

(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2015-208191  
(P2015-208191A)

(43) 公開日 平成27年11月19日(2015.11.19)

(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 17 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-89110 (P2014-89110)  
(22) 出願日 平成26年4月23日 (2014.4.23)

(71) 出願人 314012076  
パナソニックIPマネジメント株式会社  
大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号  
(74) 代理人 100105050  
弁理士 鷺田 公一  
(72) 発明者 小泉 正剛  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
ソニック株式会社内  
(72) 発明者 大橋 修  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
ソニック株式会社内  
(72) 発明者 太田 智浩  
大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
ソニック株式会社内

最終頁に続く

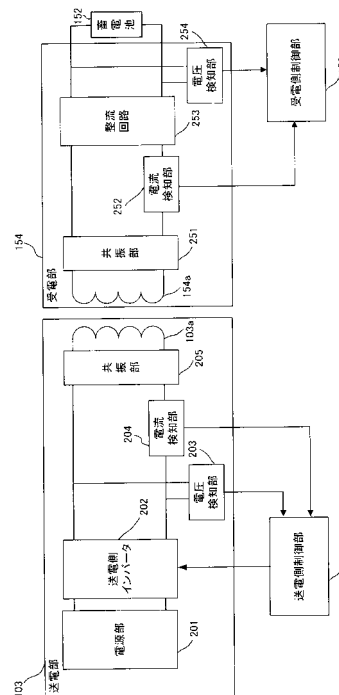
(54) 【発明の名称】 非接触送電装置、非接触受電装置及び非接触送電システム

(57) 【要約】

【課題】 駆動周波数選定の自由度を拡大する非接触送電装置、非接触受電装置及び非接触送電システムを提供する。

【解決手段】 この非接触送電装置は、受電側コイルと、前記受電側と共振する受電側共振部とを有する非接触受電装置に対して、電力を送電する非接触送電装置であって、送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有し、前記受電側コイルのインダクタンス値と前記送電側コイルのインダクタンス値とが等しく、且つ、前記受電側共振部の容量値と前記送電側共振部の容量値とが等しい場合よりも、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値が設定された構成を採る。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

受電側コイルと、前記受電側コイルと共振する受電側共振部とを有する非接触受電装置に対して、電力を送電する非接触送電装置であって、

送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有し、

前記受電側コイルのインダクタンス値と前記送電側コイルのインダクタンス値とが等しく、且つ、前記受電側共振部の容量値と前記送電側共振部の容量値とが等しい場合よりも、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が 0 以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値が設定された、

非接触送電装置。

**【請求項 2】**

前記位相差と駆動周波数との関数における極小値が 0 以上となるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値が設定された、

請求項 1 に記載の非接触送電装置。

**【請求項 3】**

駆動周波数における前記位相差が 0 以上となるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値が設定された、

請求項 1 に記載の非接触送電装置。

**【請求項 4】**

受電側コイルと、前記受電側コイルと共振する受電側共振部とを有する非接触受電装置に対して、電力を送電する非接触送電装置であって、

送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部と、

前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する制御部と、

を有し、

前記制御部は、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が 0 以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する、

非接触送電装置。

**【請求項 5】**

前記制御部は、前記位相差と駆動周波数との関数における極小値が 0 以上となるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する、

請求項 4 に記載の非接触送電装置。

**【請求項 6】**

前記制御部は、駆動周波数における前記位相差が 0 以上となるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する、

請求項 4 に記載の非接触送電装置。

**【請求項 7】**

前記制御部は、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を順次変更するとともに、周波数毎に前記位相差を求め、求めた前記周波数毎の位相差のうち、前記位相差が 0 以上となる周波数範囲が広いときのインダクタンス値およびまたは容量値になるように前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する

請求項 4 に記載の非接触送電装置。

**【請求項 8】**

前記送電側共振部は、可変容量コンデンサであり、

10

20

30

40

50

前記制御部は、前記位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側共振部の容量値を制御する、

請求項4に記載の非接触送電装置。

【請求項9】

送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有する非接触送電装置から電力を受電する非接触受電装置であって、

受電側コイルと、

前記受電側コイルと共振する受電側共振部と、

を有し、

前記受電側コイルのインダクタンス値と前記送電側コイルのインダクタンス値とが等しく、且つ、前記受電側共振部の容量値と前記送電側共振部の容量値とが等しい場合よりも、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値が設定された、

非接触受電装置。

【請求項10】

前記位相差と駆動周波数との関数における極小値が0以上となるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値が設定された、

請求項9に記載の非接触受電装置。

【請求項11】

駆動周波数における前記位相差が0以上となるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値が設定された、

請求項9に記載の非接触受電装置。

【請求項12】

送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有する非接触送電装置から電力を受電する非接触受電装置であって、

受電側コイルと、

前記受電側コイルと共振する受電側共振部と、

前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する制御部と、

を有し、

前記制御部は、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する、

非接触受電装置。

【請求項13】

前記制御部は、前記位相差と駆動周波数との関数における極小値が0以上となるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する、

請求項12に記載の非接触受電装置。

【請求項14】

前記制御部は、駆動周波数における前記位相差が0以上となるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する、

請求項12に記載の非接触受電装置。

【請求項15】

前記制御部は、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を順次変更するとともに、周波数毎に前記位相差を求め、求めた前記周波数毎の位相差のうち、前記位相差が0以上となる周波数範囲が広いときのインダクタンス値および

10

20

30

40

50

または容量値になるように前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する

請求項 1 2 に記載の非接触受電装置。

【請求項 1 6】

前記受電側共振部は、可変容量コンデンサであり、

前記制御部は、前記位相差が 0 以上となる周波数範囲が広がるように、前記受電側共振部の容量値を制御する制御部を有する、

請求項 1 2 に記載の非接触受電装置。

【請求項 1 7】

非接触受電装置と、前記非接触受電装置に対して電力を送電する非接触送電装置とを有する非接触送電システムであって、

前記非接触送電装置は、

送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有し、

前記非接触受電装置は、

受電側コイルと、

前記受電側コイルと共振する受電側共振部と、

を有し、

前記受電側コイルのインダクタンス値と前記送電側コイルのインダクタンス値とが等しく、且つ、前記受電側共振部の容量値と前記送電側共振部の容量値とが等しい場合よりも、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が 0 以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側コイルのインダクタンス値、前記送電側共振部の容量値、前記受電側コイルのインダクタンス値、および前記受電側共振部の容量値が設定された、

非接触送電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非接触送電装置、非接触受電装置及び非接触送電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電気自動車（EV：Electric Vehicle）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV：Plug-in Hybrid Electric Vehicle）等の電気で行く自動車（以下、単に「車両」という）が普及しつつある。このような車両は、大容量の蓄電池を搭載しており、外部から送電された電気エネルギーを蓄電池に蓄え、蓄えられた電気エネルギーを用いて走行する。

【0003】

外部から車両の蓄電池に送電する方法として、地上側に設けられた送電装置の一次側コイルと、車両側に設けられた受電装置の二次側コイルとの間で、電磁力を用いて非接触送電する方法が、例えば、特許文献 1 等に開示されている。

【0004】

特許文献 1 には、インバータのソフトスイッチング動作によるスイッチング損失を低減するなどのために、共振周波数  $f_e$  よりも周波数の高い領域でインバータを動作させる非接触送電回路が開示されている（段落 [0057] 参照）。ここで、共振周波数  $f_e$  よりも周波数の高い領域とは、一次側電圧に対する一次側電流の位相が遅れている領域である（段落 [0060]、[図 3] 参照）。

【0005】

このように、非接触送電では、一次側電流の一次側電圧に対する位相（電流 - 電圧の位相差）が遅れている（以下、「遅相」という）ときに、インバータを動作させることが一般的である。これは、一次側電流の一次側電圧に対する位相が進んでいる（以下、「進相

10

20

30

40

50

」という)ときに駆動すると、インバータ部位でハードスイッチングとなってしまう、パワー素子破壊の恐れがあるためである。

【0006】

なお、一次側コイルのインダクタンス値 $L_1$  = 二次側コイルのインダクタンス値 $L_2$ 、且つ、一次側コンデンサの容量値(キャパシタンス値) $C_1$  = 二次側コンデンサの容量値 $C_2$ の場合、特許文献1の図3に示すように、共振周波数 $f_m$ から共振点(双峰性の谷間)までは遅相領域であり、共振点から共振周波数 $f_e$ までが進相領域となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2013-153627号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、非接触送電においては、ギャップ、軸ずれ、SOC(State Of Charge)などが容易に送電条件を変化させ、この変化に伴い、一次側電流と一次側電圧の位相差も変化してしまう。このため、理想状態(位置ずれなし)では、遅相領域となる駆動周波数であっても、進相領域となってしまう可能性がある。進相モード(進相領域での動作)を避けるためには厳しい制約条件が課せられ、駆動周波数を自由に選定できないという問題がある。

【0009】

本発明の目的は、駆動周波数選定の自由度を拡大する非接触送電装置、非接触受電装置及び非接触送電システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様に係る非接触送電装置は、受電側コイルと、前記受電側コイルと共振する受電側共振部とを有する非接触受電装置に対して、電力を送電する非接触送電装置であって、送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有し、前記受電側コイルのインダクタンス値と前記送電側コイルのインダクタンス値とが等しく、且つ、前記受電側共振部の容量値と前記送電側共振部の容量値とが等しい場合よりも、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値が設定された構成を採る。

【0011】

本発明の一態様に係る非接触送電装置は、受電側コイルと、前記受電側コイルと共振する受電側共振部とを有する非接触受電装置に対して、電力を送電する非接触送電装置であって、送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部と、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する制御部と、を有し、前記制御部は、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記送電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記送電側共振部の容量値を制御する構成を採る。

【0012】

本発明の一態様に係る非接触受電装置は、送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有する非接触送電装置から電力を受電する非接触受電装置であって、受電側コイルと、前記受電側コイルと共振する受電側共振部と、を有し、前記受電側コイルのインダクタンス値と前記送電側コイルのインダクタンス値とが等しく、且つ、前記受電側共振部の容量値と前記送電側共振部の容量値とが等しい場合よりも、前記送電部に流れる一次側電流の前記

10

20

30

40

50

送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値が設定された構成を採る。

【0013】

本発明の一態様に係る非接触受電装置は、送電側コイルと、前記送電側コイルと共振する送信側共振部と、前記送信側共振部に電力を供給するインバータと、を含む送電部を有する非接触送電装置から電力を受電する非接触受電装置であって、受電側コイルと、前記受電側コイルと共振する受電側共振部と、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する制御部と、を有し、前記制御部は、前記送電部に流れる一次側電流の前記送電部にかかる一次側電圧に対する位相差が0以上となる周波数範囲が広がるように、前記受電側コイルのインダクタンス値およびまたは前記受電側共振部の容量値を制御する構成を採る。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、駆動周波数選定の自由度を拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態1に係る充電システムの構成を示すブロック図

【図2】図1に示した送電部及び受電部の内部構成を示すブロック図

【図3】図2に示した送電部及び受電部の等価回路を示す図

20

【図4】図1に示した送電部と受電部のコイルの配置を示す図

【図5】一次側電流及び一次側電圧の位相差と駆動周波数との関係を示す図

【図6】本発明の実施の形態2に係る送電部及び受電部の内部構成を示すブロック図

【図7】送電部及び受電部の他の内部構成を示すブロック図

【図8】送電部及び受電部の他の内部構成を示すブロック図

【図9】送電部と受電部にソレノイドコイルを用いた場合のコイルの配置を示す図

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0017】

30

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る充電システム10の構成について、図1を用いて説明する。

【0018】

充電システム10は、送電装置100と、車両150と、送電側操作部160とを有している。なお、図1は、送電コイル103aと受電コイル154aとが対向した送電可能な状態を示す。

【0019】

送電装置100は、送電部103が地表gから露出するように地面上に設置もしくは埋設される。送電装置100は、例えば駐車スペースに設けられ、車両150の駐車中に、受電部154に対向することにより受電部154に対して送電する。ここで、送電とは、送電コイル103aから受電コイル154aに電力を供給することを言う。送電装置100の構成については後述する。

40

【0020】

車両150は、例えば、EV(Electric Vehicle)またはPEV(Plug-in Electric Vehicle)といった蓄電池152の電力で走行する自動車である。なお、車両150の構成については後述する。

【0021】

送電側操作部160は、車両150外部からの操作により、送電の開始を示す送電開始信号または送電の停止を示す送電停止信号を送電装置100に出力する。

50

## 【 0 0 2 2 】

## &lt; 車両の構成 &gt;

車両 1 5 0 は、受電側操作部 1 5 1 と、蓄電池 1 5 2 と、受電側制御部 1 5 3 と、受電部 1 5 4 と、受電側通信部 1 5 5 とから主に構成されている。

## 【 0 0 2 3 】

受電側操作部 1 5 1 は、ユーザによる各種操作を受け付け、受け付けた操作に応じた各種信号を受電側制御部 1 5 3 に出力する。

## 【 0 0 2 4 】

蓄電池 1 5 2 は、送電装置 1 0 0 から受電部 1 5 4 を介して供給される電力を蓄える。

## 【 0 0 2 5 】

受電側制御部 1 5 3 は、受電側操作部 1 5 1 及び受電部 1 5 4 から入力された各種信号に基づいて、受電部 1 5 4 及び受電側通信部 1 5 5 に対して、充電に伴う各種処理または充電停止に伴う各種処理を行うように制御する。また、受電側制御部 1 5 3 は、受電側通信部 1 5 5 を介して送電装置 1 0 0 の送電側制御部 1 0 2 との間で各種情報の送受信を行う。

10

## 【 0 0 2 6 】

受電部 1 5 4 は、受電コイル 1 5 4 a を有している。受電コイル 1 5 4 a は、例えば、スパイラルコイルであり、送電部 1 0 3 の送電コイル 1 0 3 a から送電される電力を受電する。受電部 1 5 4 は、受電側制御部 1 5 3 の制御に従って、受電コイル 1 5 4 a で受電した電力を蓄電池 1 5 2 に供給する。受電部 1 5 4 は、車両 1 5 0 の底部において外部に露出した状態で設けられている。

20

## 【 0 0 2 7 】

受電側通信部 1 5 5 は、受電側制御部 1 5 3 の制御に従って、充電を許可する充電許可信号または充電を許可しない充電不許可信号を生成し、生成した充電許可信号または充電不許可信号を送電側通信部 1 0 1 に対して送信する。ここで、充電不許可信号は、例えば、送電中に位置ずれが検知された場合、または、蓄電池 1 5 2 が満充電の状態である場合等に送信される。

## 【 0 0 2 8 】

## &lt; 送電装置の構成 &gt;

送電装置 1 0 0 は、送電側通信部 1 0 1 と、送電側制御部 1 0 2 と、送電部 1 0 3 と、記憶部 1 0 4 とから主に構成されている。

30

## 【 0 0 2 9 】

送電側通信部 1 0 1 は、受電側通信部 1 5 5 から充電許可信号または充電不許可信号を受信し、受信した充電許可信号または充電不許可信号を送電側制御部 1 0 2 に出力する。

## 【 0 0 3 0 】

送電側制御部 1 0 2 は、送電側操作部 1 6 0 から送電開始信号が入力されると共に、送電側通信部 1 0 1 から充電許可信号が入力された場合、送電コイル 1 0 3 a に対して周波数を順次変更させながら受電コイル 1 5 4 a への試験送電を行うように送電部 1 0 3 を制御する。送電側制御部 1 0 2 は、試験送電の際、送電部 1 0 3 に流れる一次側電流と送電部 1 0 3 にかかる一次側電圧に基づいて、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を求め、求めた位相差を記憶部 1 0 4 に記憶させる。送電側制御部 1 0 2 は、記憶部 1 0 4 に記憶された周波数毎の一次側電流の一次側電圧に対する位相差に基づいて、遅相領域で駆動可能な周波数を選定し、選定した周波数を用いて、送電部 1 0 3 に対して本送電を開始するよう制御する。

40

## 【 0 0 3 1 】

また、送電側制御部 1 0 2 は、送電側操作部 1 6 0 から送電停止信号が入力された場合、または送電側通信部 1 0 1 より充電不許可信号が入力された場合、送電を開始させないか、または送電を停止するように送電部 1 0 3 を制御する。

## 【 0 0 3 2 】

さらに、送電側制御部 1 0 2 は、送電側通信部 1 0 1 を介して車両 1 5 0 の受電側制御

50

部 1 5 3 との間で各種情報の送受信を行う。

【 0 0 3 3 】

送電部 1 0 3 は、送電コイル 1 0 3 a を有しており、送電コイル 1 0 3 a は、例えば、スパイラルコイルである。送電部 1 0 3 は、送電側制御部 1 0 2 の制御に従って、周波数を順次変更しながら送電コイル 1 0 3 a より試験送電を行い、また、決定された駆動周波数で本送電を行う。送電部 1 0 3 は、例えば、電磁誘導方式、電界共鳴方式または磁界共鳴方式により送電する。

【 0 0 3 4 】

記憶部 1 0 4 は、送電側制御部 1 0 2 から出力された周波数毎の位相差を記憶する。

【 0 0 3 5 】

< 送電部及び受電部の詳細な構成 >

次に、上述した送電部 1 0 3 及び受電部 1 5 4 の内部構成について説明する。図 2 は、図 1 に示した送電部 1 0 3 及び受電部 1 5 4 の内部構成を示すブロック図である。

【 0 0 3 6 】

送電部 1 0 3 は、電源部 2 0 1、送電側インバータ 2 0 2、電圧検知部 2 0 3、電流検知部 2 0 4、共振部 2 0 5 及び送電コイル 1 0 3 a を備える。

【 0 0 3 7 】

電源部 2 0 1 は、送電側インバータ 2 0 4 に対して所定の電圧及び電流の直流電力を供給する。

【 0 0 3 8 】

送電側インバータ 2 0 2 は、送電側制御部 1 0 2 の制御に従って、電源部 2 0 1 から供給される直流電力を交流電力に変換して共振部 2 0 5 及び送電コイル 1 0 3 a に供給する。

【 0 0 3 9 】

電圧検知部 2 0 3 は、送電側インバータ 2 0 2 から共振部 2 0 5 に供給される交流電力の電圧値を検知し、検知した電圧値を送電側制御部 1 0 2 に出力する。送電側制御部 1 0 2 は、電圧検知部 2 0 3 から出力された電圧値に基づき、一次側電圧の位相を求める。

【 0 0 4 0 】

電流検知部 2 0 4 は、送電側インバータ 2 0 2 から共振部 2 0 5 に供給される交流電力の電流値を検知し、検知した電流値を送電側制御部 1 0 2 に出力する。送電側制御部 1 0 2 は、電流検知部 2 0 4 から出力された電流値に基づき、一次側電流の位相を求める。なお、電圧検知部 2 0 3、電流検知部 2 0 4 は、送電側インバータ 2 0 2 に供給される電力の電圧値と電流値を検出してもよい。

【 0 0 4 1 】

共振部 2 0 5 は、送電コイル 1 0 3 a と共に共振する、例えば、容量値 C 1 のコンデンサである。

【 0 0 4 2 】

送電コイル 1 0 3 a は、送電側インバータ 2 0 2 より交流電力の供給を受けることにより、共振部 2 0 5 と共に共振し、受電コイル 1 5 4 a に対して送電する。送電コイル 1 0 3 a は、インダクタンス値 L 1 とする。

【 0 0 4 3 】

受電部 1 5 4 は、受電コイル 1 5 4 a、共振部 2 5 1、電流検知部 2 5 2、整流回路 2 5 3 及び電圧検知部 2 5 4 を備える。

【 0 0 4 4 】

受電コイル 1 5 4 a は、送電部 1 0 3 の送電コイル 1 0 3 a によって発生した電磁界（磁束を含む）を受けて起電力を発生し、発生した起電力を共振部 2 5 1 に供給する。受電コイル 1 5 4 a は、インダクタンス値 L 2 とする。なお、起電力によって生じる電流を、以下、受電側コイル電流という。

【 0 0 4 5 】

共振部 2 5 1 は、受電コイル 1 5 4 a と共に共振する、例えば、容量値 C 2 のコンデン

10

20

30

40

50

サである。

【0046】

電流検知部252は、受電コイル154aから供給される電力の電流値を検知し、検知した電流値を受電側制御部153に出力する。受電側制御部153は、電流検知部252から出力された電流値に基づき、受電側コイル電流の位相を求める。

【0047】

整流回路253は、受電コイル154aから供給された受電側コイル電流を整流して、蓄電池152に供給する。

【0048】

電圧検知部254は、整流回路253から蓄電池152に供給される直流電力の電圧値を検知し、検知した電圧値を受電側制御部153に出力する。なお、電圧検知部254は、整流回路253に供給される電力の電圧値を検知する構成でもあってもよい。

【0049】

このような送電部103と受電部154とにおいて、共振部205の容量値C1と送電コイル103aのインダクタンス値L1との積であるL1C1と、共振部251の容量値C2と受電コイル154aのインダクタンス値L2との積であるL2C2が、異なるようにL1、C1、L2、C2が設定されている。

【0050】

<充電システムの回路構成>

図3は、図2に示した送電部103及び受電部154の等価回路を示す図である。この図において、Re1は送電部103内の抵抗、Ca1は送電部103の共振部205のコンデンサ、Le1は送電コイル103aを示している。また、Le2は受電コイル154a、Re2は受電部154内の配線抵抗及び整流回路253の抵抗、Ca2は共振部251のコンデンサ、 $R_{ld} = Z_0$ は蓄電池152(負荷)を示している。

【0051】

図3(a)~図3(d)は、Ca1及びCa2の配置の変形例を示している。図3(a)は、Ca1がLe1と並列に、Ca2がLe2と並列に配置された回路構成を示しており、図3(b)は、Ca1がLe1と直列に、Ca2がLe2と直列に配置された回路構成を示している。また、図3(c)は、Ca1がLe1と並列に、Ca2がLe2と直列に配置された回路構成を示し、図3(d)は、Ca1がLe1と直列に、Ca2がLe2と並列に配置された回路構成を示している。

【0052】

<コイルの配置>

次に、上述した送電コイル103aと受電コイル154aの配置について図4を用いて説明する。図4では、送電コイル103aと受電コイル154aとの位置合わせがなされた状態を示している。また、x軸は車両150の横方向(+x方向を車両150の右方向、-x方向を車両150の左方向)を示し、y軸は車両150の前後方向(+y方向を車両150の後方、-y方向を車両150の前方)を示し、z軸は地上に対して垂直方向(+z方向を車両150の上方、-z方向を車両150の下方)を示す。

【0053】

図4(a)はxy平面を、図4(b)はyz平面を、図4(c)はxz平面をそれぞれ示す。また、図4(d)は送電コイル103aと受電コイル154aの斜視図を示す。

【0054】

このように、送電コイル103aと受電コイル154aにそれぞれ平板状のスパイラルコイルを用い、スパイラルコイルはその平板面が地面gと平行に配置される。

【0055】

<一次側電流及び一次側電圧の位相差と駆動周波数との関係>

図5は、一次側電流及び一次側電圧の位相差と駆動周波数との関係を示す図である。図5では、縦軸に一次側電流及び一次側電圧の位相差  $T_x$  を、横軸に駆動周波数  $f$  を示す。また、実線で示す曲線は  $L1C1 = L2C2$  ( $L1 = L2$ 、且つ、 $C1 = C2$ ) の場合

10

20

30

40

50

の関係を示し、点線で示す曲線は  $L_1 C_1 = 1.2 \times L_2 C_2$  の場合の関係を示し、一点鎖線で示す曲線は  $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  の場合の関係を示す。

【0056】

位相差  $T_x$  は、等価回路モデルを解くことにより次式(1)のように表すことができる。

$$T_x = \arctan(X_{Tx} / R_{Tx}) \quad \dots (1)$$

【0057】

式(1)において、 $X_{Tx}$  は送電部103からみたリアクタンス成分、 $R_{Tx}$  は送電部103からみたレジスタンス成分をそれぞれ示す。

【0058】

$T_x = 0$  となる周波数範囲が  $L_1 C_1 = L_2 C_2$  ( $L_1 = L_2$ 、且つ、 $C_1 = C_2$ ) の場合よりも、広くなるように(言い換えると、一次側電圧に対して一次側電流の位相が遅れる領域が  $L_1 C_1 = L_2 C_2$  ( $L_1 = L_2$ 、且つ、 $C_1 = C_2$ ) の場合よりも増加するように)インダクタンス値、容量値などを定めることで、ソフトスイッチングが可能な領域を広げることができる。すなわち、 $T_x(f) = 0$  を満たすような周波数範囲  $f$  を広げるようにインダクタンス値、容量値を選定する。

【0059】

図5から、 $T_x = 0$  となる周波数範囲が広くなるのは、実線の示す関係よりも点線の示す関係の方であり、点線の示す関係よりも一点鎖線の示す関係の方であることが分かる。特に、一点鎖線の示す関係は、図5から明らかなように、この関数における極小値が0以上であり、これが  $T_x = 0$  となる周波数範囲を拡大するのに寄与している。

【0060】

ここで、インダクタンス値、容量値の選定方法を具体的に説明する。ここでは、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  の関係にすることにより、 $T_x = 0$  となる周波数範囲を、 $L_1 C_1 = L_2 C_2$  ( $L_1 = L_2$ 、且つ、 $C_1 = C_2$ ) のときよりも広くする場合について説明する。

【0061】

例えば、送電コイル103aのインダクタンス値  $L_1$  と受電コイル154aのインダクタンス値  $L_2$  を等しく ( $L_1 = L_2$ ) し、共振部205の容量値  $C_1$  と共振部251の容量値  $C_2$  を異ならせる ( $C_1 = 1.8 \times C_2$  の関係にする)ことで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現する。

【0062】

さらに具体的には、例えば、 $L_1 = L_2$  で、 $L_1$ 、 $L_2$  および  $C_2$  が固定されている(不可変な)場合、共振部205の容量値  $C_1$  を  $C_1 = 1.8 \times C_2$  に設定することで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現する。

【0063】

また、 $L_1 = L_2$  で、 $L_1$ 、 $L_2$  および  $C_1$  が固定されている(不可変な)場合、共振部251の容量値  $C_2$  を  $C_2 = C_1 / 1.8$  に設定することで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現する。

【0064】

一方、共振部205の容量値  $C_1$  と共振部251の容量値  $C_2$  を等しく ( $C_1 = C_2$ ) し、送電コイル103aのインダクタンス値  $L_1$  と受電コイル154aのインダクタンス値  $L_2$  を異ならせる ( $L_1 = 1.8 \times L_2$  の関係にする)ことで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現してもよい。

【0065】

さらに具体的には、 $C_1 = C_2$  で、 $C_1$ 、 $C_2$  および  $L_2$  が固定されている(不可変な)場合、送電コイル103aのインダクタンス値  $L_1$  を  $L_1 = 1.8 \times L_2$  に設定することで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現する。

【0066】

また、 $C_1 = C_2$  で、 $C_1$ 、 $C_2$  および  $L_1$  が固定されている(不可変な)場合、受電

10

20

30

40

50

コイル 154 a のインダクタンス値  $L_2$  を  $L_2 = L_1 / 1.8$  に設定することで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現する。

【0067】

さらに、送電コイル 103 a のインダクタンス値  $L_1$  と受電コイル 154 a のインダクタンス値  $L_2$  を異ならせ ( $L_1 \neq L_2$ )、且つ、共振部 205 の容量値  $C_1$  と共振部 251 の容量値  $C_2$  を異ならせる ( $C_1 \neq C_2$ ) ことで、 $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$  を実現してもよい。

【0068】

なお、以上のインダクタンス値、容量値の選定方法は例示であり、その他種々の方法を用いて、 $T_x(f) = 0$  を満たすような周波数範囲  $f$  を広げるようにインダクタンス値、容量値を選定してもよい。

10

【0069】

このように、実施の形態 1 によれば、送電部 103 と受電部 154 とにおいて、一次側電流及び一次側電圧の位相差  $T_x$  が 0 以上となる周波数範囲が広がるように、共振部 205 の容量値  $C_1$ 、送電コイル 103 a のインダクタ  $L_1$ 、共振部 251 の容量値  $C_2$ 、受電コイル 154 a のインダクタ  $L_2$  の値が設定されることにより、遅相領域で駆動可能な駆動周波数選定の自由度を拡大することができる。

【0070】

また、特に、図 5 の一点鎖線で示す曲線 ( $L_1 C_1 = 1.8 \times L_2 C_2$ ) のように、極小値が 0 以上となるように共振部 205 の容量値  $C_1$ 、送電コイル 103 a のインダクタ  $L_1$ 、共振部 251 の容量値  $C_2$ 、受電コイル 154 a のインダクタ  $L_2$  の値が設定されることにより、低周波側の共振周波数付近を駆動周波数として利用しやすくなる。

20

【0071】

すなわち、駆動周波数を設定する場合、高周波数から低周波数に順次変更 (スイープ) させることを考えると、低周波側の共振周波数付近まで進相モードで駆動する領域 (ハードスイッチングを行う領域) が存在しない極小値が 0 以上の状態が好ましい。

【0072】

(実施の形態 2)

図 6 は、本発明の実施の形態 2 に係る送電部 103 及び受電部 154 の内部構成を示すブロック図である。図 6 が図 2 と異なる点は、共振部 205、251 を共振容量調整部 301、303 にそれぞれ変更し、送電側制御部 102 を送電側制御部 302 に変更し、受電側制御部 153 を受電側制御部 304 に変更した点である。

30

【0073】

共振容量調整部 301 は、送電コイル 103 a と共に共振する、例えば、可変容量コンデンサである。

【0074】

送電側制御部 302 は、試験送電の際、送電部 103 に流れる一次側電流と送電部 103 にかかる一次側電圧に基づいて、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を求め、求めた位相差を記憶部 104 に記憶させる。送電側制御部 302 は、共振容量調整部 301 の容量値  $C_1$  を調整する。また、送電側制御部 302 は、記憶部 104 に記憶された周波数毎の位相差と、調整した共振容量調整部 301 の容量値などを送電側通信部 101、受電側通信部 155 を介して受電側制御部 304 に通知する。なお、送電側制御部 302 は、送電側制御部 102 と同じ機能も有する。

40

【0075】

共振容量調整部 303 は、受電コイル 154 a と共に共振する、例えば、可変容量コンデンサである。

【0076】

受電側制御部 304 は、共振容量調整部 303 の容量値  $C_2$  を調整する。なお、受電側制御部 304 は、受電側制御部 153 と同じ機能も有する。

【0077】

50

ここで、共振容量調整部 301 および / または共振容量調整部 303 の容量値の調整について説明を行う。なお、初期状態では、共振容量調整部 301 の可変容量コンデンサの容量値  $C_1$  および共振容量調整部 303 の可変容量コンデンサの容量値  $C_2$  が等しいものとして説明する。すなわち、初期状態では、 $L_1 C_1 = L_2 C_2$  ( $L_1 = L_2$ 、且つ、 $C_1 = C_2$ ) であるものとして説明する。

【0078】

まず、共振容量調整部 301 の可変容量コンデンサの容量値  $C_1$  を可変させる場合について説明する。送電側制御部 302 は、送電コイル 103a に対して周波数を順次変更させながら受電コイル 154a への試験送電を行うように送電部 103 を制御する。送電側制御部 302 は、試験送電の際、送電部 103 に流れる一次側電流および送電部 103 にかかるとる一次側電圧に基づいて、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を求め、求めた位相差を記憶部 104 に記憶させる。

10

【0079】

次に、送電側制御部 302 は、共振容量調整部 301 の容量値  $C_1$  を調整する。例えば、 $C_1 = 1.2 \times C_2$  に調整する (容量値  $C_2$  は、受電側通信部 155 および送電側通信部 101 を介して取得可能である。また、 $C_1 = 1.2 \times$  初期状態  $C_1$  としてもよい)。

【0080】

そして、送電側制御部 302 は、再度、送電コイル 103a に対して周波数を順次変更させながら受電コイル 154a への試験送電を行うように送電部 103 を制御し、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を求め、求めた位相差を記憶部 104 に記憶させる。

20

【0081】

送電側制御部 302 は、共振容量調整部 301 の容量値  $C_1$  の調整、および、周波数毎の一次側電流の一次側電圧に対する位相差の算出および記憶を繰り返し行う。例えば、容量値  $C_1$  を  $1.2 \times C_2$ 、 $1.8 \times C_2$ 、 $C_2 / 1.2$ 、 $C_2 / 1.8$  の 4 つの値に調整して、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を算出する。

【0082】

その後、送電側制御部 302 は、記憶部 104 に記憶された周波数毎の一次側電流の一次側電圧に対する位相差のうち、最も  $T_x = 0$  となる周波数範囲が広い容量値を特定し、当該容量値になるように共振容量調整部 301 の容量値  $C_1$  を調整する。

30

【0083】

これにより、位相差  $T_x$  が 0 以上となる周波数範囲が広がる容量値  $C_1$  に調整でき、遅相領域で駆動可能な駆動周波数選定の自由度を拡大することができる。

【0084】

次に、共振容量調整部 303 の可変容量コンデンサの容量値  $C_2$  を可変させる場合について説明する。送電側制御部 302 は、送電コイル 103a に対して周波数を順次変更させながら受電コイル 154a への試験送電を行うように送電部 103 を制御し、送電側制御部 302 は、試験送電の際、送電部 103 に流れる一次側電流および送電部 103 にかかるとる一次側電圧に基づいて、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を求め、求めた位相差を記憶部 104 に記憶させる。

40

【0085】

次に、送電側制御部 302 は、送電側通信部 101 および受電側通信部 155 を介して、受電側制御部 304 に共振容量調整部 303 の容量値  $C_2$  を調整するよう指示する。

【0086】

受電側制御部 304 は、共振容量調整部 303 の容量値  $C_2$  を、例えば、 $C_2 = 1.2 \times C_1$  に調整する (容量値  $C_1$  は、受電側通信部 155 および送電側通信部 101 を介して取得可能である。また、 $C_2 = 1.2 \times$  初期状態  $C_2$  としてもよい)。

【0087】

そして、送電側制御部 302 は、再度、送電コイル 103a に対して周波数を順次変更させながら受電コイル 154a への試験送電を行うように送電部 103 を制御し、周波数

50

毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を求め、求めた位相差を記憶部 104 に記憶させる。

【0088】

共振容量調整部 303 の容量値  $C_2$  の調整、および、周波数毎の一次側電流の一次側電圧に対する位相差の算出および記憶を繰り返し行う。例えば、容量値  $C_2$  を  $1.2 \times C_1$ 、 $1.8 \times C_1$ 、 $C_1 / 1.2$ 、 $C_1 / 1.8$  の 4 つの値に調整して、周波数毎に一次側電流の一次側電圧に対する位相差を算出する。

【0089】

その後、送電側制御部 302 は、記憶部 104 に記憶された周波数毎の一次側電流の一次側電圧に対する位相差のうち、最も  $T_x = 0$  となる周波数範囲が広い容量値を特定し、当該容量値を受電側制御部 304 に通知する、受電側制御部 304 は、当該容量値になるように共振容量調整部 303 の容量値  $C_2$  を調整する。

10

【0090】

これにより、位相差  $T_x$  が 0 以上となる周波数範囲が広がる容量値  $C_2$  に調整でき、遅相領域で駆動可能な駆動周波数選定の自由度を拡大することができる。

【0091】

なお、上述の例では、 $C_1$  または  $C_2$  の何れか一方のみを可変させる場合を記載したが、これに限らず、例えば、送電側制御部 302 と受電側制御部 304 とで協働して  $C_1$  と  $C_2$  の両方を可変させてもよい。

【0092】

また、上述の例では、送電側制御部 302 が主体となって制御を行ったが、受電側制御部 304 が主体となって制御を行っても良い。例えば、上述の例では、送電装置 100 が記憶部 104 を有し、送電側制御部 302 が位相差を算出したが、車両 150 が記憶部 104 を有し、受電側通信部 155 を介して受信した一次側電流値と一次側電圧値に基づいて、受電側制御部 304 が周波数毎の位相差を算出してもよい。或いは、別途サーバと通信する通信部を設けて、該サーバが位相差の算出および記憶などを行ってもよい。

20

【0093】

また、容量値  $C_1$  または  $C_2$  の可変値を、 $C_1$  と  $C_2$  の関係式にしたが、あらかじめ定められた数値を可変値として使用してもよい。

【0094】

このように、実施の形態 2 によれば、ギャップ、軸ずれ、SOC などの送電条件によって変化する位相差  $T_x$  を計測し、位相差  $T_x$  が 0 以上となる周波数範囲が広がるように、共振容量調整部の容量値を調整することにより、遅相領域で駆動可能な駆動周波数選定の自由度を拡大することができる。

30

【0095】

なお、本実施の形態では、送電部 103 と受電部 154 にそれぞれ共振容量調整部 301、303 を設けた場合について説明した。しかし、本発明はこれに限らず、共振容量調整部を送電部 103 と受電部 154 のいずれか一方に設けるだけでもよい。図 7 では、共振容量調整部 301 を送電部 103 に設けた場合を示し、図 8 では、共振容量調整部 303 を受電部 154 に設けた場合を示している。

40

【0096】

また、本実施の形態では、共振容量調整部 301、303 が可変容量コンデンサである場合について説明したが、これに限らず、例えば、共振容量調整部 301、303 は、スイッチに接続された異なる容量値の複数のコンデンサからなり、スイッチングにより、容量値を変更してもよい。

【0097】

さらに、本実施の形態では、共振容量調整部 301、303 を設け、容量値  $C_1$  および / または容量値  $C_2$  を変更する場合について説明したが、これに限らず、インダクタンス値  $L_1$  および / またはインダクタンス値  $L_2$  を変更してもよい。例えば、送電コイル 103a および / または受電コイル 154a と直列に別途コイルを設けるとともに、当該コイ

50

ルをバイパスする回路と、該バイパス回路を開閉するスイッチを設け、スイッチングにより、インダクタンス値を変更してもよい。または、送電コイル 103 a および / または受電コイル 154 a と並列に別途インダクタンス値の異なるコイルを設けるとともに、コイルを切り替えるスイッチを設けて、スイッチングにより、インダクタンス値を変更してもよい。

【0098】

また、容量値およびインダクタンス値を共に変更する構成であってもよい。

【0099】

なお、実施の形態 1 および実施の形態 2 では、位相差  $T_x$  が 0 以上となる周波数範囲がなるべく広くなるように容量値  $C_1$  などを設定または調整する場合を例示したが、例えば、駆動周波数が定まっている場合であれば、当該駆動周波数が遅相領域内（位相差  $T_x$  が 0 以上）であれば良いため、該駆動周波数が遅相領域内となる値（容量値  $C_1$  など）に設定または調整してもよい。

10

【0100】

すなわち、該駆動周波数が遅相領域内となる値であればよく、必ずしも、位相差  $T_x$  が 0 以上となる周波数範囲が最も広い値に設定または調整しなくてもよい。

【0101】

<コイル形状の変形例>

なお、上記各実施の形態では、送電コイル 103 a と受電コイル 154 a にそれぞれ平板状のスパイラルコイルを用いた場合について説明した。しかし、本発明はこれに限らず、例えば、ソレノイドコイルを用いてもよい。以下、送電コイル 103 a と受電コイル 154 a にそれぞれソレノイドコイルを用いた場合について図 9 を用いて説明する。

20

【0102】

図 9 では、送電コイル 103 a と受電コイル 154 a との位置合わせがなされた状態を示し、コイル内を貫く鉄芯は省略している。また、 $x$  軸は車両 150 の横方向（ $+x$  方向を車両 150 の右方向、 $-x$  方向を車両 150 の左方向）を示し、 $y$  軸は車両 150 の前後方向（ $+y$  方向を車両 150 の後方、 $-y$  方向を車両 150 の前方）を示し、 $z$  軸は地上に対して垂直方向（ $+z$  方向を車両 150 の上方、 $-z$  方向を車両 150 の下方）を示す。

【0103】

図 9 (a) は  $x y$  平面を、図 9 (b) は  $x z$  平面を、図 9 (c) は  $y z$  平面をそれぞれ示す。また、図 9 (d) は送電コイル 103 a と受電コイル 154 a の斜視図を示す。

30

【0104】

このように、送電コイル 103 a と受電コイル 154 a にそれぞれ用いたソレノイドコイルが、その中心軸を地面  $g$  と平行に配置される。

【産業上の利用可能性】

【0105】

本発明にかかる非接触送電装置、非接触受電装置及び非接触送電システムは、駆動周波数選定の自由度を拡大するのに有用である。

【符号の説明】

40

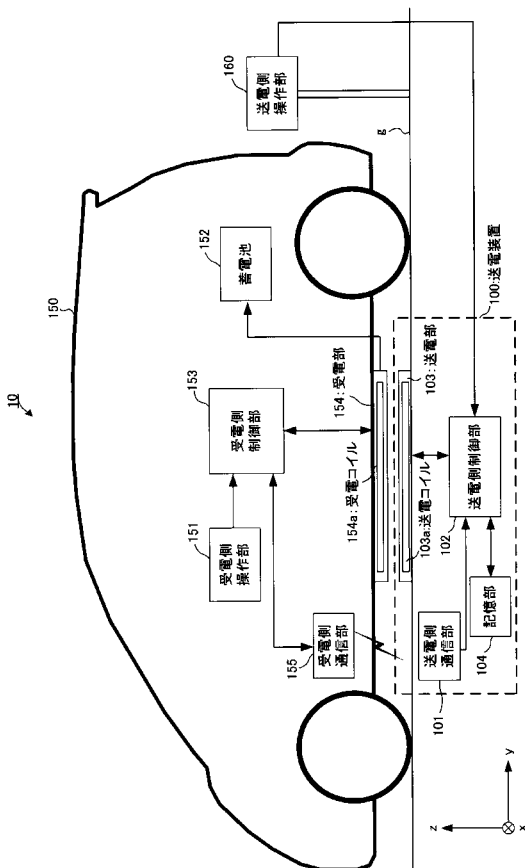
【0106】

- 10 充電システム
- 100 送電装置
- 101 送電側通信部
- 102、302 送電側制御部
- 103 送電部
- 103 a 送電コイル
- 104 記憶部
- 150 車両
- 151 受電側操作部

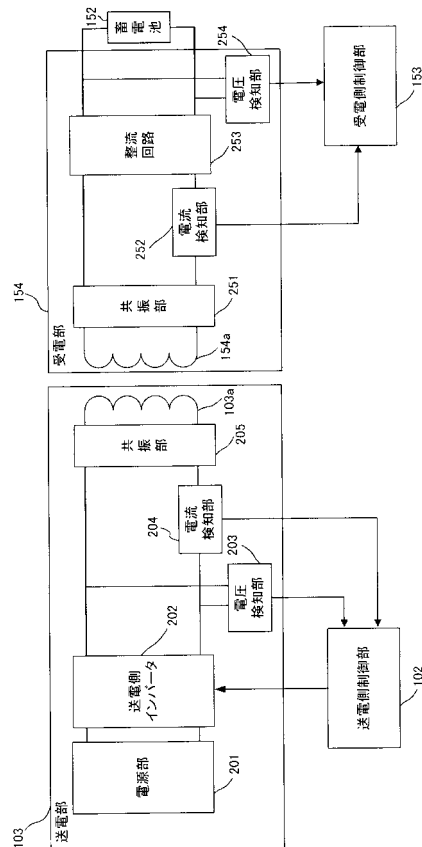
50

- 152 蓄電池
- 153、304 受電側制御部
- 154 受電部
- 154a 受電コイル
- 155 受電側通信部
- 160 送電側操作部
- 201 電源部
- 202 送電側インバータ
- 203、254 電圧検知部
- 204、252 電流検知部
- 205、251 共振部
- 253 整流回路
- 301、303 共振容量調整部

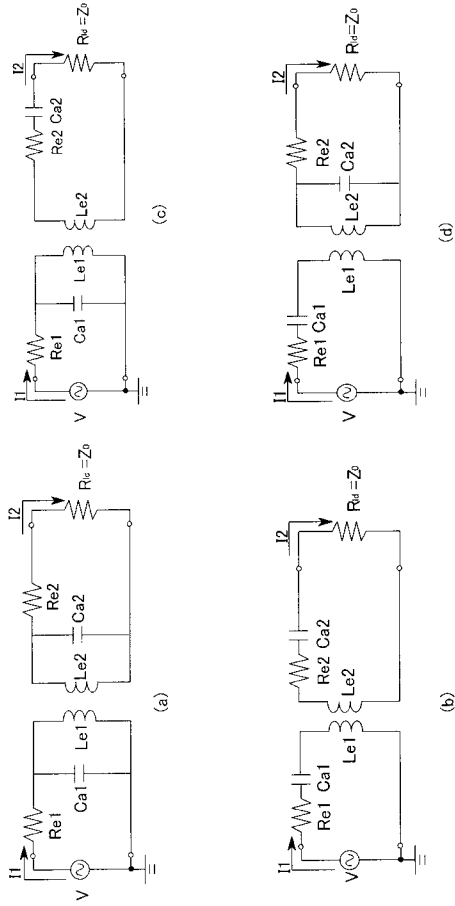
【図1】



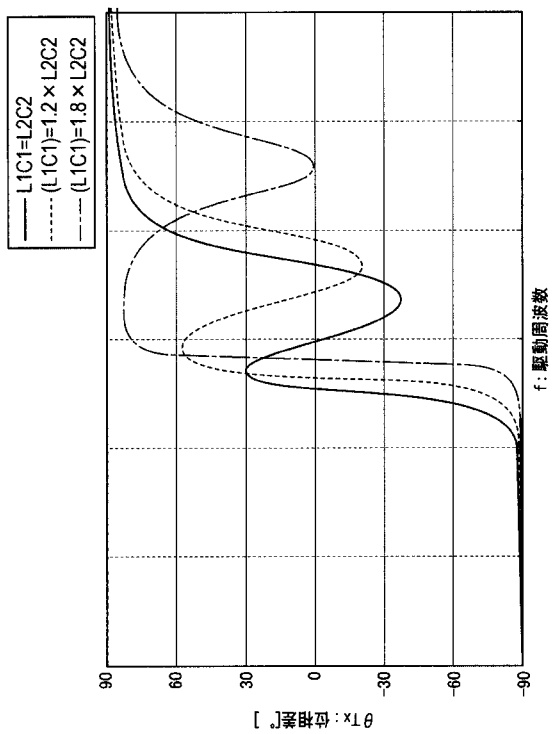
【図2】



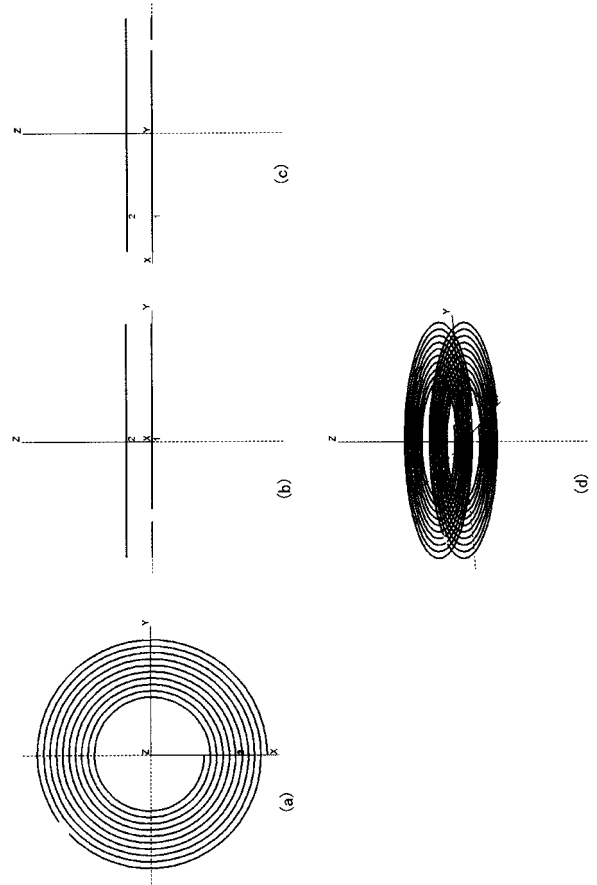
【図3】



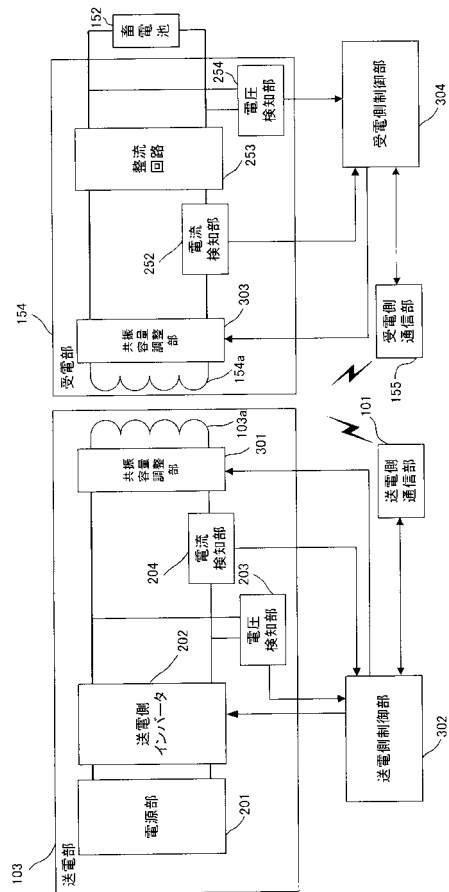
【図5】



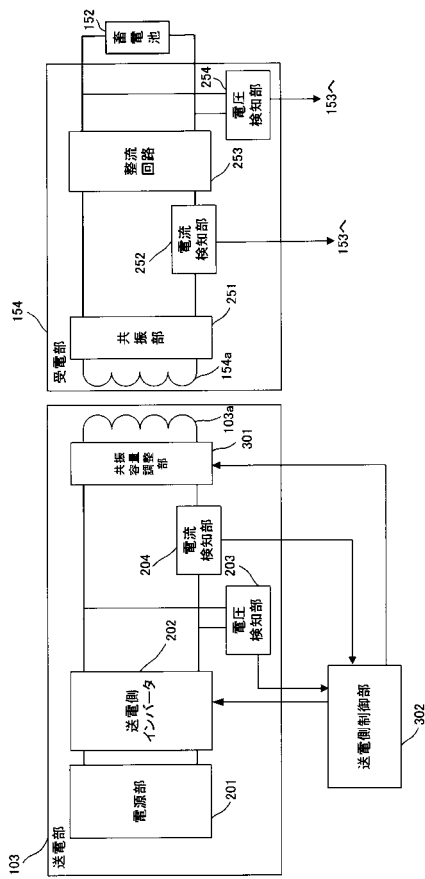
【図4】



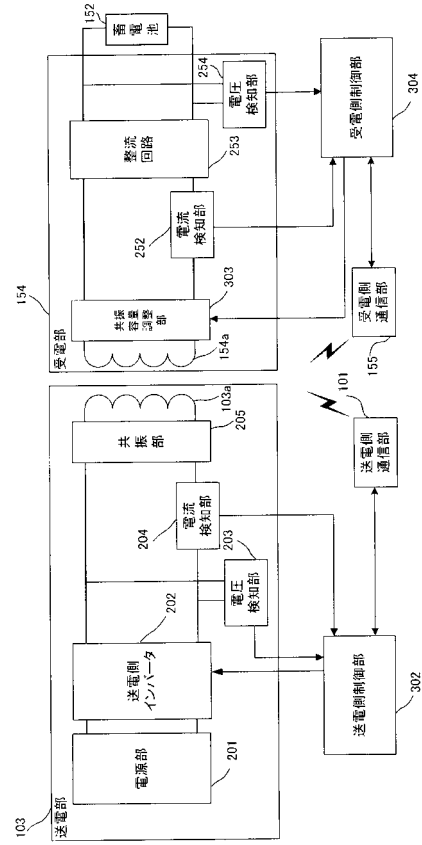
【図6】



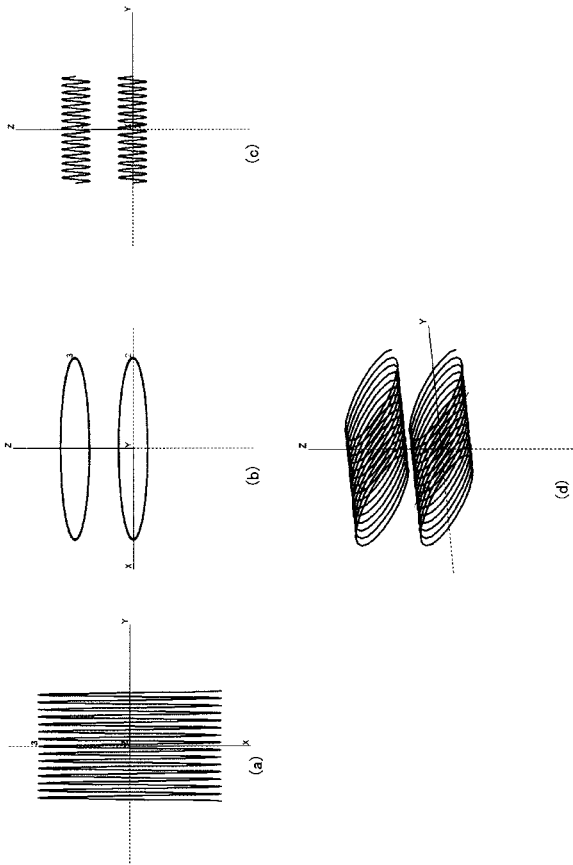
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 竹志

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内