

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6135471号
(P6135471)

(45) 発行日 平成29年5月31日(2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl. F I
H02J 50/10 (2016.01) H02J 50/10

請求項の数 4 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-235175 (P2013-235175) (22) 出願日 平成25年11月13日(2013.11.13) (65) 公開番号 特開2014-140290 (P2014-140290A) (43) 公開日 平成26年7月31日(2014.7.31) 審査請求日 平成28年6月28日(2016.6.28) (31) 優先権主張番号 特願2012-276893 (P2012-276893) (32) 優先日 平成24年12月19日(2012.12.19) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000003067 TDK株式会社 東京都港区芝浦三丁目9番1号 (72) 発明者 玉置 和孝 東京都港区芝浦三丁目9番1号TDK株式 会社内 (72) 発明者 倉田 仁義 東京都港区芝浦三丁目9番1号TDK株式 会社内 審査官 坂本 聡生</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送電装置およびそれを用いたワイヤレス電力伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受電装置にワイヤレスにて交流電力を伝送する送電装置であって、
 交流磁界を生成するために交流電圧を出力する電力変換回路と、
 前記交流電圧の周波数を制御するための制御回路と、を備え、
 前記制御回路は、所定の周波数範囲内において、伝送効率の最も高くなる第1の周波数と、
 前記受電装置に発生する電圧が最も大きくなる第2の周波数のうち、高い方の周波数を
 前記交流電圧の周波数に設定して電力伝送を行う送電装置。

【請求項2】

前記電力変換回路に直流電力を供給する電源回路を有し、
 前記制御回路は、前記交流電圧の周波数を設定した後、前記電力変換回路への供給電圧を
 前記交流電圧の周波数を設定する前の供給電圧よりも大きくする請求項1に記載の送電装
 置。

10

【請求項3】

前記電力変換回路は、スイッチング回路であって、
 前記制御回路は、前記交流電圧の周波数を設定した後、前記電力変換回路のスイッチング
 動作のデューティ比を前記交流電圧の周波数を設定する前のデューティ比から可変させる
 請求項1に記載の送電装置。

【請求項4】

請求項1～3いずれか一項に記載の前記送電装置と、受電装置と、を備えるワイヤレス

20

電力伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、送電装置およびそれを用いたワイヤレス電力伝送システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電源ケーブルを用いることなく、例えば電気自動車や携帯機器に、外部から電力を非接触で供給する非接触給電技術が注目されている。

10

【0003】

特許文献1には、所定の周波数範囲内で給電側から見たインピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、交流電力の周波数を設定する周波数可変手段を備え、周波数可変手段が所定の周波数範囲内でインピーダンス検出手段により検出されたインピーダンスの値に応じて交流電力の周波数を設定する非接触電力供給装置が提案されている。具体的には、周波数可変手段が所定の周波数範囲内でインピーダンスの位相がゼロとなる周波数を交流電力の周波数として設定する、または、インピーダンスの絶対値が極小となる周波数を交流電力の周波数として設定している。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開2010-233442号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に開示される技術のように、周波数可変手段が所定の周波数範囲内でインピーダンスの位相がゼロとなる周波数を交流電力の周波数として設定する方法では、位相がゼロの点では、インピーダンスが誘導性領域と容量性領域の境目に当たり、例えば、高周波スイッチング電源にとっては、制御しにくく部品の破損が生じる虞がある。また、周波数可変手段が所定の周波数範囲内でインピーダンスの絶対値が極小となる周波数を交流電力の周波数として設定する方法では、伝送効率が最大とはならず、高効率を維持することができない虞がある。

30

【0006】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであって、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる送電装置およびそれを用いたワイヤレス電力伝送システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る送電装置は、受電装置にワイヤレスにて交流電力を送電する送電装置であって、交流磁界を生成するために交流電圧を出力する電力変換回路と、交流電圧の周波数を制御するための制御回路と、を備え、制御回路は、所定の周波数範囲内において、伝送効率の最も高くなる第1の周波数と、受電装置に発生する電圧が最も大きくなる第2の周波数のうち、高い方の周波数を交流電圧の周波数に設定して電力伝送を行う。

40

【0008】

本発明によれば、制御回路が、所定の周波数範囲内において、伝送効率の最も高くなる第1の周波数と、受電装置に発生する電圧が最も大きくなる第2の周波数のうち、高い方の周波数を交流電圧の周波数に設定して電力伝送を行っている。ここで、伝送効率の最も高くなる第1の周波数又は受電装置に発生する電圧が最も大きくなる第2の周波数を電力変換回路の出力する交流電圧の周波数に設定すると、電力伝送効率を高めることができる。これら2つの周波数のうち、高い方の周波数を選定して交流電圧の周波数に設定すると

50

、負荷の変動に対して受電装置に発生する電圧の変動を抑制することができる。そのため、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

【0009】

好ましくは、電力変換回路に直流電力を供給する電源回路を有し、制御回路は、交流電圧の周波数を設定した後、電力変換回路への供給電圧を交流電圧の周波数を設定する前の供給電圧よりも大きくする。この場合、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

【0010】

好ましくは、電力変換回路は、スイッチング回路であって、制御回路は、交流電圧の周波数を設定した後、電力変換回路のスイッチング動作のデューティ比を交流電圧の周波数を設定する前のデューティ比から可変させる。この場合、安定給電を維持しつつ、電力変換回路の入力電圧値および入力電流値のバランスを調整することができる。その結果、電力変換回路への過電流又は過電圧などの異常が防止され、部品の破損を防ぐことができる。

10

【0011】

本発明に係るワイヤレス電力伝送システムは、上記送電装置と、受電装置と、を備える。本発明によれば、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できるワイヤレス電力伝送システムを得ることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる送電装置およびそれをを用いたワイヤレス電力伝送システムを得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムを示す構成図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの周波数探索動作を示すフローチャートである。

【図3】本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの電力変換回路の駆動周波数に対する各種特性を示すグラフである。

【図4】本発明の第2実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの周波数探索動作を示すフローチャートである。

30

【図5】本発明の第2実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムを示す構成図である。

【図6】本発明の第3実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムを示す構成図である。

【図7】本発明の第3実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの電力変換回路の駆動周波数に対する各種特性を示すグラフである。

【図8】本発明の第3実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの電力変換回路の駆動周波数に対する負荷に変動が起きた場合の各種特性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態を説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

40

【0015】

(第1実施形態)

まず、本発明の第1実施形態の構成について説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムS1を負荷RLとともに示す構成図である。

【0016】

ワイヤレス電力伝送システムS1は、図1に示されるように、送電装置100と、受電装置300を有する。送電装置100から受電装置300に向けて、ワイヤレスにて電力が伝送される。

【0017】

50

送電装置 100 は、電源回路 110、電力変換回路 120、送電側検出回路 130、制御回路 140、送電側通信手段 150、送電コイル L1 を有する。受電装置 300 は、受電コイル L2、共振用コンデンサ C1、整流回路 310、受電側検出回路 320、演算回路 330、受電側通信手段 340 を有する。

【0018】

電源回路 110 は、直流電力を電力変換回路 120 に供給する。電源回路 110 としては、直流電力を出力するものであれば特に制限されず、例えば、スイッチングコンバータ等のスイッチング電源装置や、高電圧の蓄電池等が挙げられる。

【0019】

電力変換回路 120 は、電源回路 110 から供給される入力直流電力を交流電力に変換する。電力変換回路 120 としては、複数のスイッチング素子がブリッジ接続されたスイッチング回路から構成される。この電力変換回路 120 は、送電コイル L1（後述する）に交流電圧を出力する。

10

【0020】

送電側検出回路 130 は、電力変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値を検出する機能を有する。具体的には、電源回路 110 と電力変換回路 120 の間に接続され、入力電圧値の検出手段には、分圧回路等が用いられ、入力電流値の検出手段には電流センサやカレントトランス等が用いられる。ここで、本実施形態に係る「電力変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値」とは、送電装置 100 における電圧値および電流値に相当する。この送電側検出回路 130 により検出された入力電圧値および、入力電流値は、電圧検出信号 132 および電流検出信号 134 に変換され、制御回路 140（後述する）に出力される。

20

【0021】

制御回路 140 は、送電側検出回路 130 から出力される電圧検出信号 132 および電流検出信号 134 を基に、電力変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値から送電電力値を算出する。また、制御回路 140 は、電力変換装置 120 の駆動周波数（電力変換回路 120 が出力する交流電圧の周波数）を制御するとともに、電力変換回路 120 の駆動周波数を所定の周波数範囲内において選定する周波数探索動作を行っている。本実施形態における所定の周波数範囲とは、制御回路 140 が制御する駆動周波数が、誘導性の領域であって、受電装置 300（後述する）に発生する電圧が極大値となる周波数に対して、好ましくは ± 10 (kHz) の範囲であればよく、更に好ましくは ± 25 (kHz) の範囲であればよい。さらに、制御回路 140 は、電力変換回路 120 への供給電圧を制御することにより、送電装置 100 の給電動作を制御している。

30

【0022】

送電側通信手段 150 は、受電装置 300 と通信する機能を有する。具体的には、受電装置 300 の受電側通信手段 340（後述する）に対して、整流回路 310 の出力電圧値、および、受電電力値を要求する要求信号 SL10 を発信する機能と、受電側通信手段 340 から送信される整流回路 310 の出力電圧値および受電電力値の受電側状態信号 SL20 を受信する機能を有する。

【0023】

40

送電コイル L1 は、銅やアルミ等のリッツ線を巻き回して形成されている。その巻き数は、送電コイル L1 と受電コイル L2 間の離間距離と所望の電力伝送効率に基づいて適宜設定される。この送電コイル L1 には、電力変換回路 120 の出力する交流電圧により、交流電流が流れて交流磁界が発生する。つまり、この交流磁界により受電コイル L2（後述する）に向けて交流電力が伝送されることとなる。本実施形態のワイヤレス電力伝送システム S1 を電気自動車などの車両への給電設備に用いた場合、送電コイル L1 は地中または地面近傍に配設される。

【0024】

受電コイル L2 は、送電コイル L1 からの電力を受電可能に構成され、銅やアルミ等のリッツ線を巻き回して形成されている。その巻き数は、送電コイル L1 と受電コイル L2

50

間の離間距離と所望の電力伝送効率に基づいて適宜設定される。本実施形態のワイヤレス電力伝送システム S 1 を電気自動車などの車両への給電設備に用いた場合、受電コイル L 2 は車両下部に搭載される。

【 0 0 2 5 】

共振用コンデンサ C 1 は、受電コイル L 2 とともに LC 共振回路を形成する。本実施形態においては、受電コイル L 2 に直列接続されているが、これに限られない。例えば受電コイル L 2 に並列に接続されていてもよい。

【 0 0 2 6 】

整流回路 3 1 0 は、受電コイル L 2 が受電した交流電力を直流電力に変換し、負荷 R L に供給する。整流回路 3 1 0 としては、半波整流回路や全波整流回路などの複数のスイッチング素子がブリッジ接続されたブリッジ型回路から構成される。

10

【 0 0 2 7 】

受電側検出回路 3 2 0 は、整流回路 3 1 0 の出力電圧値および出力電流値を検出する機能を有する。具体的には、整流回路 3 1 0 と負荷 R L の間に接続され、出力電圧値の検出手段には、分圧回路等が用いられ、出力電流値の検出手段には電流センサやカレントトランス等が用いられる。ここで、本実施形態に係る「整流回路 3 1 0 の出力電圧値および出力電流値」とは、受電装置 3 0 0 に発生する電圧値および電流値に相当する。この受電側検出回路 3 2 0 により検出された出力電圧値、および、出力電流値は、電圧検出信号 3 2 2 および電流検出信号 3 2 4 に変換され、演算回路 3 3 0 に出力される。

【 0 0 2 8 】

20

演算回路 3 3 0 は、受電側検出回路 3 2 0 から出力される電圧検出信号 3 2 2 および電流検出信号 3 2 4 を基に、整流回路 3 1 0 の出力電圧値および出力電流値から受電電力値を算出する。

【 0 0 2 9 】

受電側通信手段 3 4 0 は、送電装置 1 0 0 と通信する機能を有する。具体的には、送電側通信手段 1 5 0 からの要求信号 S L 1 0 を受信すると、受電側検出回路 3 2 0 および演算回路 3 3 0 に出力電圧値および受電電力値を算出するように要求する機能と、送電装置 1 0 0 の送電側通信手段 1 5 0 に対して、出力電圧値および受電電力値の受電側状態信号 S L 2 0 を送信する機能を有する。ここで、送電側通信手段 1 5 0 と受電側通信手段 3 4 0 との通信は赤外線通信、無線通信等を用いて行われている。

30

【 0 0 3 0 】

続いて、図 2 のフローチャートを参照して、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 1 の周波数探索動作について詳細に説明する。図 2 は、本発明の第 1 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 1 の周波数探索動作を示すフローチャートである。

【 0 0 3 1 】

まず、制御回路 1 4 0 は、電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数を探索する周波数範囲（所定の周波数範囲）における上限値の周波数に設定（初期周波数の設定）して駆動し、予め低く設定された初期電圧（例えば、50V ~ 150V 程度）が電源回路 1 1 0 から印加されることによって、送電装置 1 0 0 が駆動する。このとき、出力電圧値 0 V、伝送効率 0 %、初期周波数を制御回路 1 4 0 内の探索用メモリに格納することによって、初期化する。（ステップ S 1 0 1）

40

【 0 0 3 2 】

続いて、送電側通信手段 1 5 0 から受電側通信手段 3 4 0 に対して、整流回路 3 1 0 の出力電圧値、および、受電電力値を要求する要求信号 S L 1 0 が発信される。受電側通信手段 3 4 0 は、送電側通信手段 1 5 0 からの要求信号 S L 1 0 を受信すると、受電側検出回路 3 2 0 が整流回路 3 1 0 の出力電圧値および出力電流値を検出し、それらに基づく電圧検出信号 3 2 2 および電流検出信号 3 2 4 を演算回路 3 3 0 に出力する。演算回路 3 3 0 は、受け取った電圧検出信号 3 2 2 および電流検出信号 3 2 4 を基に、整流回路 3 1 0 の出力電圧値および出力電流値から受電電力値を算出する。検出した出力電圧値および算出した受電電力値は、受電側通信手段 3 4 0 によって受電側状態信号 S L 2 0 に変換され

50

て送電側通信手段 150 に送信される。このとき、送電側検出回路 130 が電力変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値を検出し、それらに基づく電圧検出信号 132 および電流検出信号 134 を制御回路 140 に出力する。制御回路 140 は、受け取った電圧検出信号 132 および電流検出信号 134 を基に、電圧変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値から送電電力値を算出する。そして、制御回路 140 は、算出した送電電力値と、送電側通信手段 150 が受信した受電側状態信号 SL20 を基に得られる受電電力値を利用して、伝送効率を算出する。(ステップ S102)

【0033】

続いて、制御回路 140 は、探索用メモリに格納されている出力電圧値および伝送効率をステップ S102 で算出した出力電圧値および伝送効率に更新する。(ステップ S103)

10

【0034】

次に、制御回路 140 は、電力変換回路 120 の駆動周波数を現在の周波数よりも低い周波数に変更する。(ステップ S104)

【0035】

続いて、制御回路 140 は、電力変換回路 120 の駆動周波数をステップ S104 にて変更した周波数に設定して駆動する。そして、ステップ S102 と同様の処理を行い、出力電圧値と伝送効率を算出する。(ステップ S105)

【0036】

続いて、制御回路 140 は、探索用メモリに格納されている出力電圧値と、ステップ S105 で算出した出力電圧値を比較する。(ステップ S106)

20

【0037】

探索用メモリに格納されている出力電圧値とステップ S105 で算出した出力電圧値を比較した結果、ステップ S105 で算出した出力電圧値が探索用メモリに格納されている出力電圧値よりも大きい場合(ステップ S106Y)、制御回路 140 内の探索用メモリに格納されている出力電圧値および周波数をステップ S105 で算出した出力電圧値およびステップ S105 で算出した出力電圧値のときの周波数に更新する。(ステップ S107)

【0038】

探索用メモリに格納されている伝送効率とステップ S105 で算出した伝送効率を比較した結果、ステップ S105 で算出した伝送効率が探索用メモリに格納されている伝送効率よりも大きい場合(ステップ S108Y)、制御回路 140 内の探索用メモリに格納されている伝送効率および周波数をステップ S105 で算出した伝送効率およびステップ S105 で算出した伝送効率のときの周波数に更新する。(ステップ S109)

30

【0039】

以上、ステップ S109 の処理が終了すると、ステップ S104 に戻り、ステップ S104 からステップ S109 の処理が繰り返し実行される。ここで、ステップ S104 からステップ S109 の処理は、ステップ S104 において、電力変換回路 120 の駆動周波数を探索する周波数範囲における下限値に至るまで繰り返し実行される。

【0040】

40

但し、このステップ S104 からステップ S109 の処理が繰り返し実行される中で、探索用メモリに格納されている出力電圧値とステップ S105 で算出した出力電圧値を比較した結果、ステップ S105 で算出した出力電圧値が探索用メモリに格納されている出力電圧値以下となると(ステップ S106N)、制御回路 140 内の探索用メモリに格納されている出力電圧値が最も大きくなる出力電圧値となり、その時の周波数が出力電圧値の最も大きくなる駆動周波数、すなわち受電装置 300 に発生する電圧が最も大きくなる駆動周波数として、制御回路 140 内の設定用メモリに格納される。(ステップ S110)

【0041】

そして、制御回路 140 は、設定用メモリに格納された出力電圧値の最も大きくなる周

50

波数を電力変換回路120の駆動周波数に設定する。(ステップS112)このように、電力変換回路120の駆動周波数が出力電圧値の最も大きくなる周波数に設定されると、周波数探索動作が終了する。(ステップS113)

【0042】

あるいは、ステップS104からステップS109の処理が繰り返し実行される中で、探索用メモリに格納されている伝送効率とステップS105で算出した伝送効率を比較した結果、ステップS105で算出した伝送効率が探索用メモリに格納されている伝送効率以下となると(ステップS108N)、制御回路140内の探索用メモリに格納されている伝送効率が最も高い伝送効率となり、その時の周波数が伝送効率の最も高くなる駆動周波数として、制御回路140内の設定用メモリに格納される。(ステップS111)

10

【0043】

そして、制御回路140は、設定用メモリに格納された伝送効率の最も高くなる周波数を電力変換回路120の駆動周波数に設定する。(ステップS112)このように、電力変換回路120の駆動周波数が伝送効率の最も高くなる周波数に設定されると、周波数探索動作が終了する。(ステップS113)

【0044】

ここで、本実施形態における周波数探索動作は、制御回路140がステップS104において、高い周波数から低い周波数へと変更する制御を行っているため、ステップS110で格納された周波数あるいはステップS111で格納された周波数が出力電圧値の最も大きくなる周波数(受電装置300に発生する電圧が最も大きくなる周波数)と、伝送効率の最も高くなる周波数のうちの高い方の周波数となる。

20

【0045】

上記周波数探索動作が終了し、制御回路140が出力電圧値の最も大きくなる周波数と、伝送効率の最も高くなる周波数のうちの高い方の周波数として、ステップS110で格納された周波数あるいはステップS111で格納された周波数を電力変換回路120の駆動周波数に設定した後、電源回路110の出力電圧を周波数探索動作時の出力電圧よりも大きくする。そして、電源回路110の出力電圧を所望の出力電圧まで上昇させると、ワイヤレス電力伝送システムS1において、安定した状態で高い電力が出力されるため、電力伝送効率を高く維持することができる。

【0046】

30

以上のように、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムS1では、制御回路140が、所定の周波数範囲内において、伝送効率の最も高くなる第1の周波数と、受電装置300に発生する電圧が最も大きくなる第2の周波数のうち、高い方の周波数を交流電圧の周波数(電力変換回路120の駆動周波数)に設定して電力伝送を行っている。ここで、伝送効率の最も高くなる第1の周波数又は受電装置に発生する電圧が最も大きくなる第2の周波数を電力変換回路の出力する交流電圧の周波数(電力変換回路120の駆動周波数)に設定すると、電力伝送効率を高めることができる。これら2つの周波数のうち、高い方の周波数を選定して交流電圧の周波数(電力変換回路120の駆動周波数)に設定すると、負荷の変動に対して受電装置に発生する電圧の変動を抑制することができる。そのため、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

40

【0047】

本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムS1においては、電力変換回路120に直流電力を供給する電源回路110を有し、制御回路140は、交流電圧の周波数(電力変換回路120の駆動周波数)を設定した後、電力変換回路120への供給電圧を交流電圧の周波数(電力変換回路120の駆動周波数)を設定する前の供給電圧よりも大きくする。この場合、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

【0048】

ここで、図3を参照して、伝送効率の最も高い駆動周波数と、出力電圧値が最も大きくなる駆動周波数の関係について、例を用いて説明する。図3は、本発明の第1実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムS1の電力変換回路120の駆動周波数に対する各種特

50

性を示すグラフである。

【 0 0 4 9 】

図 3 に示すグラフは、横軸に電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数 f (k H z) を表示し、縦軸に伝送効率 (%)、整流回路 3 1 0 の出力電圧値 V_{out} (V)、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L_1 、受電コイル L_2 、共振用コンデンサ C_1 、負荷 R_L 等で構成される回路網のインピーダンス $|Z_{in}|$ ($Z_{in} = R + jX$) ()、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L_1 、受電コイル L_2 、共振用コンデンサ C_1 、負荷 R_L 等で構成される回路網のインピーダンスの虚部であるリアクタンス X () を表示している。なお、 R は回路網の抵抗成分 (実数部) であり、 j は虚数単位である。ここで、図 3 に示す例においては、ワイヤレス電力伝送システム S_1 の電力変換回路 1 2 0 から送電コイル L_1 に出力される交流パルス波の電圧ピーク値が 3 9 0 (V)、D C オフセット 0 (V) とした場合の各種特性が示されている。図 3 に示されるように、伝送効率の最も高くなる駆動周波数 $f_{effpeak}$ は 9 0 . 0 0 0 (k H z) であり、出力電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数 f_{vpeak} は 9 3 . 3 3 3 (k H z) となっている。本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S_1 では、伝送効率の最も高くなる駆動周波数 $f_{effpeak}$ と、出力電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数 f_{vpeak} のうち、高い方の周波数を選定している。すなわち、図 3 に示す例においては、出力電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数 f_{vpeak} である 9 3 . 3 3 3 (k H z) が選定されることとなる。この出力電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数 f_{vpeak} である 9 3 . 3 3 3 (k H z) は、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L_1 、受電コイル L_2 、共振用コンデンサ C_1 、負荷 R_L 等で構成される回路網のインピーダンスの虚部であるリアクタンス X が以下の式 (1) および式 (2) を満たしている。但し、 $\frac{dX}{df}$ は駆動周波数 f の変化分であり、 $\frac{dX}{df}$ はリアクタンス X の駆動周波数 f に対する変化分である。

$$X > 0 \quad \text{式 (1)}$$

$$X / f > 0 \quad \text{式 (2)}$$

逆に、伝送効率の最も高くなる駆動周波数 $f_{effpeak}$ である 9 0 . 0 0 0 (k H z) は、図 3 に示されるように、式 (1) を満たしているが式 (2) を満たしていない。

【 0 0 5 0 】

ここで、式 (1) および式 (2) と安定給電との関係について詳細に説明する。まず、式 (1) を満たす場合、本実施形態におけるワイヤレス電力伝送システム S_1 は誘導性の領域で電力伝送を行うこととなる。逆に、式 (1) を満たさない場合、ワイヤレス電力伝送システム S_1 は容量性の領域あるいは誘導性の領域と容量性の領域の境目で動作してしまうこととなり、安定した電力伝送を行うことができない。一方、式 (2) を満たす場合は、ワイヤレス電力伝送システム S_1 は、電源側から負荷側に対して正の電力を供給する状態となる。逆に、式 (2) を満たさない場合、電力が負荷側から電源側に供給される (負荷側から電源側に電力が逆流)、言い換えると負荷側から電力が反射されることとなり、安定した電力供給を行うことができなくなる。つまり、式 (1) と式 (2) を同時に満たす場合、ワイヤレス電力伝送システム S_1 は、安定した電力伝送を行うことが可能である条件であることとなる。

【 0 0 5 1 】

以上説明したように、伝送効率の最も高くなる駆動周波数 $f_{effpeak}$ と、出力電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数 (受電装置 3 0 0 に発生する電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数) f_{vpeak} のうち、高い方の周波数を選定すると、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L_1 、受電コイル L_2 、共振用コンデンサ C_1 、負荷 R_L 等で構成される回路網のインピーダンスの虚部であるリアクタンス X が式 (1) および式 (2) を満たすこととなる。言い換えると、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L_1 、受電コイル L_2 、共振用コンデンサ C_1 、負荷 R_L 等で構成される回路網のインピーダンスの虚部であるリアクタンス X が式 (1) および式 (2) を満たすときの周波数を電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数 f に設定すると、伝送効率の最も高くな

る駆動周波数 $f_{effpeak}$ と、出力電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数（受電装置 300 に発生する電圧値 V_{out} の最も大きくなる駆動周波数） f_{vpeak} のうち、高い方の周波数を選定した場合と同様に、負荷の変動に対して出力電圧値の変動を抑制することができる。そのため、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

【0052】

（変形例）

続いて、図4のフローチャートを参照して、ワイヤレス電力伝送システム S1 の周波数探索動作の変形例について詳細に説明する。図4は、変形例に係るワイヤレス電力伝送システム S1 の周波数探索動作を示すフローチャートである。

10

【0053】

図4に示された変形例では、制御回路 140 は、電力変換回路 120 の駆動周波数を探索する周波数範囲における上限値の周波数あるいは下限値の周波数に設定（初期周波数の設定）して駆動し、予め低く設定された初期電圧（例えば、50V～150V程度）が電源回路 110 から印加されることによって、送電装置 100 が駆動する。このとき、出力電圧値 0V、伝送効率 0% を制御回路 140 内の探索用メモリに格納することによって、初期化する。（ステップ S201）

【0054】

続いて、送電側通信手段 150 から受電側通信手段 340 に対して、整流回路 310 の出力電圧値、および、受電電力値を要求する要求信号 SL10 が発信される。受電側通信手段 340 は、送電側通信手段 150 からの要求信号 SL10 を受信すると、受電側検出回路 320 が整流回路 310 の出力電圧値および出力電流値を検出し、それらに基づく電圧検出信号 322 および電流検出信号 324 を演算回路 330 に出力する。演算回路 330 は、受け取った電圧検出信号 322 および電流検出信号 324 を基に、整流回路 310 の出力電圧値および出力電流値から受電電力値を算出する。検出した出力電圧値および算出した受電電力値は、受電側通信手段 340 によって受電側状態信号 SL20 に変換されて送電側通信手段 150 に送信される。このとき、送電側検出回路 130 が電力変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値を検出し、それらに基づく電圧検出信号 132 および電流検出信号 134 を制御回路 140 に出力する。制御回路 140 は、受け取った電圧検出信号 132 および電流検出信号 134 を基に、電圧変換回路 120 の入力電圧値および入力電流値から送電電力値を算出する。そして、制御回路 140 は、算出した送電電力値と、送電側通信手段 150 が受信した受電側状態信号 SL20 を基に得られる受電電力値を利用して、伝送効率を算出する。（ステップ S202）

20

30

【0055】

続いて、ステップ S202 で算出した出力電圧値と伝送効率、および、ステップ S202 で算出した出力電圧値のときの周波数とステップ S202 で算出した伝送効率のときの周波数をそれぞれ制御回路 140 の探索用メモリ内に格納する。（ステップ S203）

【0056】

次に、制御回路 140 は、電力変換回路 120 の駆動周波数を探索する周波数範囲において可変し、可変した周波数を電力変換回路 120 の駆動周波数に設定する。（ステップ S204）ここで、初期周波数を探索する周波数範囲における上限値の周波数に設定した場合は、低い周波数に可変させ、初期周波数を探索する周波数範囲における下限値の周波数に設定した場合は、高い周波数へ可変させる。

40

【0057】

続いて、ステップ S204 にて設定した周波数が探索する周波数範囲を超えているか否かを判定する。（ステップ S205）ここで、初期周波数を探索する周波数範囲における上限値の周波数に設定した場合は、ステップ S204 にて設定した周波数が探索する周波数範囲における下限値の周波数を下回っているか否かを判定し、初期周波数を探索する周波数範囲における下限値の周波数に設定した場合は、ステップ S204 にて設定した周波数が探索する周波数範囲における上限値の周波数を上回っているか否かを判定する。

50

【 0 0 5 8 】

そして、ステップ S 2 0 4 にて設定した周波数が探索する周波数範囲を超えていないと判定されたときは（ステップ S 2 0 5 N）、ステップ S 2 0 2 に戻り、ステップ S 2 0 2 からステップ S 2 0 5 の処理が繰り返し実行される。一方、ステップ S 2 0 4 にて設定した周波数が探索する周波数範囲を超えていると判定されたときは（ステップ S 2 0 5 Y）、制御回路 1 4 0 の探索用メモリに格納されているステップ S 2 0 2 で算出した出力電圧値のうち出力電圧値が最も大きくなるときの周波数、すなわち受電装置 3 0 0 に発生する電圧が最も大きくなる周波数と、ステップ S 2 0 2 で算出した伝送効率のうち伝送効率が最も高くなるときの周波数を算出する。（ステップ S 2 0 6）

【 0 0 5 9 】

続いて、ステップ S 2 0 6 で算出した出力電圧値が最も大きくなるときの周波数と、ステップ S 2 0 6 で算出した伝送効率が最も高くなるときの周波数を比較する。（ステップ S 2 0 7）

【 0 0 6 0 】

ステップ S 2 0 6 で算出した出力電圧値が最も大きくなるときの周波数と、ステップ S 2 0 6 で算出した伝送効率が最も高くなるときの周波数を比較した結果、ステップ S 2 0 6 で算出した出力電圧値が最も大きくなるときの周波数が大きい場合（ステップ S 2 0 7 Y）、制御回路 1 4 0 は、ステップ S 2 0 6 で算出した出力電圧値が最も大きくなるときの周波数を制御回路 1 4 0 内の設定用メモリに格納する。（ステップ S 2 0 8）そして、制御回路 1 4 0 は、設定用メモリに格納された出力電圧値の最も大きくなる周波数を電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数に設定する。（ステップ S 2 1 0）このように、電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数が出力電圧値の最も大きくなる周波数に設定されると、周波数探索動作が終了する。（ステップ S 2 1 2）

【 0 0 6 1 】

ステップ S 2 0 6 で算出した出力電圧値が最も大きくなるときの周波数と、ステップ S 2 0 6 で算出した伝送効率が最も高くなるときの周波数を比較した結果、ステップ S 2 0 6 で算出した伝送効率が最も高くなるときの周波数が大きい場合（ステップ S 2 0 7 N）、制御回路 1 4 0 は、ステップ S 2 0 6 で算出した伝送効率が最も高くなるときの周波数を制御回路 1 4 0 内の設定用メモリに格納する。（ステップ S 2 0 9）そして、制御回路 1 4 0 は、設定用メモリに格納された伝送効率の最も高くなる周波数を電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数に設定する。（ステップ S 2 1 1）このように、電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数が伝送効率の最も高くなる周波数に設定されると、周波数探索動作が終了する。（ステップ S 2 1 2）

【 0 0 6 2 】

以上のように、本変形例によれば、制御回路 1 4 0 が、所定の周波数範囲内において、伝送効率の最も高くなる第 1 の周波数と、受電装置 3 0 0 に発生する電圧が最も大きくなる第 2 の周波数のうち、高い方の周波数を交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）に設定して電力伝送を行っている。ここで、伝送効率の最も高くなる第 1 の周波数又は受電装置 3 0 0 に発生する電圧が最も大きくなる第 2 の周波数を電力変換回路 1 2 0 の出力する交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）に設定すると、電力伝送効率を高めることができる。これら 2 つの周波数のうち、高い方の周波数を選定して交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）に設定すると、負荷の変動に対して受電装置 3 0 0 に発生する電圧の変動を抑制することができる。そのため、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

【 0 0 6 3 】

（第 2 実施形態）

次に、図 5 を参照して、本発明の第 2 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 2 について詳細に説明する。図 5 は、本発明の第 2 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 2 を負荷 R L とともに示す構成図である。第 2 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 2 は、第 1 の制御回路の動作の点において、第 1 実施形態に係るワイヤレス電

10

20

30

40

50

力伝送システム S 1 と異なっている。以下、第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。

【 0 0 6 4 】

ワイヤレス電力伝送システム S 2 は、図 5 に示されるように、送電装置 1 0 0 と受電装置 3 0 0 を有する。送電装置 1 0 0 は、電源回路 1 1 0、電力変換回路 1 2 0、送電側検出回路 1 3 0、制御回路 2 4 0、送電側通信手段 1 5 0、送電コイル L 1 を有する。ここで、電力変換回路 1 2 0 は、複数のスイッチング素子がブリッジ接続されたスイッチング回路から構成される。

【 0 0 6 5 】

制御回路 2 4 0 は、第 1 実施形態と同様に、送電側検出回路 1 3 0 から出力される電圧検出信号 1 3 2 および電流検出信号 1 3 4 を基に、電力変換回路 1 2 0 の入力電圧値および入力電流値から送電電力値を算出する。また、制御回路 2 4 0 は、電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数（電力変換回路 1 2 0 の出力する交流電圧の周波数）を制御するとともに、電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数（電力変換回路 1 2 0 の出力する交流電圧の周波数）を所定の周波数範囲内において選定する周波数探索動作を行っている。但し、本実施形態では、制御回路 2 4 0 が電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を可変制御する点において、第 1 実施形態と相違する。

【 0 0 6 6 】

制御回路 2 4 0 は、周波数探索動作が終了し、出力電圧値の最も大きくなる周波数（受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数）と伝送効率の最も高くなる周波数のうちの高い方の周波数を交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）に設定した後、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）を設定する前のデューティ比から可変させる制御を行う。具体的には、交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）を設定する前のデューティ比で電力変換回路 1 2 0 を駆動させたときの送電装置 1 0 0 から受電装置 3 0 0 に伝送される電力が目標電力を下回っていると、制御回路 2 4 0 は、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を大きくするように可変させる。このように、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を大きくすると、電力変換回路 1 2 0 を構成しているスイッチング素子（図示しない）の導通時間が長くなる。すなわち、導通時間が長くなると、1 回あたりのスイッチング動作による電力伝送時間も長くなり、その結果送電装置 1 0 0 が受電装置 3 0 0 に伝送される電力が大きくなる。なお、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を大きくして送電装置 1 0 0 から受電装置 3 0 0 に伝送される電力が目標電力を上回ってしまった場合、制御回路 2 4 0 は、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を小さくするように可変させる。

【 0 0 6 7 】

逆に、交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）を設定する前のデューティ比で電力変換回路 1 2 0 を駆動させたときの送電装置 1 0 0 から受電装置 3 0 0 に伝送される電力が目標電力を上回っていると、制御回路 2 4 0 は、電力変換回路 1 2 0 のスイッチ動作のデューティ比を小さくするように可変させる。このように、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を小さくすると、電力変換回路 1 2 0 を構成しているスイッチング素子（図示しない）の導通時間が短くなる。すなわち、導通時間が短くなると、1 回あたりのスイッチング動作による電力伝送時間も短くなり、その結果送電装置 1 0 0 が受電装置 3 0 0 に伝送される電力が小さくなる。なお、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を小さくして送電装置 1 0 0 から受電装置 3 0 0 に伝送される電力が目標電力を下回ってしまった場合、制御回路 2 4 0 は、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を大きくするように可変させる。

【 0 0 6 8 】

ここで、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を可変させた場合、送電装置 1 0 0 から受電装置 3 0 0 に伝送される電力を維持した状態で、電力変換回路 1 2 0 の入力電圧値および入力電流値のバランスを調整することができる。すなわち、電力変換回路 1 2 0 への過電流又は過電圧などの異常が防止され、部品の破損を防ぐことができ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 6 9 】

以上のように、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 2 では、電力変換回路 1 2 0 は、スイッチング回路であって、制御回路 2 4 0 は、出力電圧値の最も大きくなる周波数（受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数）と伝送効率の最も高くなる周波数のうちの高い方の周波数に交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）を設定した後、電力変換回路 1 2 0 のスイッチング動作のデューティ比を交流電圧の周波数（電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数）を設定する前のデューティ比から可変させる。この場合、安定給電を維持しつつ、電力変換回路の入力電圧値および入力電流値のバランスを調整することができる。その結果、電力変換回路への過電流又は過電圧などの異常が防止され、部品の破損を防ぐことができる。

10

【 0 0 7 0 】

（第 3 実施形態）

次に、図 6 を参照して、本発明の第 3 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 3 について詳細に説明する。図 6 は、本発明の第 3 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 3 を負荷 R L とともに示す構成図である。第 3 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 3 は、送電装置 1 0 0 が共振コンデンサ C 2 を備えている点において、第 1 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 1 と異なっている。以下、第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。

【 0 0 7 1 】

ワイヤレス電力伝送システム S 3 は、図 6 に示されるように、送電装置 1 0 0 と受電装置 3 0 0 を有する。送電装置 1 0 0 は、電源回路 1 1 0、電力変換回路 1 2 0、送電側検出回路 1 3 0、制御回路 1 4 0、送電側通信手段 1 5 0、送電コイル L 1 と、共振コンデンサ C 2 を有する。受電装置 3 0 0 は、受電コイル L 2、共振用コンデンサ C 1、整流回路 3 1 0、受電側検出回路 3 2 0、演算回路 3 3 0、受電側通信手段 3 4 0 を有する。なお、電源回路 1 1 0、電力変換回路 1 2 0、送電側検出回路 1 3 0、制御回路 1 4 0、送電側通信手段 1 5 0、送電コイル L 1、受電コイル L 2、共振用コンデンサ C 1、整流回路 3 1 0、受電側検出回路 3 2 0、演算回路 3 3 0、受電側通信手段 3 4 0 の構成は、第 1 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 1 と同様である。

20

【 0 0 7 2 】

共振用コンデンサ C 2 は、送電コイル L 1 とともに L C 直列共振回路を形成する。本実施形態においては、送電コイル L 1 に直列接続されているが、これに限られない。例えば送電コイル L 1 に並列に接続されていてもよい。

30

【 0 0 7 3 】

このように構成されるワイヤレス電力伝送システム S 3 は、送電側および受電側がともに L C 直列共振回路を形成しているため、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値が複数存在する場合と単一のみ存在する場合とがある。

【 0 0 7 4 】

まず、図 7 を参照して、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値が複数存在する場合について詳細に説明する。図 7 は、本発明の第 3 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数に対する各種特性を示すグラフである。

40

【 0 0 7 5 】

図 7 に示すグラフは、横軸に電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数 f (k H z) を表示し、縦軸に伝送効率 (%)、整流回路 3 1 0 の出力電圧値 V_{out} (V)、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L 1、受電コイル L 2、共振用コンデンサ C 1、共振用コンデンサ C 2、負荷 R L 等で構成される回路網のインピーダンス $|Z_{in}|$ ($Z_{in} = R + j X$) ()、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L 1、受電コイル L 2、共振用コンデンサ C 1、共振用コンデンサ C 2、負荷 R L 等で構成される回路網のインピーダンスの虚部であるリアクダンス X () を表示している。なお、R は回路網の抵抗成分 (実数部) であり、j は虚数単位である。ここで、図 7 に示す例においては、ワイヤレ

50

ス電力伝送システム S 3 の電力変換回路 1 2 0 から送電コイル L 1 に出力される交流パルス波の電圧ピーク値が 3 9 0 (V)、D C オフセット 0 (V) とした場合の各種特性が示されている。図 7 に示されるように、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値は 2 つ存在している。

【 0 0 7 6 】

制御回路 1 4 0 が制御する電力変換回路 1 2 0 が出力する交流電圧の周波数が誘導性の領域となるには、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の 2 つの極大値のうちの低い方の極大値の周波数より大きい周波数となる。本例においては、制御回路 1 4 0 が探索する所定の周波数範囲は、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の 2 つの極大値のうちの高い方の極大値近傍 (± 2 5 (k H z)) の周波数範囲であればよい。したがって、制御回路 1 4 0 が所定の周波数範囲内において、上限値の周波数を初期周波数に設定して周波数探索動作を行うと、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数は、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の 2 つの極大値のうちの高い方の極大値の周波数となる。一方、伝送効率の最も高くなる周波数は、電圧値の極大値近傍の周波数となる。図 7 に示されるように、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数と伝送効率の最も高くなる周波数のうち、高い方の周波数は受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数となる。そして、制御回路 1 4 0 が受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数に電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数 (電力変換回路 1 2 0 から発生する交流電圧の周波数) を設定して電力伝送を行う。このとき、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数は、上述の式 (1) と式 (2) を同時に満たしているため、負荷 R L の変動に対して受電装置 3 0 0 に発生する電圧の変動を抑制することができ、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。なお、制御回路 1 4 0 の周波数探索動作は、第 1 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S 1 と同様であるため、本実施形態では説明は省略する。

【 0 0 7 7 】

次に、図 8 を参照して、ワイヤレス電力伝送システム S 3 において、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値が単一のみ存在している場合について詳細に説明する。図 8 は、本発明の第 3 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システムの電力変換回路の駆動周波数に対する負荷に変動が起きた場合の各種特性を示すグラフである。

【 0 0 7 8 】

図 8 に示すグラフは、横軸に電力変換回路 1 2 0 の駆動周波数 f (k H z) を表示し、縦軸に伝送効率 (%)、整流回路 3 1 0 の出力電圧値 V_{out} (V)、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L 1、受電コイル L 2、共振用コンデンサ C 1、共振用コンデンサ C 2、負荷 R L 等で構成される回路網のインピーダンス $|Z_{in}|$ ($Z_{in} = R + jX$) ()、電力変換回路 1 2 0 の出力から見た送電コイル L 1、受電コイル L 2、共振用コンデンサ C 1、共振用コンデンサ C 2、負荷 R L 等で構成される回路網のインピーダンスの虚部であるリアクタンス X () を表示している。なお、R は回路網の抵抗成分 (実数部) であり、j は虚数単位である。ここで、図 8 に示す例においては、ワイヤレス電力伝送システム S 3 の電力変換回路 1 2 0 から送電コイル L 1 に出力される交流パルス波の電圧ピーク値が 3 9 0 (V)、D C オフセット 0 (V) とし、負荷 R L の抵抗値を図 7 に示す例よりも大きくした場合の各種特性が示されている。図 8 に示されるように、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値は単一のみ存在している。

【 0 0 7 9 】

制御回路 1 4 0 が制御する電力変換回路 1 2 0 が出力する交流電圧の周波数が誘導性の領域となるには、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値の周波数より大きい周波数となる。本例においては、制御回路 1 4 0 が探索する所定の周波数範囲は、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値の周波数から + 5 0 (k H z) の周波数範囲であればよい。したがって、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数は、所定の周波数範囲内における下限値近傍の周波数となる。一方、伝送効率の最も高くなる周波数は、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の極大値の周波数から + 2 5 (k H z) 近傍の周波数となる。図 8 に示されるように、受電装置 3 0 0 に発生する電圧の最も大きくなる周波数と伝送効率の最

も高くなる周波数のうち、高い方の周波数は伝送効率の最も高くなる周波数となる。そして、制御回路 140 が伝送効率の最も高くなる周波数に電力変換回路 120 の駆動周波数（電力変換回路 120 から発生する交流電圧の周波数）を設定して電力伝送を行う。このとき、伝送効率の最も高くなる周波数は、上述の式（1）と式（2）を同時に満たしているため、負荷 RL の変動に対して受電装置 300 に発生する電圧の変動を抑制することができ、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。なお、制御回路 140 の周波数探索動作は、第 1 実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S1 と同様であるため、本実施形態では説明は省略する。

【0080】

以上のことから、本実施形態に係るワイヤレス電力伝送システム S3 では、受電装置 300 に発生する電圧の極大値が複数存在する場合あるいは単一のみ存在する場合のいずれであっても、制御回路 140 が電力変換回路 120 の駆動周波数（電力変換回路 120 の出力する交流電圧の周波数）として、所定の周波数範囲内において受電装置 300 に発生する電圧の最も大きくなる周波数と伝送効率の最も高くなる周波数のうち、高い方の周波数に設定することで、負荷 RL の変動に対して受電装置 300 に発生する電圧の変動を抑制することができる。そのため、電力伝送効率を高く維持しつつ、安定給電を実現できる。

10

【0081】

以上、本発明の好適な実施形態について説明してきたが、本発明は必ずしも上述した実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。また、記載した構成要素は、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一なものが含まれる。さらに、記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

20

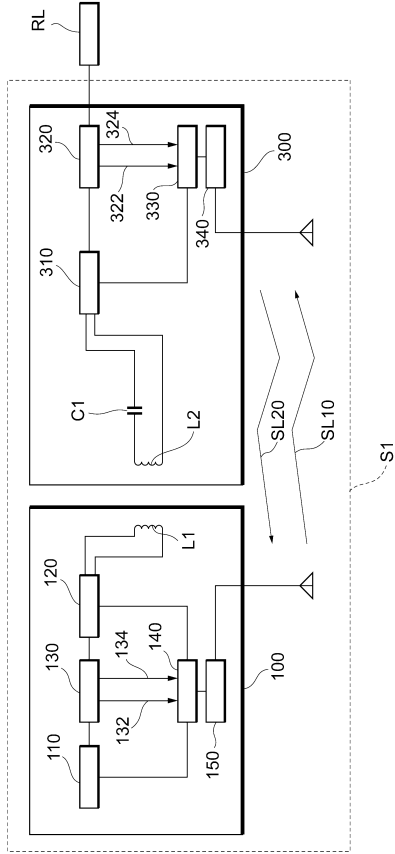
【符号の説明】

【0082】

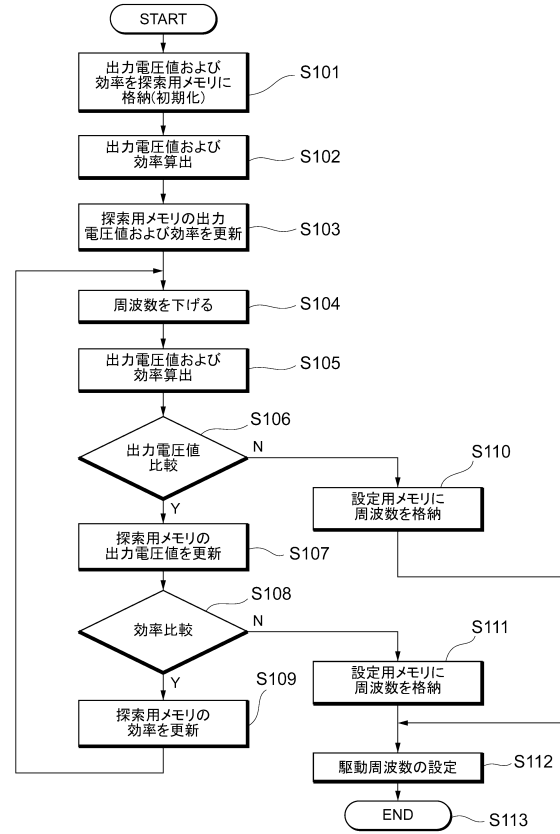
100 ... 送電装置、110 ... 電源回路、120 ... 電力変換回路、130 ... 送電側検出手段、132 ... 電圧検出信号、134 ... 電流検出信号、140, 240 ... 制御回路、150 ... 送電側通信手段、300 ... 受電装置、310 ... 整流回路、320 ... 受電側検出手段、322 ... 電圧検出信号、324 ... 電流検出信号、330 ... 演算回路、340 ... 受電側通信手段、C1, C2 ... 共振用コンデンサ、L1 ... 送電コイル、L2 ... 受電コイル、RL ... 負荷、S1, S2 ... ワイヤレス電力伝送システム、SL10 ... 要求信号、SL20 ... 受電側状態信号。

30

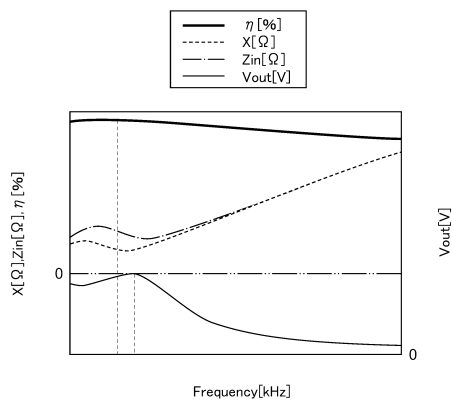
【図1】



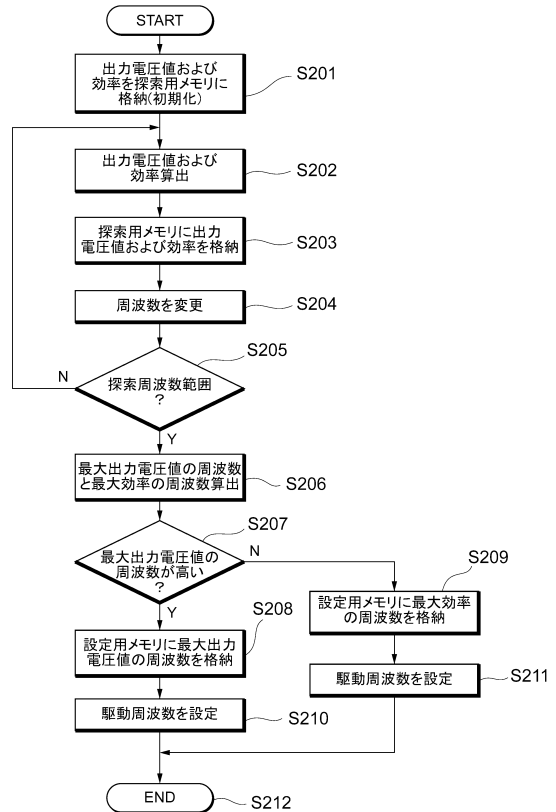
【図2】



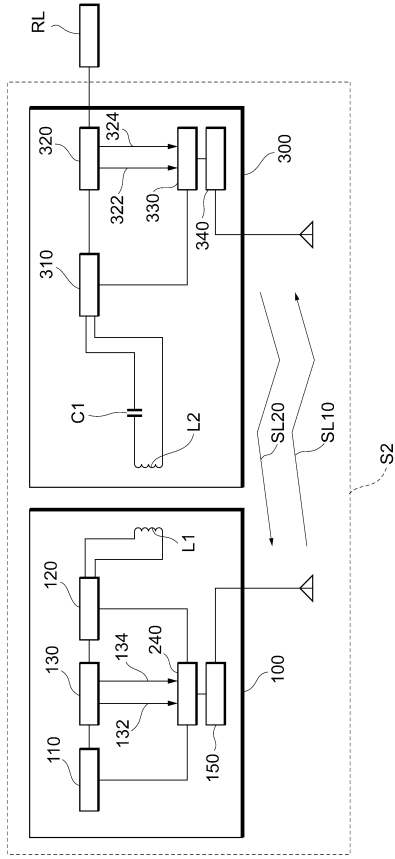
【図3】



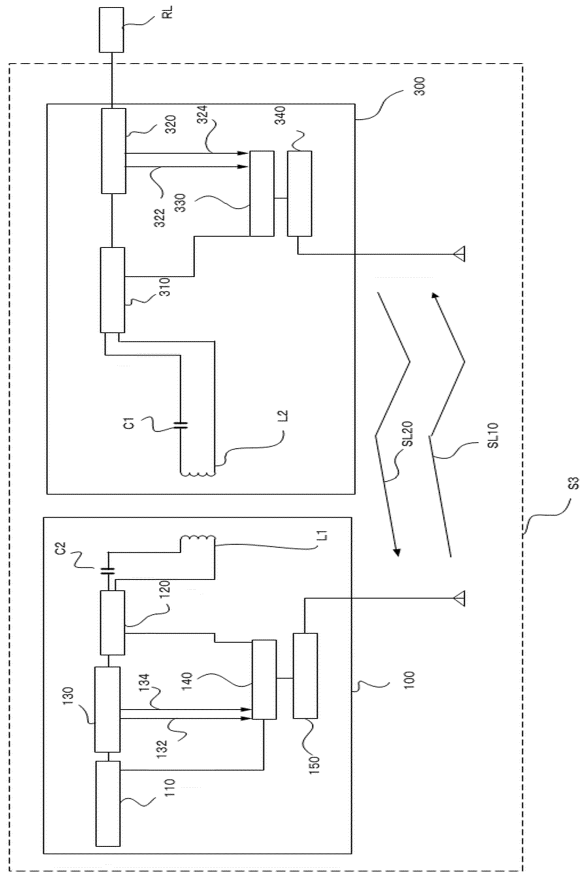
【図4】



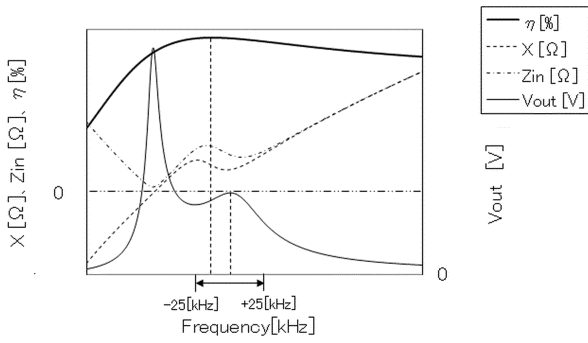
【 図 5 】



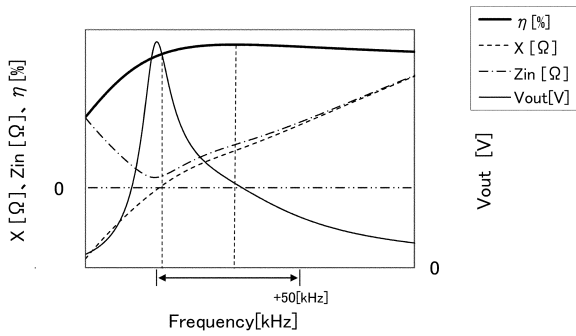
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2012/132145(WO, A1)
特開2012-210116(JP, A)
特開2010-239847(JP, A)
特開2011-142769(JP, A)
特開2011-200045(JP, A)
特表2011-509067(JP, A)
米国特許出願公開第2012/0286726(US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J50/00-50/90