優先順位が最も高くなる。以降、受電コイル200との距離が近い順に、送電コイル101-4、送電コイル101-2、送電コイル101-5、送電コイル101-1となるので、送電回路10の優先順位は、これらの送電コイルを有する順番、すなわち送電回路10-4、送電回路10-2、送電回路10-5、送電回路10-1の順番となる。

【0031】

幾つの送電回路10を動作させるかは、受電回路20で必要とする電力の大きさによって決まる。例えば、送電コイル101-3から送電される電力だけでは不十分な場合、送電コイル101-4からも電力を送電する。送電コイル101-4から電力を送電しても不十分な場合には、さらに送電コイル101-2からも電力を送電する。送電コイル101-3, 101-4, 101-2からの送電で必要な電力量を賄えれば、送電コイル101-1と送電コイル101-5は動作させない。

【0032】

送電コイル101-1と送電コイル101-5を動作させない理由は、一般に距離が遠い送電コイル101ほど送電効率が悪くなるので、これらの距離が遠い送電コイル101も動作させると、非接触送電装置全体としての電力効率が下がるからである。以上のような送電回路10の送電コイル101のオン/オフ制御は、制御回路11から各送電回路10に出力される発振オン/オフ制御信号によって行われる。

【0033】

図4は本実施の形態の非接触送電システムを用いて複数の受電回路20に対して同時に送電する場合の例を示す図である。図1で説明したとおり、各受電回路20(20-1~20-3)は、受電コイル200(200-1~200-3)と、キャパシタ201(201-1~201-3)と、整流回路202(202-1~202-3)と、負荷203(203-1~203-3)とからなる。

【0034】

本実施の形態の非接触送電装置1は複数の送電回路10を有しているので、複数の受電回路20に同時に送電することが可能である。送電回路10毎および受電回路20毎に発振回路100の発振周波数およびLCタンク回路の共振周波数を変えることで、送電回路10と受電回路20の対で固有の電力伝送チャンネルを形成することが可能である。これにより、ある送電回路10から特定の受電回路20に対して選択的に電力を送電することが可能である。

【0035】

例えば送電回路10-1の発振回路100-1の発振周波数 および送電コイル101-1とキャパシタ102-1とからなるLCタンク回路の共振周波数 と、受電コイル200-1とキャパシタ201-1とからなるLCタンク回路の共振周波数 とを一致させると、送電回路10-1と受電回路20-1の対で固有の電力伝送チャンネルが形成されるので、送電回路10-1から受電回路20-1に対して選択的に送電することができる。発振周波数の制御は、制御回路11から各送電回路10に出力される周波数制御信号によって行われる。

10

20

30

40

50

【0036】

また、送電コイル101と受電コイル200間の距離が十分に近い場合には、この送電コイル101と受電コイル200間の結合係数 k が高くなり、距離が近い特定の受電コイル200に対して送電コイル101から選択的に電力を送電できるので、複数の送電回路10は同じ発振周波数を用いても良い。すなわち、距離の設定によって、送電回路10と受電回路20の対を形成することができる。

【0037】

図5は本実施の形態の非接触送電システムを用いて、距離の離れた複数の受電回路20に対して同時に送電する場合の例を示す図である。送電回路10-1~10-3の送電コイル101-1~101-3は、受電回路20-1の受電コイル200-1に電力を送電する。図2を用いて説明したように、各送電コイル101-1~101-3と受電コイル200-1間の距離 l_1, l_2, l_3 に応じて、発振回路100-1~100-3が生成する信号の位相 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 を調整する。

10

【0038】

また、送電回路10-4~10-6の送電コイル101-4~101-6は、受電回路20-2の受電コイル200-2に電力を送電する。発振回路100-1~100-3の場合と同様に、各送電コイル101-4~101-6と受電コイル200-2間の距離 l_4, l_5, l_6 に応じて、発振回路100-4~100-6が生成する信号の位相 ϕ_4, ϕ_5, ϕ_6 を調整する。

【0039】

受電コイル200-1と受電コイル200-2に選択的に電力を送電するために、発振回路100-1~100-3は周波数 f_1 で発振し、発振回路100-4~100-6は周波数 f_2 で発振する。すなわち、発振回路100-1は $\sin\{\omega_1(t+\phi_1)\}$ で表される信号を生成し、発振回路100-2は $\sin\{\omega_1(t+\phi_2)\}$ で表される信号を生成し、発振回路100-3は $\sin\{\omega_1(t+\phi_3)\}$ で表される信号を生成する。

20

【0040】

また、発振回路100-4は $\sin\{\omega_2(t+\phi_4)\}$ で表される信号を生成し、発振回路100-5は $\sin\{\omega_2(t+\phi_5)\}$ で表される信号を生成し、発振回路100-6は $\sin\{\omega_2(t+\phi_6)\}$ で表される信号を生成する。受電コイル200-1とキャパシタ201-1とからなるLC回路は、共振周波数が f_1 になるように調整されている。また、受電コイル200-2とキャパシタ201-2とからなるLC回路は、共振周波数が f_2 になるように調整されている。

30

【0041】

図6は、送電回路10の発振回路100が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の例を示すブロック図である。図6の構成では、基準クロック信号CLKを生成する基準クロック発生回路103と、送電回路10ごとに設けられ、クロック入力端子に入力された基準クロック信号CLKを遅延させ、遅延させたクロック信号を対応する送電回路10が備える発振回路100の同期制御入力端子に入力する可変遅延回路104(104-1~104-4)とを追加している。

【0042】

各発振回路100(100-1~100-4)は、同期制御入力端子を備えており、この同期制御入力端子に入力されるクロック信号に同期した信号を、送電コイル101(101-1~101-4)とキャパシタ102(102-1~102-4)とからなるLCタンク回路に出力する。発振回路100としては、バッファ、増幅回路、位相固定ループ(PLL: Phase-Locked Loop)回路、遅延固定ループ(DLL: Delay-Locked Loop)回路、インジェクションロック発振器(ILO: Injection-Locked Oscillator)などを用いても良い。

40

【0043】

発振回路100としてバッファを用いる場合、バッファは、同期制御入力端子に入力されるクロック信号を増幅してLCタンク回路に出力する。同様に、発振回路100として

50

増幅回路を用いる場合、増幅回路は、同期制御入力端子に入力されるクロック信号を増幅してLCタンク回路に出力する。

【0044】

発振回路100としてPLL回路またはDLL回路を用いる場合は、PLL回路またはDLL回路の参照クロック入力端子が発振回路100の同期制御入力端子となる。PLL回路またはDLL回路は、同期制御入力端子に入力されるクロック信号に同期した信号を生成してLCタンク回路に出力する。また、PLL回路またはDLL回路を用いる場合は、同期制御入力端子に入力されるクロック信号の周波数を逡倍してLCタンク回路に出力することも可能である。

【0045】

発振回路100としてILOを用いる場合は、ILOのインジェクション入力端子が発振回路100の同期制御入力端子となる。ILOは、同期制御入力端子に入力されるクロック信号に同期した信号を生成してLCタンク回路に出力する。PLL回路またはDLL回路の場合と同様に、ILOを用いる場合も、同期制御入力端子に入力されるクロック信号の周波数を逡倍してLCタンク回路に出力することが可能である。

【0046】

基準クロック発生回路103は、基準クロック信号CLKを生成する。この基準クロック信号CLKは、送電回路10ごとに設けられた可変遅延回路104(104-1~104-4)によって遅延され、各送電回路10の発振回路100の同期制御入力端子に入力される。各発振回路100が送電コイル101とキャパシタ102とからなるLCタンク回路に出力する信号は、基準クロック発生回路103が発生した基準クロック信号CLKに同期したものとなる。

【0047】

各発振回路100がLCタンク回路に出力する信号の周波数の調整を行う場合には、基準クロック発生回路103から出力する基準クロック信号CLKの周波数を調整するか、発振回路100の逡倍比を調整することで行う。また、周波数の調整を行う場合は、LCタンク回路の共振周波数も発振回路100の周波数と同じになるように調整することが望ましい。

【0048】

各発振回路100が出力する信号の位相は、可変遅延回路104(104-1~104-4)の遅延量によって調整することができる。可変遅延回路104としては、電圧制御遅延ライン(VCDL:Voltage-Controlled Delay Line)、電流制御遅延ライン(CCDL:Current-Controlled Delay Line)、位相補間回路(PI:Phase Interpolator)、遅延段数選択回路、可変容量素子などを用いても良い。可変遅延回路104の遅延量の制御は、制御回路11から各可変遅延回路104に出力される位相制御信号によって行われる。こうして、図6に示した構成では、各発振回路100が出力する信号の位相を調整することができる。

【0049】

図7は、送電回路10の発振回路100が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の別の例を示すブロック図である。図7の構成では、基準クロック発生回路103を設けている。さらに、各送電回路10は、発振回路100の出力端子とLCタンク回路の入力端子との間に、発振回路100からクロック入力端子に入力された信号を遅延させ、遅延させた信号を後段のLCタンク回路に出力する可変遅延回路104(104-1~104-4)を備えている。この図7に示す構成のように、発振回路100が発生する信号の位相を調整するための構成は、発振回路100と、送電コイル101とキャパシタ102とからなるLCタンク回路との間に可変遅延回路104を設け、発振回路100の出力を可変遅延回路104によって位相調整した後にLCタンク回路に出力するような構成でも良い。

【0050】

また、図8に示すように、送電回路10ごとに可変遅延回路104(104-1~10

10

20

30

40

50

4 - 4) を設け、1つの発振回路100の出力端子と複数の可変遅延回路104のクロック入力端子とを接続し、1つの発振回路100を複数の送電回路10(10-1~10-4)で共有するようにしてもよい。この場合は、発振回路100の出力を送電回路10ごとに設けた可変遅延回路104によって位相調整した後にLCタンク回路に出力することになる。

【0051】

また、図9に示すように、発振回路100を、複数のインバータ等のゲート回路105を縦続接続したリング発振器と、複数のゲート回路105の出力信号のうちいずれか1つの信号を選択的に出力する選択回路106とから構成しても良い。

【0052】

選択回路106は、制御回路11から出力される位相制御信号に応じて、複数のゲート回路105の出力信号のうちいずれか1つの信号を選択して、送電コイル101とキャパシタ102とからなるLCタンク回路に出力する。こうして、図9に示したように発振回路100と可変遅延回路104とを一体化した構成で、発振回路100が出力する信号の位相を調整することができる。

【0053】

図10は発振回路100としてILOを用いた場合の構成例を示す回路図である。図10の発振回路100は、ゲートが可変キャパシタ102aに接続され、ソースに電源電圧が供給され、ドレインが送電コイル101に接続されたPMOSトランジスタQ100と、ゲートが送電コイル101に接続され、ソースに電源電圧が供給され、ドレインが可変キャパシタ102aに接続されたPMOSトランジスタQ101と、ゲートが可変キャパシタ102aに接続され、ドレインがPMOSトランジスタQ100のドレインに接続されたNMOSトランジスタQ102と、ゲートが送電コイル101に接続され、ドレインがPMOSトランジスタQ101のドレインに接続されたNMOSトランジスタQ103と、同期制御入力端子となるゲートに基準クロック発生回路103から可変遅延回路104を経由して入力されるクロック信号CLKが供給され、ドレインがNMOSトランジスタQ102, Q103のソースに接続され、ソースが接地されたNMOSトランジスタQ104と、ゲートに基準電圧Vrefが供給され、ドレインがNMOSトランジスタQ102, Q103のソースに接続され、ソースが接地されたNMOSトランジスタQ105とから構成される。

【0054】

図10に示した回路では、送電回路10のLCタンク回路が発振回路100の一部を形成している。この発振回路100の発振周波数は基本的に送電回路10のLCタンク回路の共振周波数で決まる。そこで、図10の回路では、送電コイル101と可変キャパシタ102aとからLCタンク回路を構成する。この可変キャパシタ102aによって発振回路100の発振周波数の微調整を行うことができる。可変キャパシタ102aの例としては、バラクタ素子がある。

【0055】

また、発振回路100の発振周波数の微調整および発振位相の制御は、可変遅延回路104から発振回路100の同期制御入力端子(NMOSトランジスタQ104のゲート)に入力されるクロック信号CLKによっても行うことができる。発振回路100は、この同期制御入力端子に入力されるクロック信号CLKに同期するように発振位相を補正する。

【0056】

図11は発振回路100としてILOを用いた場合の別の構成例を示す回路図である。図11の発振回路100は、ゲートが可変キャパシタ102aに接続され、ソースに電源電圧が供給され、ドレインが送電コイル101に接続されたPMOSトランジスタQ106と、ゲートが送電コイル101に接続され、ソースに電源電圧が供給され、ドレインが可変キャパシタ102aに接続されたPMOSトランジスタQ107と、ゲートが可変キャパシタ102aに接続され、ドレインがPMOSトランジスタQ106のドレインに接

10

20

30

40

50

続され、ソースが接地されたNMOSトランジスタQ108と、ゲートが送電コイル101に接続され、ドレインがPMOSトランジスタQ107のドレインに接続され、ソースが接地されたNMOSトランジスタQ109と、同期制御入力端子となるゲートに基準クロック発生回路103から可変遅延回路104を経由して入力されるクロック信号CLKが供給され、ドレインがPMOSトランジスタQ106のドレインおよびNMOSトランジスタQ108のドレインに接続され、ソースがPMOSトランジスタQ107のドレインおよびNMOSトランジスタQ109のドレインに接続されたNMOSトランジスタQ110とから構成される。

【0057】

図12は送電回路10の発振回路100が発生する信号の周波数および位相を調整するための構成の別の例を示すブロック図であり、複数の基準クロックを用いる場合の構成例を示すブロック図である。図4、図5を用いて説明したように、特定の送電コイル101と受電コイル200との間で電力伝送チャンネルを形成して、他の受電コイル200への電力伝送を遮断するために、発振周波数によるチャンネル選択を行う場合がある。このような場合、図12に示すように基準クロック発生回路から出力される複数の基準クロック信号CLK1, CLK2, CLK3を用いることで、周波数空間でのチャンネル選択を行うことが可能になる。基準クロック信号CLK1, CLK2, CLK3は、それぞれ異なる周波数の信号である。

10

【0058】

図12の例では、発振周波数の選択を行うために、複数のスイッチ素子107をマトリクス状に配置したスイッチアレイ108を用いている。スイッチアレイ108のスイッチ素子107をオン/オフすることにより、各可変遅延回路104(104-1~104-4)に基準クロック信号CLK1, CLK2, CLK3のうちいずれか1つのクロック信号を任意に入力することができる。こうして、各発振回路100(100-1~100-4)の発振周波数を選択することができる。スイッチ素子107のオン/オフは、制御回路11によって制御される。

20

【0059】

なお、図7、図8において、発振回路100の前段にスイッチアレイを設け、発振回路100に入力する基準クロック信号をスイッチアレイで任意に切り替える構成としてもよい。

30

【0060】

また、本実施の形態において、発振回路100の発振周波数の調整は、図12に示したような方式以外にも、前記のとおり、発振回路100でクロック信号の周波数の逡倍比を変えることでも可能になる。基準クロック発生回路103および発振回路100が生成する信号の周波数を微調整するには、分数分周(Fractional-N)方式のPLL回路を用いれば良い。分数分周方式のPLL回路を用いることで、精度良く細かなステップでの周波数調整が可能になる。

【0061】

図13は送電回路10に電流検出回路と電圧検出回路を付加した構成を示すブロック図である。図13における V_1 は発振回路100が生成する電圧、 r は寄生抵抗である。発振回路100からLCタンク回路に流れる電流 I_1 を検出する電流検出回路109と発振回路100からLCタンク回路に印加される電圧 V_2 を検出する電圧検出回路110を付加することにより、送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との間の結合係数 k の変化や、受電回路20の負荷インピーダンス Z の変化を検出することが可能になる。

40

【0062】

図14は図13の送電回路10と受電回路20の等価回路図である。図14では、図13の送電回路10の送電コイル101の一端と受電回路20の受電コイル200の一端とを接地と見なしている。ここでは、送電コイル101のインダクタンスを L_1 、受電コイル200のインダクタンスを L_2 、キャパシタ102の値を C_1 、キャパシタ201の値を

50

C_2 としている。インダクタ L_3 、 L_5 のインダクタンスは $L_1 - k(L_1 L_2)^{1/2}$ 、インダクタ L_4 のインダクタンスは $k(L_1 L_2)^{1/2}$ である。

【0063】

図14に示した回路図から、結合係数 k が変化した場合や、負荷インピーダンス Z が変化した場合に、インダクタ L_3 より右側の回路のインピーダンスが変化し、その結果として送電回路10内で電流 I_1 が変化するか、またはLCタンク回路に印加される電圧 V_2 が変化することが分かる。

【0064】

図15(A)、図15(B)は図14の回路において結合係数 k を変化させた場合のスパイス(Spice)シミュレーションの結果を示す図であり、図15(A)は結合係数 k と発振回路100の周波数の変化に対する送電回路10の I_1/V_1 の変化を示す図、図15(B)は結合係数 k と発振回路100の周波数の変化に対する送電回路10の V_2/V_1 の変化を示す図である。図15(A)、図15(B)に示した結果から、送電回路10内の発振回路100からLCタンク回路に流れる電流 I_1 または発振回路100からLCタンク回路に印加される電圧 V_2 を測定することで、結合係数 k の変化や負荷インピーダンス Z の変化を読み取ることが可能であることが分かる。

10

【0065】

複数ある送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との距離はそれぞれ異なるので、結合係数 k も異なる。前述の送電回路10内部での電流 I_1 または電圧 V_2 の測定結果を用いることで、受電コイル200との結合係数 k が高い送電コイル101を探索することが可能であり、結合係数 k が最も高い送電コイル101が受電回路20に最も近いと推測することができる。

20

【0066】

例えば電流 I_1 の場合、図15(A)に示すように、結合係数 k によって極大値や極小値が現れる周波数が異なり、また極大値や極小値の大きさが異なるので、これら極大値や極小値の情報から結合係数 k の値を推測することができる。また、電圧 V_2 の場合、図15(B)に示すように、結合係数 k によって極小値が現れる周波数が異なり、また極小値の大きさが異なるので、極小値の情報から結合係数 k の値を推測することができる。

【0067】

このように、送電回路10ごとに内部の電流 I_1 または電圧 V_2 を測定する。非接触送電装置1の制御回路11は、各送電回路10の測定結果を比較することで、受電コイル200との結合係数 k が最も高い送電コイル101を探索することができるので、受電回路20に最も近い送電回路10を探索することができ、結果として受電回路20の位置を特定することが可能である。また、制御回路11は、結合係数 k の値から、送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との距離も推定することが可能である。

30

【0068】

なお、送電コイル101と受電コイル200との距離の推定のためには、結合係数 k と距離とを対応付けて記憶するテーブルもしくは結合係数 k から距離を算出する数式を、制御回路11の内部にあらかじめ設定しておけばよい。制御回路11は、内部に設定されたテーブルもしくは数式を用いることにより、推定した結合係数 k から距離を求めることができる。

40

【0069】

以上のような受電回路20の位置の特定、距離の推定などの特徴は、従来のフェイズドアレイアンテナを用いた電波の送受信には無い特徴であり、インダクタ結合を用いた回路特有のものである。

【0070】

非接触送電装置1の制御回路11は、受電回路20の位置の特定結果、送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との距離の推定結果を用いて、アレイ状に並べられた複数の送電回路10の中からどの送電回路10を送電に用いるかを選択

50

したり、各送電回路10の発振回路100が生成する信号の位相を調整したりする。前述のとおり、送電回路10のオン/オフ制御は、制御回路11から各送電回路10に出力される発振オン/オフ制御信号によって行われる。また、発振位相の制御は、制御回路11から各送電回路10に出力される位相制御信号によって行われる。

【0071】

動作させる送電回路10は、図3を用いて説明したように、受電回路20の受電コイル200に近いものから優先的に用いることが好ましい。各送電回路10の発振回路100が生成する信号間の位相差は、結合係数 k から各送電回路10と受電回路20間の距離を概算して、これらの距離の差を各送電回路10間について求めたときに、この距離の差を、電磁波の進行速度(空气中では大凡 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$)で割った時間を位相に換算したものをを用いることが好ましい。

10

【0072】

また、図15に示したように発振回路100の周波数によって送電回路10の電流 I_1 、電圧 V_2 の測定値が大きく変わるので、制御回路11は、発振回路100の発振周波数の調整を行う場合、発振回路100の周波数を掃引して、送電回路10内の電流 I_1 が最大になる周波数、または電圧 V_2 が最小になる周波数を選んで良い。前述のとおり、発振周波数の制御は、制御回路11から各送電回路10に出力される周波数制御信号によって行われる。

【0073】

各送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との間の結合係数 k などを測定する場合には、送電回路10を1つずつ順番に動作させることで、他の送電回路10の影響を排除した、特定の送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との関係の純粋な測定結果を得られ易い。

20

【0074】

したがって、制御回路11は、送電回路10を1つずつシーケンシャルに動作させて結合係数 k 、受電回路20の位置、送電回路10の送電コイル101と受電回路20の受電コイル200との距離などの情報を収集した後に、各送電回路10の発振のオン/オフ、位相の調整、周波数の調整を行うことが望ましい。複数の送電回路10の発振回路100を同時に動作させると、このような情報を精度良く収集することが難しくなる。

【0075】

受電回路20への送電に用いる送電回路10の選択や発振回路100が発生する信号の位相の決定などのキャリブレーションは、受電回路20からのフィードバック情報を用いても良い。図16は受電回路20からのフィードバック情報を用いて送電回路10を制御する場合の構成例を示すブロック図である。

30

【0076】

受電回路20の受信電力強度検出回路204は、受信電力の強度を検出する。そして、受信電力強度検出回路204は、受信電力の強度の検出結果を符号化してデジタル信号に変換するか、検出結果を振幅、周波数、パルス幅、位相などの物理量で示すアナログ信号に変換して、このデジタル信号またはアナログ信号で負荷インピーダンス可変回路205を制御し、受信電力が最大になるように受電回路20の負荷インピーダンス Z を変化させる。このとき、非接触送電装置1側では、前述のとおり結合係数 k の測定結果から、発振回路100のオン/オフ、発振周波数、発振の位相、発振信号の振幅のうち少なくとも1つを制御すれば良い。受電回路20の負荷インピーダンス Z を変化させる負荷インピーダンス可変回路205は、例えばトランジスタやバラクタ素子によって実現することができる。

40

【0077】

また、受電回路20の受信電力強度検出回路204は、検出した受信電力の強度の情報を非接触送電装置1に無線送信するようにしても良い。この場合、非接触送電装置1には、受電回路20から送信された情報を受信する受信手段(不図示)を設ける。非接触送電装置1の制御回路11は、受信電力強度検出回路204から受信した情報に基づいて、受

50

電回路 20 の受信電力が最大になるように、各送電回路 10 の発振回路 100 のオン/オフ、発振周波数、発振の位相、発振信号の振幅のうち少なくとも 1 つを制御すれば良い。このときの制御回路 11 による制御の手法は、結合係数 k の測定結果を用いて制御する場合と同様である。

【0078】

また、送電回路 10 内の電流検出回路 109、または電圧検出回路 110 を用いれば、受電回路 20 が非接触送電装置 1 から遠ざかったことを検出することも可能である。この場合、結合係数 k は零になる。そこで、非接触送電装置 1 の制御回路 11 は、結合係数 k が零になったとき、もしくは結合係数 k が所定の閾値より低下したときに、受電回路 20 が所定の許容範囲外に移動したと判断して、各送電回路 10 の発振回路 100 の動作を停止させるか、あるいは発振回路 100 の出力電力を低下させる。こうして、本実施の形態では、受電回路 20 が非接触送電装置 1 から遠ざかったときに、無駄な電力消費を抑制することができる。

10

【0079】

ただし、発振回路 100 を完全に停止させると、受電回路 20 が送電回路 10 の近傍に現われた場合でも受電回路 20 の検出ができなくなる。そこで、制御回路 11 は、各送電回路 10 の発振回路 100 から微弱な信号を、送電コイル 101 とキャパシタ 102 とからなる LC タンク回路に出力させるか、あるいは発振回路 100 から間欠的に信号を LC タンク回路に出力させて、このときの電流検出回路 109 または電圧検出回路 110 の測定結果から、受電回路 20 の接近を検出することが望ましい。例えば制御回路 11 は、結合係数 k が零より大きくなったとき、もしくは結合係数 k が所定の閾値より大きくなったときに、受電回路 20 が接近したと判断する。

20

【0080】

制御回路 11 は、受電回路 20 の接近を検出した後に、前述のとおり、動作させる発振回路 100 の選択、発振周波数の調整、発振位相の調整、発振信号の振幅の調整などのキャリアレーションや、受電回路 20 との間で送信電力の大きさの調整などのネゴシエーションを行い、必要があれば受電回路 20 に電力の送信を行う。

【0081】

本実施の形態の非接触送電装置 1 の制御回路 11 は、例えば CPU、記憶装置およびインタフェースを備えたコンピュータと、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。CPU は、記憶装置に格納されたプログラムに従って本実施の形態で説明した処理を実行する。

30

【0082】

上記の実施の形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

【0083】

(付記 1) N (N は 2 以上の整数) 個の送電回路と、この N 個の送電回路を制御する制御手段とを備え、前記送電回路は、直列に接続されたキャパシタと送電コイルとからなる送電側 LC タンク回路と、この送電側 LC タンク回路に電力を供給する発振回路とを有し、前記 N 個の送電回路の送電コイルは、マトリクス状に配置され、前記制御手段は、前記 N 個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも 2 個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が受電回路の受電コイルにおいて揃うように、前記 N 個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

40

【0084】

(付記 2) 付記 1 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、さらに、前記 N 個の送電回路の各発振回路のオン/オフ、発振周波数、発振信号の振幅のうち少なくとも 1 つを制御することを特徴とする非接触送電装置。

【0085】

(付記 3) 付記 2 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記 N 個の送電回路のうち M (M は N 以下の整数) 個の送電回路の発振回路を同じ周波数で発振させ、この

50

M個の送電回路に含まれる第1の送電回路の発振回路が発生する信号と前記M個の送電回路に含まれる第2の送電回路の発振回路が発生する信号との位相差が、前記第1の送電回路の送電コイルと前記受電回路の受電コイルとの間の距離と、前記第2の送電回路の送電コイルと前記受電コイルとの間の距離との差に比例するように、前記M個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

【0086】

(付記4) 付記2記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、R (RはN以下の整数) 個の前記受電回路の各々に対応して少なくとも2個の送電回路を受電回路ごとに動作させ、各送電回路が備える発振回路を、対応する受電回路ごとに異なる周波数で発振させることを特徴とする非接触送電装置。

10

【0087】

(付記5) 付記1乃至付記4のいずれか1つに記載の非接触送電装置において、さらに、基準クロック信号を生成する基準クロック信号発生回路と、前記送電回路ごとに設けられ、クロック入力端子に入力された前記基準クロック信号を遅延させ、遅延させたクロック信号に対応する送電回路が備える発振回路の同期制御入力端子に入力するN個の可変遅延回路とを備え、前記制御手段は、N個の位相制御信号を前記N個の可変遅延回路の制御入力端子に入力し、前記N個の可変遅延回路の遅延量を制御することにより、前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

【0088】

(付記6) 付記1乃至付記4のいずれか1つに記載の非接触送電装置において、さらに、基準クロック信号を前記N個の送電回路が備える発振回路の同期制御入力端子に入力する基準クロック信号発生回路を備え、前記N個の送電回路は、前記発振回路の出力端子と前記送電側LCタンク回路の入力端子との間に、前記発振回路からクロック入力端子に入力された信号を遅延させ、遅延させた信号を後段の送電側LCタンク回路に入力する可変遅延回路をそれぞれ備え、前記制御手段は、N個の位相制御信号をN個の前記可変遅延回路の制御入力端子に入力し、前記N個の可変遅延回路の遅延量を制御することにより、前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

20

【0089】

(付記7) 付記1乃至付記6のいずれか1項に記載の非接触送電装置において、前記N個の送電回路は、前記発振回路から前記送電側LCタンク回路に流れる電流と前記発振回路から前記送電側LCタンク回路に印加される電圧のうち少なくとも一方を検出する検出回路をそれぞれ備え、前記制御手段は、前記検出回路の検出結果に基づいて、少なくとも前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電装置。

30

【0090】

(付記8) 付記7記載の非接触送電装置と、この非接触送電装置から電力供給を受ける受電回路とを備え、前記受電回路は、直列に接続されたキャパシタと受電コイルとからなる受電側LCタンク回路と、この受電側LCタンク回路に接続される負荷インピーダンスを変化させる負荷インピーダンス可変回路と、前記受電側LCタンク回路の出力に基づいて受信電力の強度を検出し、受信電力が最大になるように前記負荷インピーダンスを変化させる受信電力強度検出手段とを備えることを特徴とする非接触送電システム。

40

【0091】

(付記9) 付記7記載の非接触送電装置と、この非接触送電装置から電力供給を受ける受電回路とを備え、前記受電回路は、直列に接続されたキャパシタと受電コイルとからなる受電側LCタンク回路と、この受電側LCタンク回路の出力に基づいて受信電力の強度を検出し、検出した受信電力の強度の情報を前記非接触送電装置に無線送信する受信電力強度検出手段とを備え、前記送電回路は、前記受電回路から送信された情報を受信する受信手段を備え、前記制御手段は、前記受電回路から送信された情報に基づいて、前記受電

50

回路の受信電力が最大になるように、少なくとも前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電システム。

【0092】

(付記10) 直列に接続されたキャパシタと送電コイルとからなる送電側LCタンク回路と、この送電側LCタンク回路に電力を供給する発振回路とをそれぞれ備えたN(Nは2以上の整数)個の送電回路を用いて、受電回路への電力供給を行う非接触送電方法において、前記N個の送電回路の送電コイルは、マトリクス状に配置され、前記N個の送電回路の送電コイルのうち少なくとも2個の送電コイルから到達する磁場の変化の位相が前記受電回路の受電コイルにおいて揃うように、前記N個の送電回路の各発振回路が発生する信号の位相を制御することを特徴とする非接触送電方法。

10

【0093】

(付記11) 付記1記載の非接触送電装置において、各発振回路は、他の送電回路の発振回路と同期して発振することが可能であることを特徴とする非接触送電装置。

【0094】

(付記12) 付記1記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記N個の送電回路のうち、前記受電回路の受電コイルとの距離が近い順にM番目(MはN以下の整数)までの送電回路を選択し、このM個の送電回路が備える発振回路を同じ周波数で発振させることを特徴とする非接触送電装置。

【0095】

(付記13) 付記5または付記6記載の非接触送電装置において、前記可変遅延回路は、電圧制御型遅延素子、電流制御型遅延素子、位相補間回路、遅延素子の段数を切り替える遅延段数選択回路、可変容量素子、多相クロック信号から任意の位相を選択するセレクタ回路、の何れかからなることを特徴とする非接触送電装置。

20

【0096】

(付記14) 付記1記載の非接触送電装置において、前記送電回路が備える発振回路は、同期制御入力端子に入力されたクロック信号を増幅するバッファ回路、同期制御入力端子に入力されたクロック信号を増幅する増幅回路、同期制御入力端子に入力されたクロック信号に同期した信号を生成する位相ロックループ回路、同期制御入力端子に入力されたクロック信号に同期した信号を生成する遅延ロックループ回路、同期制御入力端子に入力されたクロック信号に同期した信号を生成するインジェクションロック発振回路、の何れかからなることを特徴とする非接触送電装置。

30

【0097】

(付記15) 付記1記載の非接触送電装置において、前記送電回路が備えるキャパシタは、その容量値が外部からの制御信号によって可変であるバラクタ素子であることを特徴とすることを特徴とする非接触送電装置。

【0098】

(付記16) 付記15記載の非接触送電装置において、前記送電回路が備える発振回路が生成する信号の周波数を変更するとき、または基準クロック信号の周波数を変更するときに、前記バラクタ素子によって前記送電回路のキャパシタの容量値を調整することを特徴とすることを特徴とする非接触送電装置。

40

【0099】

(付記17) 付記1記載の非接触送電装置において、さらに、周波数が異なる複数のクロック信号のうち任意の基準クロック信号を、前記送電回路が備える発振回路の同期制御入力端子、または前記可変遅延回路のクロック入力端子に選択的に入力するスイッチ素子を備えることを特徴とする非接触送電装置。

【0100】

(付記18) 付記1記載の非接触送電装置において、前記送電回路が備える発振回路は、同期制御入力端子に入力されたクロック信号の周波数を過倍した周波数の信号を出力することを特徴とする非接触送電装置。

【0101】

50

(付記 19) 付記 7 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記検出回路の検出結果に基づいて前記受電回路の受電コイルに近い送電回路を検出し、受電コイルに近い少なくとも 2 個の送電回路の発振回路を動作させることを特徴とする非接触送電装置。

【0102】

(付記 20) 付記 1 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記送電回路の送電コイルと前記受電回路の受電コイルとの距離が近い場合には少数の前記送電回路を動作させ、前記送電回路の送電コイルと前記受電回路の受電コイルとの距離が遠くなるに従い動作させる前記送電回路の数を増やす制御を行うことを特徴とする非接触送電装置。

【0103】

(付記 21) 付記 19 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記検出回路の検出結果から、前記送電回路の送電コイルと前記受電回路の受電コイルとの距離を求めることを特徴とする非接触送電装置。

10

【0104】

(付記 22) 付記 8 記載の非接触送電システムにおいて、前記負荷インピーダンス可変回路は、トランジスタ、バラクタ素子の何れかを含むことを特徴とする非接触送電システム。

【0105】

(付記 23) 付記 7 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記検出回路の検出結果に基づいて、前記受電回路が許容範囲外に遠ざかったことを検出したときに、前記送電回路が備える発振回路の動作を停止させるか、前記送電回路が備える発振回路の出力電力を低下させることを特徴とする非接触送電装置。

20

【0106】

(付記 24) 付記 7 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、送電を行っていない送電回路または発振回路が停止している送電回路において、発振回路を間欠的に動作させ、その動作中に前記検出回路を用いて前記受電回路の接近を検出することを特徴とする非接触送電装置。

【0107】

(付記 25) 付記 24 記載の非接触送電装置において、前記制御手段は、前記発振回路を間欠的に動作させる際に、前記 N 個の送電回路が備える発振回路を 1 つずつ順次動作させることを特徴とする非接触送電装置。

30

【産業上の利用可能性】

【0108】

本実施の形態は、受電回路への電力供給を電磁共鳴を用いて非接触で行う技術に適用することができる。

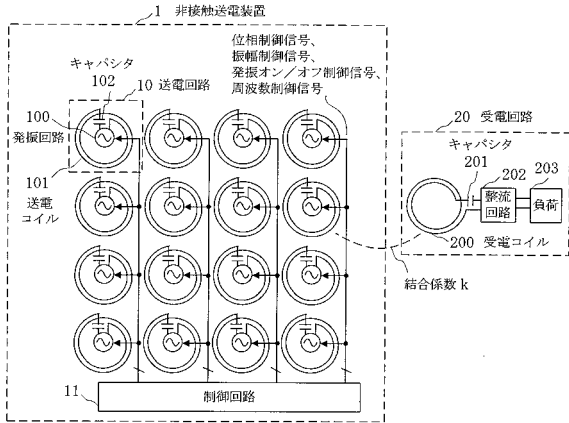
【符号の説明】

【0109】

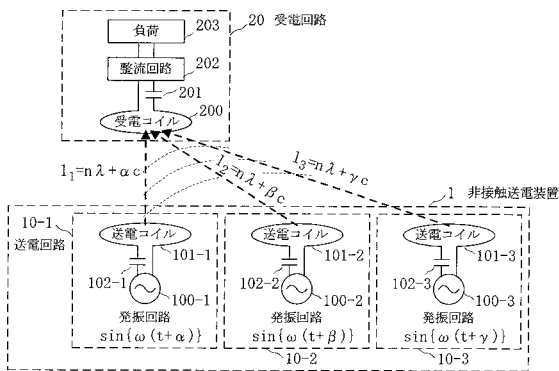
1 ... 非接触送電装置、10, 10-1 ~ 10-6 ... 送電回路、11 ... 制御回路、20, 20-1 ~ 20-3 ... 受電回路、100, 100-1 ~ 100-6 ... 発振回路、101, 101-1 ~ 101-6 ... 送電コイル、102, 102-1 ~ 102-6 ... キャパシタ、102a ... 可変キャパシタ、103 ... 基準クロック発生回路、104-1 ~ 104-4 ... 可変遅延回路、105 ... ゲート回路、106 ... 選択回路、107 ... スイッチ素子、108 ... スイッチアレイ、109 ... 電流検出回路、110 ... 電圧検出回路、200, 200-1 ~ 200-3 ... 受電コイル、201, 201-1 ~ 201-3 ... キャパシタ、202, 202-1 ~ 202-3 ... 整流回路、203, 203-1 ~ 203-3 ... 負荷、204 ... 受信電力強度検出回路、205 ... 負荷インピーダンス可変回路、Q100 ~ Q110 ... トランジスタ。

40

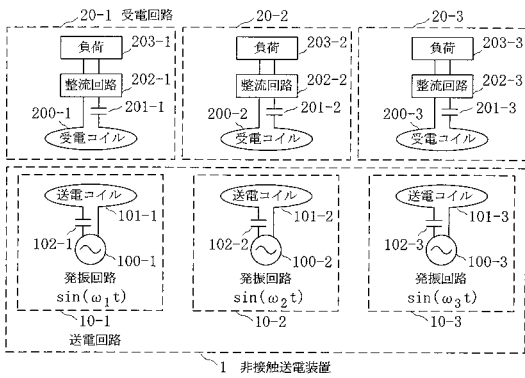
【図1】



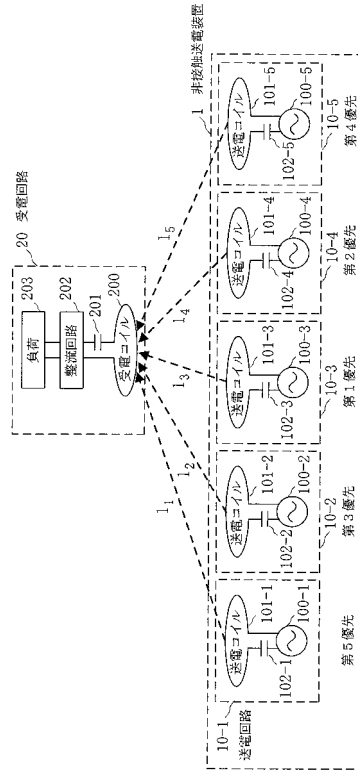
【図2】



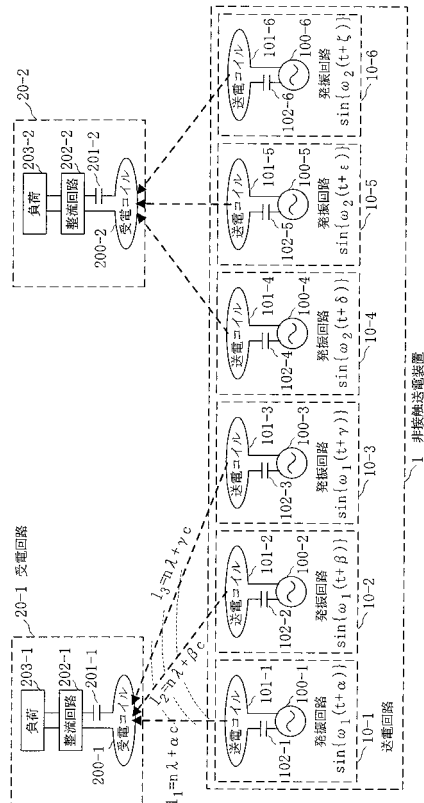
【図4】



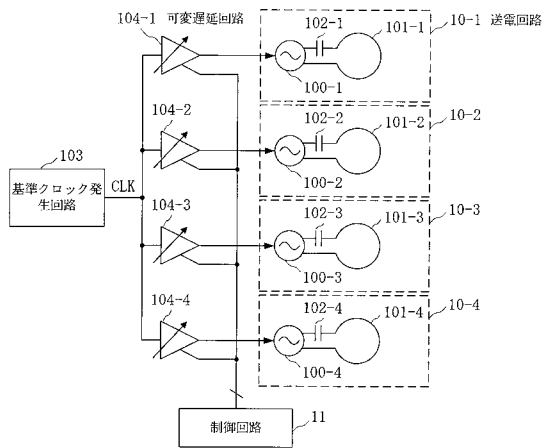
【図3】



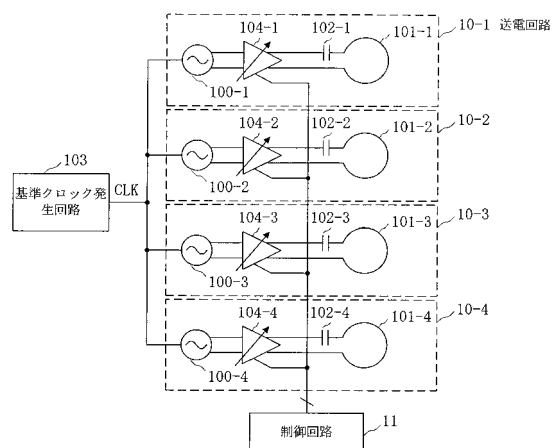
【図5】



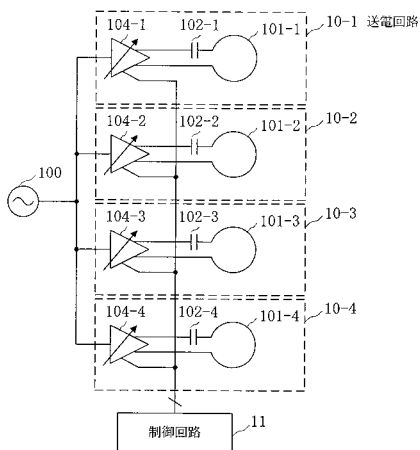
【 図 6 】



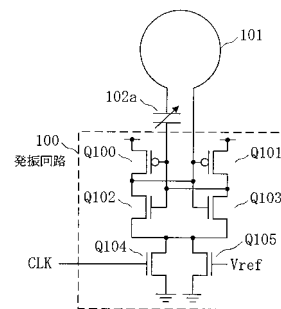
【 図 7 】



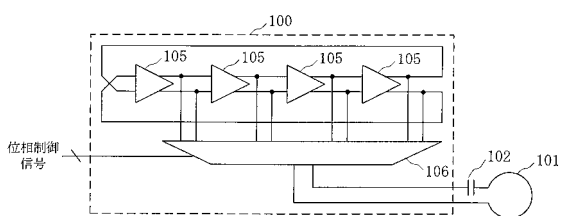
【 図 8 】



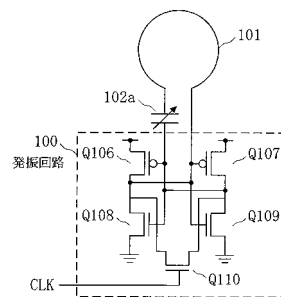
【 図 10 】



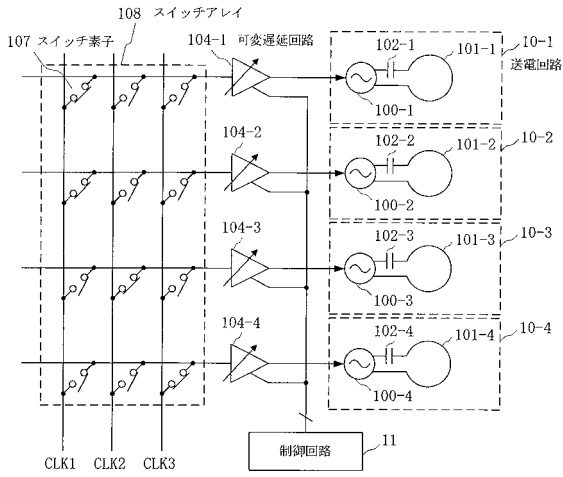
【 図 9 】



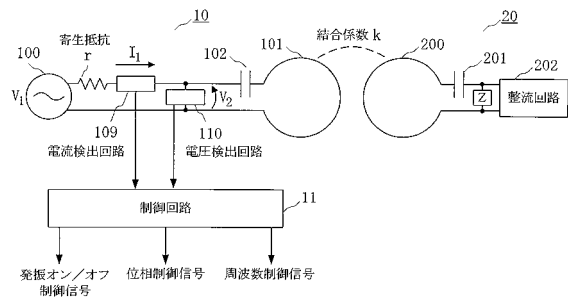
【 図 11 】



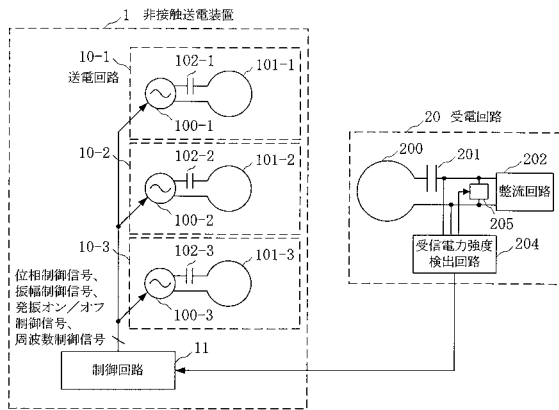
【 図 1 2 】



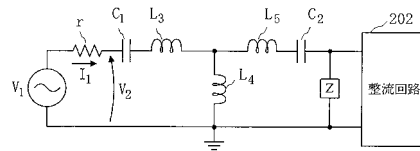
【 図 1 3 】



【 図 1 6 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

